

ЛИТЕРАТУРА

1. Жукаускас, А. А. Конвективный перенос в теплообменниках / А. А. Жукаускас. – М.: Наука, 1982.
2. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергия, 1975.
3. Теплообменный элемент: пат. 3039 Респ. Беларусь, приоритет 16.02.2006 / Дьяков А. И., Киселев В. Г.
4. Мрочек, Ж. А. Определение интенсивности теплообмена при конвекции воздуха в межреберном пространстве плоских труб / Ж. А. Мрочек, А. И. Дьяков // Машиностроение. – 2007. – Вып. 22. – С. 220–223.

Представлена кафедрой
металлорежущих станков
и инструментов

Поступила 09.09.2008

УДК 621.165

К ВОПРОСУ ОГРАНИЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ОТБОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗЕРВНОЙ МОЩНОСТИ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ТУРБОАГРЕГАТОВ

Канд. техн. наук КАЧАН С. А., инж. БАРАНОВСКИЙ И. Н.

*Белорусский национальный технический университет,
БелНИПИэнергопром*

Теплофикационные паротурбинные установки составляют около половины установленной мощности Белорусской энергосистемы. В таких условиях актуальным является исследование возможности использования «скрытых» вращающихся резервов этих установок.

Сокращение нагрузки отопительных отборов позволяет получать дополнительную (резервную) мощность до 10–18 % номинальной [1]. Скорость повышения мощности таким способом может быть достаточно высокой [1], что является важным условием привлечения установок к аварийному регулированию.

При ограничении нагрузки теплофикационных отборов турбин ТЭЦ необходимо компенсировать снижение отпуска теплоты потребителю (например, в период работы пиковых источников теплоты – форсированием пиковых водогрейных котлов). По мнению ряда авторов [2, 3], временное уменьшение подачи пара на теплофикацию не должно привести к существенным нарушениям в работе систем теплоснабжения, так как тепловые сети обладают большой аккумулирующей способностью и тепловой инерционностью.

Аккумуляция теплоты происходит в основном в абонентских установках (строительных конструкциях, отопительных системах зданий) и водяных тепловых сетях. Совместное воздействие подающей и обратной магистралей существенно (на 1–2 ч и более) замедляет темп охлаждения зданий [4].

Водяной объем тепловых сетей больших диаметров, достигающий нередко 40 тыс. м³ и более, позволяет аккумулировать в них значительное количество теплоты, которого может быть достаточно для 3–4-часовой (а иногда и больше) нормальной работы всей теплофикационной системы [2]. При этом отметим, что в большинстве случаев достаточно ограничивать потребителей только на время, в течение которого котельные агрегаты перейдут на новую нагрузку.

Естественно, использование аккумулированной теплоты снижает температуру воды в системе. Соответственно при появлении на ТЭЦ свободной тепловой мощности необходимо временно повысить температурный уровень сети.

Отметим, что также есть и аргументы против применения снижения отпуска теплоты. Например, в [5] отмечается, что частые колебания температуры сетевой воды даже в относительно небольших пределах (15–25 °С) снижают надежность и долговечность работы тепловых сетей, а в [6], что общественные, коммунальные и промышленные здания, присоединенные к тепловым сетям ТЭЦ, могут иметь значительные вентиляционные нагрузки. Вентиляционные системы, как известно, не обладают тепловой инерцией, а потому не допускают перерывов в теплоснабжении.

Однако представляется, что в аварийных ситуациях эти возражения не являются решающими. В любом случае использование аккумулирующей способности зданий допускается только в пределах, при которых внутри отапливаемых зданий соблюдаются комфортные условия, т. е. температура внутри помещения $t_{вн}$ не должна снижаться ниже 17–20 °С [7].

Определение величины понижения температуры внутри помещений при уменьшении температуры прямой сетевой воды является достаточно сложной и неоднозначной задачей.

Влияющими факторами являются не только значение температуры наружного воздуха $t_{нв}$, но и:

- аккумулирующая способность теплосетей, значение которой определяется их протяженностью, способом прокладки, диаметром трубопроводов и пр.;
- аккумулирующая способность зданий, определяемая не только типом здания, конструктивными особенностями его изоляции, но также геометрическими размерами и формой;
- наличие в помещениях источников тепловыделения;
- метеорологические условия (величина солнечной инсоляции, сила и направление ветра и пр.).

Эти факторы могут существенно различаться для разных потребителей теплоты, которые соответственно будут находиться в различных условиях.

Ожидаемая внутренняя температура $t_{вн}$ в отапливаемых зданиях при использовании их аккумулирующей способности, т. е. при режимах, когда подвод теплоты не равен тепловым потерям, может быть определен по формуле [7]

$$t_{вн} = t_{нв} + \frac{Q_0}{q_0 V} + \frac{t_{нв}^{исх} - t_{нв} - Q_0 / (q_0 V)}{e^{z/\beta}},$$

где $t_{вн}$ – допустимая температура внутри помещения, которая устанавливается в помещении через z , ч, после нарушения нормального теплового ре-

жима, °C; $t_{\text{вн}}^{\text{исх}}$ – внутренняя температура, которая была в помещении в момент нарушения теплового режима, °C; $t_{\text{нв}}$ – средняя температура наружного воздуха за период нарушения, т. е. за z , ч; Q_0 – подача теплоты в помещение, МВт; V – объем здания по наружному обмеру, м³; q_0 – удельные теплотопотери здания, Вт/(м³·°C); e – основание натуральных логарифмов ($e = 2,718\dots$); β – коэффициент аккумуляции здания, ч.

Представим относительный расход теплоты на отопление в виде

$$\bar{Q} = \frac{Q_0}{q_0 V (t_{\text{вн}}^{\text{исх}} - t_{\text{нв}})}.$$

Тогда значение относительного расхода теплоты на отопление, при котором с учетом аккумулирующей способности здания температура внутри помещения $t_{\text{вн}}$ снизится на 1 °C от исходной $t_{\text{вн}}^{\text{исх}}$, можно рассчитать по формуле

$$\bar{Q}' = \frac{(\Delta t - 1) - \Delta t e^{-z/\beta}}{\Delta t (1 - e^{-z/\beta})},$$

где $\Delta t = t_{\text{вн}}^{\text{исх}} - t_{\text{нв}}$.

Найденные при $\beta = 40$, $t_{\text{вн}}^{\text{исх}} = 18$ °C и $\Delta t = 1$ °C по этой формуле значения z , соответствующие разной величине $\bar{Q}'$, приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Время z снижения температуры внутри помещения на 1 °C в зависимости от относительного расхода теплоты на отопление и наружной температуры

$t_{\text{нв}}, ^\circ\text{C}$	$\bar{Q}' = 0,8$	$\bar{Q}' = 0,7$	$\bar{Q}' = 0,5$
–25	5 ч	3,2 ч	1,8 ч
–20	5,7 ч	3,7 ч	2,2 ч
–15	6,5 ч	4,2 ч	2,5 ч
–10	7,9 ч	5,1 ч	3,0 ч
–5	9,9 ч	6,2 ч	3,7 ч
0	Более 12 ч	8,2 ч	4,7 ч
5		11,8 ч	6,7 ч

Как видно, в зависимости от температуры наружного воздуха время, в течение которого при относительном расходе теплоты на отопление 80 % температура внутри помещений снижается всего на 1 °C, может быть весьма значительным.

По данным [2], суммарная инерционность теплофикационных систем несколько ниже и позволяет снизить подачу теплоты из отборов турбин ТЭЦ примерно на 20 % на 2–3 ч без нарушения нормируемых условий комфортности зданий.

Отметим, что снижение отпуска теплоты на 20 % соответствует уменьшению температуры сетевой воды в среднем 10–16 °C и увеличению электрической мощности турбины на 1–12 МВт в зависимости от типа установки и ее исходной нагрузки. Так, по данным нормативных энергетических характеристик теплофикационных турбоагрегатов, при нормальном состоянии их про-

точной части за счет ограничения отпуска теплоты можно получить дополнительную электрическую мощность в размере около 0,03–0,05 МВт·ч/ГДж.

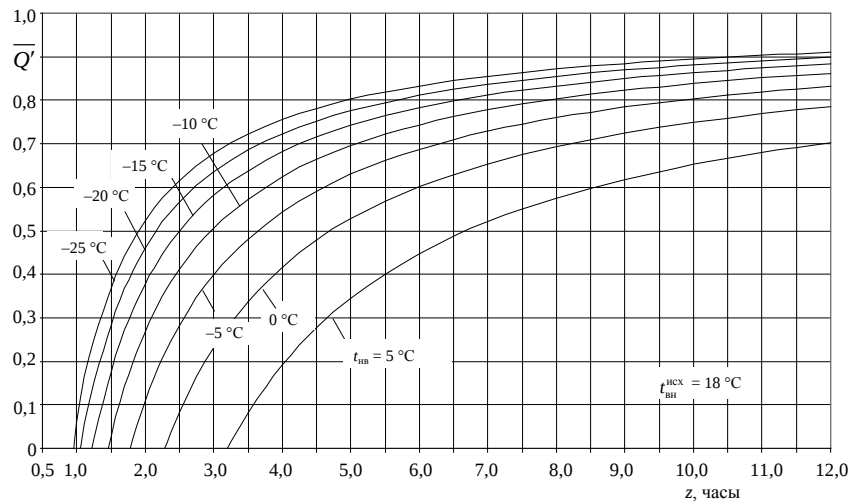


Рис. 1. Относительный расход теплоты на отопление, при котором температура внутри помещения снижается на 1 °C за время z в зависимости от температуры наружного воздуха $t_{\text{нв}}$

В целом по станции, на которой эксплуатируются мощные теплофикационные турбоустановки типа Т-180-130 или Т-250-240, это соответствует получению до 10–35 МВт резервной мощности.

ВЫВОД

Хотя из условия поддержания надежности работы оборудования ограничение нагрузки отопительных отборов не должно регулярно использоваться, этот способ получения дополнительной электрической мощности может рассматриваться в качестве вращающегося резерва энергосистемы в непредвиденных или аварийных ситуациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качан, С. А. К вопросу использования резерва мощности теплофикационных турбоустановок / С. А. Качан, И. Н. Барановский // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2008. – № 6. – С. 80–86.
2. Белинский, С. Я. Исследование процессов аккумуляции тепла в системах теплофикации / С. Я. Белинский, Р. С. Харазян // Электрические станции. – 1972. – № 8. – С. 37–40.
3. Белинский, С. Я. Натурные исследования теплоаккумулирующей способности типовых жилых зданий / С. Я. Белинский, Р. С. Харазян // Теплоэнергетика. – 1971. – № 10. – С. 17–20.
4. Яковлев, Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б. В. Яковлев. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 448 с.
5. Факторович, М. Г. Проблемы покрытия переменных электрических нагрузок в энергосистемах / М. Г. Факторович. – Минск: Наука и техника, 1965.
6. Гельтман, А. Э. Анализ эффективности использования ТЭЦ для покрытия пиковых электрических нагрузок / А. Э. Гельтман, Н. И. Шапиро // Теплоэнергетика. – 1968. – № 2. – С. 51–55.
7. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов / Е. Я. Соколов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 360 с.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 08.08.2008