

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ КОТЛОАГРЕГАТОВ В СИСТЕМЕ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ермаков Н.В., Сотникова К.Н.

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Воронеж, Россия*

AUTOMATION OF DISTRIBUTION OF LOADING OF BOILERS IN SYSTEM OF THE CENTRALIZED HEAT SUPPLY

Ermakov N.V., Sotnikova K.N.

*Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Voronezh, Russia*

Известно, что энергетическая эффективность централизованного теплоснабжения оценивается значением удельного расхода топлива на выработку теплоты [1]. Определяющим элементом системы теплоснабжения, существенно влияющим на эффективность ее работы, является источник теплоты (котельная, ТЭЦ и т. п.). В свою очередь основу котельной или ТЭЦ составляют котлы. Чаще всего для покрытия нужд отопительно-вентиляционной нагрузки и нагрузки горячего водоснабжения в системах централизованного теплоснабжения используются водогрейные котлы (например, котлы марки КВ-ГМ или ПТВМ). С целью минимизации расхода топлива необходимо выполнить процедуру оптимального распределения котлоагрегатов, установленных на теплоисточнике.

Этим обусловлена необходимость моделирования источника теплоты.

Моделирование источника теплоты в общем случае позволяет решать следующие задачи [2]:

- определять необходимое количество теплоты для покрытия присоединенной нагрузки;
- определять выработку и отпуск теплоты от источника за отопительный период и по его месяцам;
- определять необходимое количество котлоагрегатов заданной мощности для обеспечения максимально-зимнего режима работы;
- определять оптимальное количество работающих котлоагрегатов для покрытия нагрузок в различных режимах работы и распределение нагрузки между котлами с целью минимизации расхода топлива на теплоисточнике в целом;
- определять параметры теплоносителя (расход, давление, температура) в характерных точках схемы котельной;
- производить корректировку графика отпуска теплоты от источника;
- определять КПД котельной в отопительном периоде и по месяцам.

Модель позволяет выбирать способ регулирования отпуска теплоты: качественный и качественно-количественный способ. При качественном способе регулирования расход теплоносителя остается неизменным при любых изменениях нагрузок системы теплоснабжения. Регулирование отпуска теплоты от источника производится путем корректировки температуры теплоносителя в подающем трубопроводе. При качественно-количественном способе регулирования отпуска теплоты изменение нагрузки системы теплоснабжения производится корректировкой расхода теплоносителя и температуры сетевой воды в подающем трубопроводе.

Количество котлов, необходимых для покрытия нагрузки системы централизованного теплоснабжения при различных климатических параметрах может быть различным. Очевидно, что в этом случае стоит задача выбора числа и их загрузки такими, чтобы расход топлива по котельной был минимальным.

Для решения этой задачи в модель встраивается программа отыскания оптимального распределения нагрузок между двумя и более котлоагрегатами с целью минимизации расхода топлива в целом на источнике теплоты. Для отыскания оптимальной загрузки котельных агрегатов при определенной нагрузке системы теплоснабжения необходимо задать характерные

точки кривых изменения удельного расхода в зависимости от степени загрузки котлоагрегата. Нами предлагается зависимость удельного расхода топлива от степени загрузки котлоагрегата, которая в общем виде описывается выражением:

$$b_{y\theta} = (a_0x^6 + a_1x^5 + a_2x^4 + a_3x^3 + a_4x^2 + a_5x + a_6x^0)^{-1}, \quad (1)$$

где x - коэффициент загрузки котла, %; $a_0...a_6$ — коэффициенты, индивидуальные для каждого котла, определенные в результате обработки данных режимных карт их эксплуатации (см.таблицу). Значения коэффициентов $R^2=0,9994\div 0,9999$.

Модель позволяет также вводить в диалоговом режиме значения удельного расхода топлива котлов при различных уровнях загрузки, например, по данным стационарных испытаний котла. При загрузке котла от 0 до 30-40 % наблюдается нестабильная работа котлоагрегата (фактически это нерабочая зона). Коэффициент полезного действия котла в этой зоне крайне низок, и котел практически работает на «холостом» ходу.

В зоне от 30-40 % до 50-60% наблюдается резкое снижение удельного расхода топлива, увеличение КПД. В зоне от 50-60% до 85-90 % наблюдается стабилизация удельного расхода топлива и КПД котла, а в зоне от 85-90 % и до 100 % наблюдается незначительное увеличение удельного расхода топлива и снижение коэффициента полезного действия. Исходя из этих величин, рабочая зона котлоагрегатов в модели по умолчанию принята от 30 % до 100% нагрузки котла.

Таблица

Регрессионные уравнения для котлоагрегатов

Марка котлоагрегата	Конкретный вид регрессионного уравнения (1)
КВ-ГМ-4-150	$y = -0,0384x^3 + 0,2271x^2 + 0,3146x + 91,476$
КВ-ГМ-6.5-150	$y = -0,0107x^3 + 0,1084x^2 + 0,1093x + 91,759$
КВ-ГМ-10-150	$y = -0,0021x^3 + 0,0295x^2 + 0,1608x + 89,512$
КВ-ГМ-20-150	$y = -0,0003x^3 + 0,0112x^2 + 0,0337x + 86,669$
КВ-ГМ-30-150	$y = -9E - 05x^3 + 0,0042x^2 + 0,034x + 86,621$
КВ-ГМ-50-150	$y = -2E - 05x^3 + 0,0012x^2 + 0,0281x + 90,061$
КВ-ГМ-100-150	$y = -2E - 06x^3 + 0,0003x^2 + 0,0135x + 90,561$
ПТВМ-30М	$y = 4E - 07x^6 - 4E - 05x^5 + 0,0016x^4 - 0,032x^3 + 0,3163x^2 - 1,2394x + 89,5$

При необходимости в диалоговом режиме модель позволяет изменять границы рабочей зоны котлоагрегатов. Алгоритм отыскания оптимальной загрузки котлов построен на следующем принципе. Общая нагрузка системы централизованного теплоснабжения делится на номинальную мощность котлоагрегата источника [3]:

$$k = \frac{N_q^{СПТ}}{N_q^{к/а\ номин}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Получается величина k процентов нагрузки одного котла. Затем определяется максимально возможная загрузка котла, при условии принятия минимальной загрузки котлов (по умолчанию 30 % номинальной мощности котла). При этом имеет место инвариантность включения котлов в работу. При $k > 130\%$ модель просчитывает вариант с работой двух котлов, а также вариант включения в работу третьего котлоагрегата.

Отыскание оптимального распределения нагрузки между котлами источника (двумя и более) производится моделью аналитически по нижеприведенным формулам. Для двух котлов ($100\% < k < 200\%$) при нагрузке первого, равного q_1 (%), второго - q_2 (%) определяется минимальная нагрузка q_{\min} (%).

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = q_{\min}; q_2 = k - q_1 \\ q_1 = q_{\min} + I; q_2 = k - q_1, \\ \dots \\ q_1 = 100\%; q_2 = q_{\min} \end{array} \right. \quad (3)$$

По всем вариантам распределения нагрузок между котлами модель вычисляет суммарный удельный расход топлива по всем котлам и находит его минимальное значение. По определенному оптимальному варианту распределения нагрузки с минимальным расходом топлива определяются соответствующие коэффициенты полезного действия работы котлов. При работе трех котлов для покрытия нагрузки определяется максимально возможная загрузка котла q_{\max} (%). Далее расчет производится по следующим формулам:

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = q_{\min}; q_2 = k - q_3 - q_1; q_3 = q_{\max} \\ q_1 = q_{\min} + I; q_2 = k - q_3 - q_1; q_3 = q_{\max} \\ \dots \\ q_1 = k - q_{\max} - q_{\min}; q_2 = q_{\min}; q_3 = q_{\max} \\ q_1 = q_{\max}; q_2 = q_{\min}; q_3 = k - q_1 - q_2 \\ q_1 = q_{\max}; q_2 = q_{\min} + I; q_3 = k - q_1 - q_2 \\ \dots \\ q_1 = q_{\max}; q_2 = k - q_{\max} - q_{\min}; q_3 = q_{\min} \\ q_1 = k - q_2 - q_3; q_2 = q_{\max}; q_3 = q_{\min} \\ q_1 = k - q_2 - q_3; q_2 = q_{\max}; q_3 = q_{\min} + I \\ \dots \\ q_1 = q_{\min}; q_2 = q_{\max}; q_3 = k - q_1 - q_2 \end{array} \right. \quad (4)$$

После отыскания режима с минимальным расходом топлива производится сравнение суммарного расхода топлива при работе двух и трех котлов и выбирается вариант с наименьшими затратами топлива. Режим работы с минимальным расходом топлива просчитывается для всех основных режимов работы, а также для всех месяцев отопительного периода. Для наглядности результатов расчета модель строит диаграммы удельных расходов топлива котлоагрегатов, работающих в котельной, и их коэффициента полезного действия.

Литература

1. Николаев, Ю.Е., Андрущенко А. И. Взаимосвязь тепловых потерь в системах теплоснабжения и влияние их на топливную экономичность / Ю.Е. Николаев, А.И. Андрущенко // Вестник СГТУ. – 2004, №3(4), с 80-85.

2. Михеева, А.П. Математическое моделирование функционирования и развития предприятия теплоснабжения / А.П. Михеева. - Новочеркасск, 2002. - 19 с.
3. Лукьянов, А.Г. Повышение эффективности использования теплоисточников в системе централизованного теплоснабжения / А.Г. Лукьянов. - Омск. гос. ун-т путей сообщ., Омск, 2003. – 21 с.