УДК 519.6: 621.1

Драганов Б.Х.

Национальный аграрный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Викладено основи ексергоекономічної оптимізації комплексної системи теплопостачання «джерело теплоти» – «споживач теплоти» при можливій різній кількості як джерел, так і споживачів теплоти.

Излагаются основы эксергоэкономической оптимизации комплексной системы теплоснабжения «источник теплоты» – «потребитель теплоты» при возможном разном количестве как источников, так и потребителей теплоты.

We describe the foundations of energy and economic optimization of a complex heat supply system «heat source» – «heat consumer» for possible different quantities of both sources and consumers.

a – вершина графа;
C — показатель потребителя теплоты;
D – дуга графа;
$G = (A, U)$ — граф дерево;
H — показатель источника теплоты;
$Z = (A, U)$ — граф эксергоэкономических затрат;
$\Gamma_п$ – дуга упорядоченной пары вершин H и C;
СТС — система теплоснабжения;
s — множество;
m — потоки источника;
n — потоки потребителя.

Индексы:
i — источник;
j — потребитель.

Системы теплоснабжения представляют собой совокупность взаимосвязанных разнородных элементов. Одним из наиболее существенных сочетаний в указанной системе является комплекс „источник теплоты" – „потребитель теплоты". При этом проблема приобретает особую значимость при наличии нескольких источников и потребителей теплоты, отличающихся разными физическими и энергетическими показателями.

Исследование проблемы комплекса „источник теплоты" – „потребитель теплоты" рекомендуют проводить методом декомпозиции [1, 2, 3], в соответствии с которым можно выделить две основные задачи:

- оптимальный выбор пары „источник теплоты" – „потребитель теплоты";
- оптимизация системы передачи теплоты.

В настоящей работе решение указанной задачи проводится с помощью графа эксергоэкономических затрат при парном взаимодействии потоков [4, 5].

Под графом эксергоэкономических затрат СТС произвольной структуры будем понимать двудольный граф $Z = (C \cup H, \Gamma_n) = (C \cup H, D)$, множество вершин $C \cup H$ которого соответствует греющим $H = \{h_1, h_2,..., h_j,..., h_m\}$ и нагреваемым $C = \{c_1, c_2,..., c_i,..., c_n\}$ потокам, а множество дуг $D = \{h_i, c_i\}$, i = 1, 2..., m; j = 1, 2..., n — возможному распределению эксергоэкономических затрат в соответствующих элементах СТС при взаимодействии греющих и нагреваемых потоков.

Граф эксергоэкономических затрат всегда обладает покрытием. Это означает, что для каждого принимающего и для каждого передающего потока теплоты найдется, по крайней мере, один поток, с которым рассматриваемый поток может вступить в процесс теплообмена. В булево-матричном представлении покрытие представляет собой такой набор единиц, что любая строка и любой столбец матрицы содержит по крайней мере по одному элементу из этого набора, а общее число этого набора минимально. Заметим, что покрытие некоторого множества X есть любое семейство подмножеств этого множества, объединение которого есть X. В теории графов покрытие — комбинаторные конфигурации, связанные с многозначным отображением одного подмножества на другое. В задачах о покрытиях

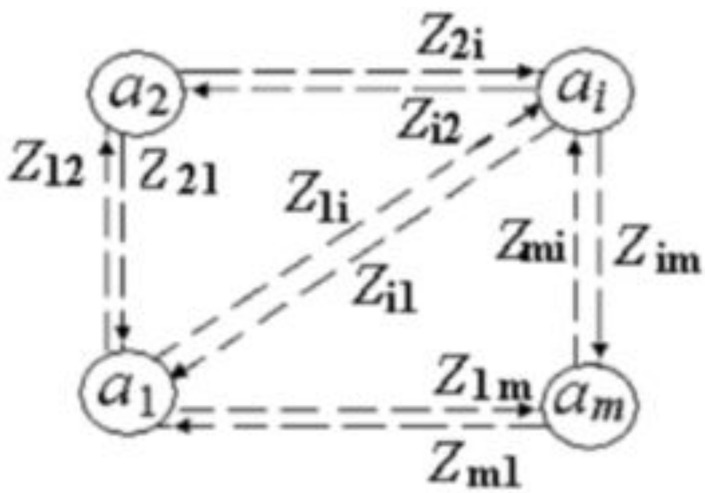

Рис. 1. Симметрический граф термоэкономических затрат для кольцевой сети теплоснабжения.

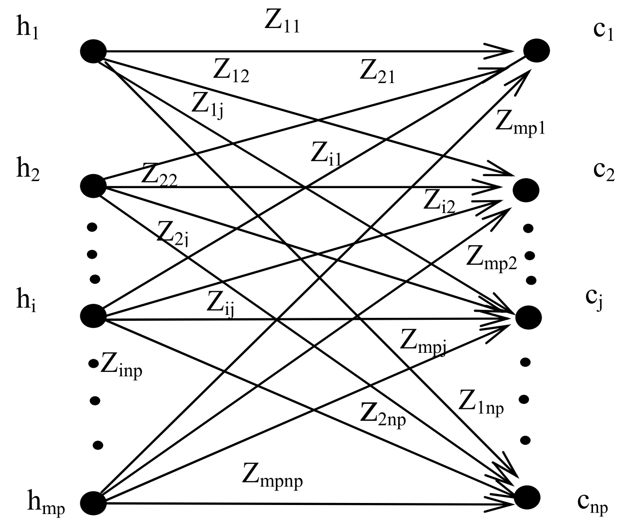

Рис. 2. Граф термоэкономических затрат на p-шаге.

изучаются возможности построения эффективных алгоритмов для решения этих задач.

Число источников теплоты и потребителей теплоты, входящих в рассматриваемое паросочетание, должно быть равно друг другу, т. е. $|C| = |H|$.

В реальных СТС возможно $|C| \le |H|$, а также $|C| > |H|$, причем вариант $|C| > |H|$ встречается гораздо чаще (например, теплоснабжение нескольких сотен потребителей от одной районной котельной). Тогда при нахождении максимального паросочетания необходимо введение дополнительного множества потоков (фиктивного), приводящего к $|C| = |H|$ (например, одна районная котельная представляется в виде фиктивного множества сотен мини-котельных для соответствующих потребителей теплоты).

Максимальное паросочетание всегда полное. Обратное утверждение в общем случае неверно.

Пусть имеется m потребителей некоторого источника и известны возможные варианты соединения этих потребителей сетью энергоснабжения. Следовательно, можно построить граф эксергоэкономических затрат [4-6] $Z = (A, U)$, и задача нахождения оптимальной энергоснабжающей сети состоит в нахождении основного дерева $G = (A, U)$, обладающего минимальной эксергоэкономической оценкой

$$Z_\Sigma^{\min} = \min \sum_j Z_j\left(a_i, a_j\right). \qquad (1)$$

Метод оптимального синтеза системы теплоснабжения рассмотрим на примере кольцевых сетей, хотя он может быть легко адаптирован и для любых других структур сети.

Матричная форма специального алгоритма оптимального синтеза одноконтурной кольцевой теплоснабжающей сети [7], в основу которого положен метод нахождения гамильтонова контура [8] симметрического графа термоэкономических затрат $Z = (A, U)$, приведена на рис. 1.

В данном случае соотношение (1) примет вид

$$Z_\Sigma^{\min} = \min \sum_{\mathrm{i}} \sum_j Z_{ij}\ , \qquad (2)$$

где Z_{ij} — термоэкономическая оценка взаимодействия пары потоков ij.

Пусть на p-шаге $m - m_p$ взаимодействующих потоков c_i, $m > m_p > 0$ и $n - n_p$ потоков h_j, $n > n_p > 0$ достигли требуемых значений. Тогда, минимизируя сумму (2) на каждом из p-шагов, получим в итоге оптимальный вариант компоновки системы и искомое число элементов A^{opt}.

Граф и матрица термоэкономических затрат на p-шаге показаны на рис. 2 и 3.

Задача сводится к определению таких векторов-строк $Z_i = \{Z_{i1}, Z_{i2}, ..., Z_{imp}\}$ и векторов-столбцов $Z_j = \{Z_{j1}, Z_{j2}, ..., Z_{jnp}\}$, на пересечении которых находятся элементы, удовлетворяющие условию (2).

В результате находятся элементы Z_{ij}, оптимальные для данного p-шага. Алгоритм решения не

Z_{11}	Z_{12}	…	Z_{1j}	…	Z_{1np}
Z_{21}	Z_{22}	…	Z_{2j}	…	Z_{2np}
…	…		…		…
Z_{i1}	Z_{i2}	…	Z_{ij}	…	Z_{inp}
…	…		…		…
Z_{mp1}	Z_{mp2}	…	Z_{mpj}	…	Z_{mpnp}

Рис. 3. Матрица графа термоэкономических затрат на p-шаге.

меняется при переходе к $p + 1$ шагу и т. д. вплоть до $p = s$. После каждого шага размеры матрицы Z_{ij} будут уменьшаться и при $p = s$ станут равными нулю.

Число взаимодействующих пар, полученных на всех s шагах, дает оптимальную с термоэкономической точки зрения систему теплоснабжения “источники теплоты” – “потребители теплоты”.

Изложенная методика может быть использована при оптимизации конкретных комплексных систем теплоснабжения, где рассматривается сочетание “источник теплоты” — “потребитель теплоты”.

Выводы

Анализ и синтез комплексной системы теплоснабжения, состоящей из m источников и n потребителей теплоты, целесообразно проводить методом оптимизации эксергоэкономической концепции, позволяющей определить как энергетическую, так и экономическую эффективность исследуемой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кафаров В.В., Мешалкин В.П.* Анализ и синтез химико-технологических систем. – М.: Химия, 1998. – 432 с.
2. *Тарасик В.П.* Математическое моделирование технических систем: Учебн. для вузов. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 640 с.
3. *Nikulshin V., Andreev L.* Energy Efficiency of Complex Systems // Proceedings of International Conference of Ocean Technology and Energy, OTEC / DOWA’99, Imari, Japan, 1999. – pp. 162–167.
4. *Nikulshin V., Nikulshina V., Wu C., Bailey M.* Method of thermoeconomical optimization on graph intensire systems with pair interplay of flows // Proc. of the 15-th International Conference of Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Aspects of Energy Systems, Berlin, 2002. – pp. 1477-1484.
5. *Драганов Б.Х.* Термоэкономическая оптимизация энергетических систем при эксплуатационном и экономическом режимах их работы // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2006. – № 2. – С. 8–10.
6. *Wu C., Nikulshin V.* Method of thermoeconomical optimization of energy intensive systems with linear structure on graphs // International Journal of Energy Research. 2000. – 24. – PP. 615–623.
7. *Nikulshin V., Wu C.* Method of thermodynamic analyzes and optimization of energy intensive systems on exergy flow graphs // Proceedings of IASTED International Conference on Power and Energy Systems. Las Vegas, Nevada, USA, 1999. – PP. 489–491.
8. *Харари Ф.* Теория графов. – М.: Мир, 1973. – 300 с.

Получено 23.04.2007 г.