

ПОДХОД К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ АНАЛИЗУ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЖИМОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЯ

Е.В. Гойтина, Д.А. Шнайдер

В настоящее время и на перспективу базовым подходом к теплоснабжению на крупных промышленных предприятиях и в жилищно-коммунальном хозяйстве Российской Федерации является централизованное теплоснабжение, позволяющее снизить затраты на производство тепла за счет совместной выработки электрической и тепловой энергии. Негативными факторами централизованной выработки тепла, снижающими ее эффективность, являются затраты на транспортировку теплоносителя, утечки и потери тепла в трубопроводах. Кроме того, очень важную роль в функционировании централизованных систем теплоснабжения играет необходимость согласованной работы источников и потребителей при регулировании подачи тепла. Отсюда актуальным является решение задачи оперативного анализа эффективности процесса теплоснабжения, позволяющее своевременно выявлять потери и нерациональное использование тепла, проводить оценку эффективности и осуществлять оптимальное управление процессом теплоснабжения в различных режимах.

Известные подходы анализа режимов сложных систем основаны на разработке математической модели реальной системы с помощью специализированного программного обеспечения [1,2]. Сложность построения такой модели на практике для крупных сетей состоит в необходимости получения большого объема данных, включающих детальные характеристики трубопроводов тепловых сетей (длины, диаметры, шероховатость, зарастание и т.д.) и потребителей, что требует значительных затрат времени и средств, а в ряде случаев (например, при подземной прокладке труб) практически не реализуемо. Для оперативного анализа модель должна учитывать текущие фактические параметры теплоносителя в различных точках системы теплоснабжения и позволять оперативно рассчитывать статические и динамические режимы в случае каких-либо переключений, что накладывает дополнительные требования к сходимости используемых математических методов, объему данных и скорости вычислений. С учетом сказанного актуальной является задача разработки подхода к оперативному анализу эффективности режимов теплоснабжения, основанного на построении упрощенной макромоделей тепловой сети, не требующей значительного объема исходных данных и позволяющей производить расчеты с достаточной для практического использования точностью в режиме реального времени.

Суть предлагаемого подхода состоит в представлении реальной тепловой сети в виде многоуровневой структуры с выделенными сетевыми районами, отдельными крупными потребителями и соединяющими их магистральными тепловыми сетями (рис. 1). В отличие от полной модели, отражающей состояния всех имеющихся межэлементных связей, в макромоделе отображаются состояния значительно меньшего числа межэлементных связей, что соответствует описанию объекта при укрупненном выделении элементов. В основу построения макромоделей для расчета тепловых сетей могут быть положены следующие принципы.

1. Сетевые районы ($СР_i$) со сложной схемой сетевых соединений, содержащие большое количество относительно маломощных потребителей, рассматриваются как единый эквивалентный потребитель.

2. Потребители ($П_j$), подключенные непосредственно к магистральной сети, рассматриваются как таковые.

3. При необходимости более подробного рассмотрения параметров гидравлических режимов внутри отдельных сетевых районов может быть осуществлен переход на следующий уровень макромоделей, отражающий состояние потребителей ($П_{i,k}$) и вновь выделенных сетевых районов ($СР_{i,j}$) внутри сетевого района $СР_i$.

Сетевые районы и потребители характеризуются такими параметрами как потребление тепла, температура, расход, давление (напор) подаваемой и обратной сетевой воды, геодезическая отметка теплового ввода.

На основе указанных выше принципов реализуется возможность использования при анализе одной и той же тепловой сети нескольких моделей, различающихся сложностью, точностью и полнотой отображения свойств. Таким образом, в зависимости от целей моделирования может изменяться степень детализации представления и описания модели тепловой сети. При этом следует отметить, что результаты выполненного однократно более трудоемкого моделирования отдельного сетевого района могут многократно применяться в упрощенной общей макромоделе, что обуславливает общее снижение объема вычислений.

Гидравлический расчет многоконтурных тепловых сетей может быть проведен с использованием расчетной гидравлической макромоделей тепловой сети, подробно описанной в [3]. Для расчета гидравлических режимов тепловой сети по пред-

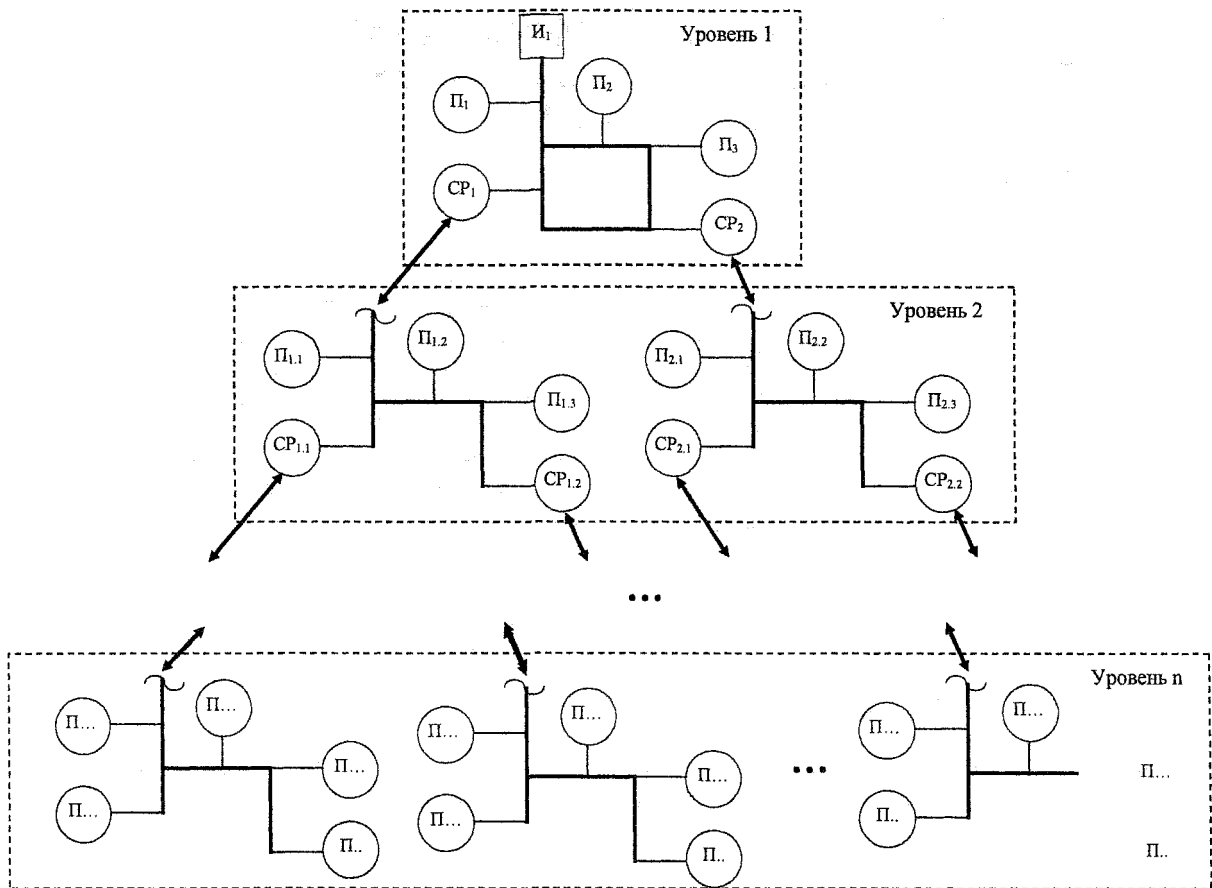


Рис. 1. Многоуровневая структура тепловой сети

ложенной модели необходимо составить матрицы связей согласно изложенной в [3] методике. Задача гидравлического расчета многоконтурной тепловой сети может быть решена итерационным методом с использованием расчетной макро модели сети по описанному в [3] алгоритму.

Применение описанной гидравлической макро модели тепловой сети позволяет произвести расчет режимов многоконтурной тепловой сети при заданной схеме тепловой сети на основе имеющихся данных по объектам и участкам сети. При этом благодаря относительно небольшому объему вычислений рассматриваемая макро модель может быть использована для расчета режимов тепловых сетей в реальном времени.

Результаты моделирования различных вариантов функционирования тепловой сети на основе обобщенной макро модели могут быть использованы для проведения сравнительного анализа режимов функционирования тепловых сетей и оценки их эффективности. Эффективность режимов теплоснабжения оценивается с помощью показателей эффективности (показателей качества). Для тепловых сетей показатели эффективности функционирования характеризуют уровень использования теплового потенциала сетевой воды и степень соответствия оцениваемой системы своему назначению [4, 5].

Показатели эффективности системы, как правило, представляют собой некоторое множество функций y_k от характеристик системы x_i :

$$y_k = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad k = 1, K, \quad n = 1, N,$$

где K - мощность множества показателей эффективности системы, N - мощность множества характеристик системы.

К характеристикам функционирования тепловой сети будем относить:

- расход тепловой энергии в тепловой сети;
- температуру теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети;
- разность значений температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах или температура теплоносителя в обратном трубопроводе тепловой сети;
- расход теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети;
- удельный среднечасовой расход теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети;
- затраты электроэнергии на передачу тепловой энергии, включая затраты насосными группами источников теплоснабжения;
- удельные затраты электроэнергии на передачу тепловой энергии.

Для получения критерия эффективности при использовании указанных характеристик целесообразно использовать несколько подходов:

1. Выбирается один главный показатель, например, температура теплоносителя в обратном трубопроводе, и оптимальной считается система, для которой этот показатель достигает экстремума, при условии, что остальные показатели удовлетворяют системе ограничений, заданных в виде неравенств.

2. Ранжирование показателей по важности. При сравнении систем одноименные показатели эффективности сопоставляются в порядке убывания их важности по определенным алгоритмам.

3. Мультипликативные и аддитивные методы получения критериев эффективности основываются на объединении всех или части показателей с помощью операций умножения или сложения в обобщенные показатели. Если в произведение (сумму) включается часть показателей, то остальные частные показатели включаются в ограничения. Показатели, образующие произведение (сумму), могут иметь весовые коэффициенты.

Конкретный вид критериев эффективности определяется в зависимости от поставленных целей и особенностей тепловых систем объектов. Сопоставление действительных значений показателей режимов функционирования тепловых сетей, рассчитанных на основе использования макромоделей [3], с их нормативными значениями на основе выбранного критерия эффективности позволяет проводить оценку эффективности функционирования тепловых сетей и тем самым оперативно влиять на улучшение режимов теплоснабжения.

На практике использование математической макромоделей может быть положено в основу построения систем диспетчерского управления. В настоящее время применение автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) является одним из основных направлений повышения эффективности функционирования систем централизованного теплоснабжения. При этом в функции современных АСДУ, помимо сбора и отображения в реальном времени информации о параметрах техпроцесса, входит реализация автоматизированного управления технологическим объектом в режиме «советчика» диспетчеру. Построенная адекватная макро модель системы теплоснабжения позволяет предварительно производить расчет параметров и режимов теплоснабжения, после чего диспетчер принимает решение о реальном использовании того или иного режима.

На рис. 2 представлена укрупненная структура АСДУ системы теплоснабжения. Как видно из рис. 2, выработка управляющих воздействий осуществляется на основе анализа данных о текущих параметрах тепло потребления путем сравнения с

расчетными значениями, полученными по результатам математического моделирования объекта управления. Для настройки параметров модели должна периодически повторяться процедура идентификации на основе данных эксплуатации, полученных из АСДУ.

Предложенный подход к автоматизированно-

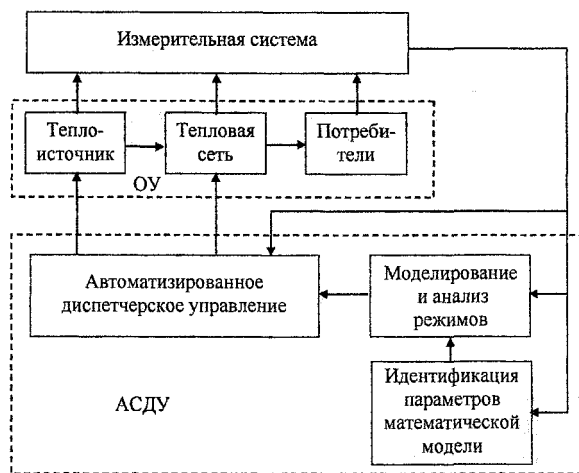


Рис. 2. Структура АСДУ тепловой сети

му анализу режимов теплоснабжения на основе макро моделирования был апробирован при регулировании режимов теплоснабжения промплощадки ОАО «ММК» (г. Магнитогорск). Полученные результаты свидетельствуют о возможности практического использования подхода в расчетах тепловых сетей. В целом, данный подход позволяет оперативно управлять схемой теплоснабжения, и тем самым повысить надежность и качество обеспечения потребителей тепловой энергией.

Литература

1. *Гидравлические расчеты тепловых сетей.* – Сервер: <http://www.politerm.com.ru/zuluthermo/index.html>.
2. *Информационно-графическая система «Паспортизация и расчет гидравлических режимов тепловых сетей».* – Сервер: <http://www.citycom.ru/potok/citycom/docs/heatgraph.html>.
3. *Гойтина Е.В. Автоматизация расчета гидравлических режимов многоконтурных тепловых сетей// XXVI Российская школа по проблемам науки и технологий. Краткие сообщения - Екатеринбург: УрОРАН, 2006. -С. 124-126.*
4. *Методика определения нормативных значений показателей функционирования водяных тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения.* – МДК 4.03.2001.
5. *Рябцев Г.А., Рябцев В.И. Экономия энергетических ресурсов// Промышленная энергетика. - 2003. - №8.*