Семичева Н. Е., Зайцев О. Н., Меннанов Э. М.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВУХТРУБНОЙ ВОДЯНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*Юго-Западный государственный университет, Семичева Н. Е. – к. т. н., доцент,
заведующая кафедрой инфраструктурных энергетических систем, Зайцев О. Н. –
д. т. н., профессор кафедры инфраструктурных энергетических систем,*

*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Меннанов Э. М. –
заведующий лабораторией академии строительства и архитектуры*

Актуальность

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов – одна из наиболее важных задач экономической политики каждого государства. В Российской Федерации этому вопросу уделяется особенно большое внимание в связи с удорожанием добычи энергоресурсов.

Целью настоящей работы является усовершенствование работы централизованной системы теплоснабжения путем снижения затрат топливно-энергетических ресурсов в процессе оптимального регулирования параметров источников тепловой энергии.

Основные задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

- формализация и математическая постановка общей задачи оптимального управления централизованной системой теплоснабжения при ступенчатом изменении нагрузки на источнике тепловой энергии; декомпозиция этой задачи и создание структур локальных оптимизационных задач на разных иерархических уровнях;
- разработка математической модели энергогенерирующего оборудования и сетей, включая выбор целевых функций, системы ограничений и методов оптимизации.

Методы исследования: в работе используются методы системного анализа, методы численного анализа (в частности, методы нелинейного математического программирования), методы математической обработки результатов численного и натурального экспериментов.

Научная новизна работы заключается в следующем: на базе результатов натурального и численного экспериментов с применением современных методов аппроксимации впервые разработана единая математическая модель функционирования сложной системы производства и транспорта тепловой энергии, позволяющая оценить ее функциональные характеристики в зависимости от конфигурации и параметров управления с учетом времени транспортного запаздывания.

Практическая ценность работы: разработана комплексная методика для рационального управления центральной системой теплоснабжения в режиме реального времени и методика составления «атласов» режимных карт, которая позволяет учитывать и компенсировать «перетопы» и «недотопы», вызванные динамическими процессами в системе теплоснабжения.

Основная часть исследований

Отсутствие учета переходных процессов приводит к существенным «перетопам» и «недотопам» в СТ и большим дополнительным потерям. Избежать их – задача расчета нагрузки на котельную, обеспечивающей подведение комфортного количества

теплоты $Q_{\text{комф}}^T$ в течение периода регулирования T , следующего после изменения $t_{\text{нв}}$ от $t_{\text{нв},0}$ до $t_{\text{нв},0} + \Delta t_{\text{нв}}$ (с учетом времени транспортного запаздывания теплоносителя) [1–3].

В качестве примера рассматриваются система теплоснабжения из котельной и 4-х ответвлений тупиковой схемы.

Для решения поставленной задачи выполнен расчет нагрузки на котельную $Q = Q_{\text{ср}}^T$, обеспечивающей введение в систему комфортного количества теплоты $Q_{\text{комф}}^T$ в течении периода регулирования T , следующего после изменения $t_{\text{нв}}$ от $t_{\text{нв},0}$ до $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0} + \Delta t_{\text{нв}}$ [4–6]. Для решения задачи разработана компьютерная программа. Рассматривается система теплоснабжения с 4 ответвлениями, двухтрубная, тупиковая. Ступенчатое изменение нагрузки на котельную (ΔQ), связанное с изменением температуры наружного воздуха на величину $\Delta t_{\text{нв}}$, вызывает переходной тепловой процесс в системе. Здесь:

– τ_0 , часов – момент времени, в который ступенчато изменилась нагрузка на котельную;

– t_1^0, t_2^0, C^0 – значения температур теплоносителя, рассчитанные с помощью заданных зависимостей $t_1(t_{\text{нв}}), t_2(t_{\text{нв}})$ и соответствующие $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0}$;

– t_1^1, t_2^1, C^0 – значения температур теплоносителя, соответствующие:

$$t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0} + \Delta t_{\text{нв}};$$

– T_0 , часов - период оборота теплоносителя в системе, $T_0 = \text{const}$;

– $t_1^{\text{var}}(\tau), t_2^{\text{var}}(\tau), C^0; Q^{\text{var}}(\tau)$, МВт – значения температур теплоносителя на входе и выходе из системы и тепловая нагрузка на эту систему в течение периода регулирования T ,

– Q_K^0, Q_K^1 , МВт – значения тепловых нагрузок, рассчитанные с помощью заданных зависимостей $Q_K(t_{\text{нв}})$ для $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0}$ и $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0} + \Delta t_{\text{нв}}$, обеспечивающие комфортное состояние системы в ОР при указанной $t_{\text{нв}}$;

– $Q_{\text{ср}}^T = \frac{\int_{\tau_0}^{\tau_0+T} Q^{\text{var}}(\tau) d\tau}{T}$, МВт – средняя нагрузка на ОР с учетом переходного процесса в течение периода T .

Система теплоснабжения состоит из:

– отопительной котельной с i котлами КБНГ-2,5 ($i = \overline{1,2}$) с различными экономическими характеристиками;

– тепловой сети, в которую входит k участков ($k = \overline{0,5}$);

– j теплораспределительных станций и отапливаемых районов, $j = \overline{1,4}$.

Исследование влияния режимных характеристик системы теплоснабжения на управление отпуском теплоты при ступенчатом изменении нагрузки, то есть исследуется влияние периода оборота теплоносителя в сети (T_0), периода регулирования (T) и ступенчатого приращения температуры наружного воздуха $\Delta t_{\text{нв}}$ на потери в системе теплоснабжения. В результате было выявлено, что фактическое количество теплоты, подведенное за период T с учетом переходного процесса, составляет величину $Q_{\text{ср}}^T \cdot T = 2,817 \cdot 25 \cdot 3600 \cong 253\,000$ МДж. Количество теплоты, которое необходимо подвести в ОР за период T , чтобы обеспечить комфортное состояние (при $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0} + \Delta t$) составляет величину $Q_K^1 = 2,556 \cdot 25 \cdot 3600 \cong 230\,000$ МДж. Таким образом, имеет место «перетоп», а, значит, и добавочные потери в системе, которые в относительном виде можно определить:

$$\overline{Q_{\text{вар}}} = \frac{(Q_{\text{ср}}^T - Q_K^1)}{Q_K^1} = \frac{2,817 - 2,556}{2,556} \cdot 100 = 10,2 \%$$

Аналогичная задача была решена для различных значений $\Delta t_{\text{нв}}$, T и T_0 .

Анализ приведенных результатов позволяет сделать следующие выводы. Величина «перетопа» $\overline{Q^{var}}$ в процессе изменения $\Delta t_{нв}$, T и T_0 меняется от 5 % до 23 %. Наибольший «перетоп» наблюдается для варианта $T_0 = 6$ часов, $T = 25$ часов и $\Delta t_{нв} = 10$ C°. При этом процесс приближения величины Q^{var} к Q_k^1 не завершается к моменту окончания периода T .

Выводы

Осуществлены формальная и математическая постановка задач рационального управления отопительной котельной с учетом транспортного запаздывания теплоносителя, вызванного ступенчатым изменением нагрузки в системе теплоснабжения. Проведена декомпозиция общей оптимизационной задачи на ряд локальных оптимизационных задач на отдельных иерархических уровнях, позволяющая существенно сократить время решения общей задачи управления и реализовать ее в режиме реального времени эксплуатации котельной.

Показано, что при ступенчатом уменьшении нагрузки на котельную расчет последующей рациональной нагрузки необходимо проводить с учетом транспортного запаздывания теплоносителя в системе. В противном случае имеет место значительный «перетоп» (достигающий 20–25 %) и соответствующие потери энергии в системе.

При ступенчатом увеличении нагрузки в аналогичном случае имеет место «недотоп», сопровождающийся резким ухудшением условий в ОР по отоплению и горячему водоснабжению. Предложены алгоритм и программный комплекс, позволяющие избежать этих недостатков.

Показано, что после ступенчатого изменения нагрузки тепловой процесс в системе теплоснабжения восстанавливается в течение 10–40 часов для рассматриваемых в работе вариантов сети. Время установления режима зависит от времени транспортного запаздывания, величины ступенчатого изменения нагрузки и других параметров.

Список использованных источников

1. Литвинчева, И. А. Оптимизация распределения переменной тепловой нагрузки между теплоагрегатами отопительных котельных: дис. канд. техн. наук 05.23.03 / ДГАСиА. – Днепропетровск, 1996. – 159 с.
2. Русланов, Г. В. Экономить, распределяя нагрузку между котлоагрегатами, позволяет предлагаемая методика / Г. В. Русланов, А. П. Федоров, Э. И. Гольдин // Городское хозяйство Украины. – 1990, – № 2. – С. 32.
3. Федоров, А. П. Исследование влияния места подмешивания теплоносителя на экономическую эффективность отопительной системы в целом / А. П. Федоров // Науковий вісник будівництва: Харків: ХДТУБ1А, ХОТВАБУ. - X» 6, 1999.-С. 154 - 159.
4. Федоров, А. П. Оптимальное управление отопительной системой независимого типа / А. П. Федоров, С. Ю. Андреев // Науковий вісник будівництва: Харків: ХДТУБ1А, ХОТВАБУ.. – 2000, № 10, – С. 120–123.
5. Вороновский, Г. К. Усовершенствование практики оперативного управления крупными теплофикационными системами в новых экономических условиях / Г. К. Вороновский. – Харьков : Изд-во Харьков, 2002. – 239 с.
6. Zoutendijk, G. Some recent developments in nonlinear programming Fifth Conference of Optimization Techniques / G. Zoutendijk, – pt. 1. – Berlin : 1973. – Pp. 407–417.