

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-2.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/61TVN217.pdf>

Статья опубликована 24.04.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Культяев С.Г. Сравнительный анализ и оптимизация методов регулирования совмещенной тепловой нагрузки // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/61TVN217.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 62

Культяев Святослав Геннадиевич¹

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Россия, Саратов
Ассистент

E-mail: svyatoslav@kultyayev.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5541-5332>

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=709944

Сравнительный анализ и оптимизация методов регулирования совмещенной тепловой нагрузки

Аннотация. В статье описываются существующие конструктивно- технологические решения построения распределительных тепловых сетей, предполагающие использование трех основных методов регулирования - это качественный метод, основанный на варьировании температуры сетевого теплоносителя, количественный метод, основанный на варьировании расхода сетевого теплоносителя, и совмещенный качественно-количественный метод, использующий регулирование как температуры, так и расхода теплоносителя.

Автор указывает на то, что выбор наиболее эффективного метода регулирования определяется, в первую очередь, гидравлической характеристикой сети, а также характером потребления тепловой энергии, типом используемого оборудования на котельной и прочими факторами с различной степенью значимости. Поэтому для обеспечения наиболее полной оптимизации основных технических параметров целесообразно использовать расширенный набор исходных параметров, и не привязываться к традиционным методам регулирования отпуска тепловой энергии в централизованных тепловых сетях.

Ключевые слова: метод регулирования; теплоноситель; температура; расход; тепловая энергия; тепловая сеть; тепловая нагрузка; регулирование; отпуск теплоты; тепловой потребитель; теплоисточник

Введение

Вплоть до принятия в Российской Федерации СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» [10], регламентирующими документами рекомендовался качественный метод регулирования тепловых сетей, основным критерием для которого являлось значение температуры наружного воздуха. Соответственно, распределительные сети проектировались с расчетом на использование данного метода регулирования, при этом реализация других методов без

¹ 410033, г. Саратов, ул. Гвардейская, д. 11А, кв. 44

внесения изменений в схемы сетей и оборудование существенно снижает эффективность регулирующих воздействий [2].

В течение последних двух десятилетий значительно расширился перечень типов используемых отопительных приборов у абонентов и увеличилось количество конечных потребителей с индивидуальным регулированием, что оказало существенное влияние на режимы функционирования как внутридомовых абонентских тепловых сетей, так и распределительных сетей в целом [9]. Представляется очевидным, что в таких условиях разработанные ранее методы и технологические приемы регулирования совмещенной тепловой нагрузки характеризуются снижением эффективности, и, соответственно, возникает задача их оптимизации.

Следует учитывать, что даже в случаях анализа типовых распределительных сетей с двухтрубной конфигурацией и параметрами теплоносителя 105/70°C, существует многообразие различных вариантов взаимных зависимостей контролируемых параметров, обусловленное произвольными конфигурациями сетей. Для определения эффективных критериев оптимизации режимов необходимо использовать специализированные методики расчета стационарного потокораспределения в многокольцевых гидравлических сетях, позволяющих получить значения напоров и расходов теплоносителя, основанные на условиях соблюдения закона сплошности и закона сохранения энергии, являющихся аналогами законов Кирхгофа, для всех независимых контуров и узловых точек [7].

Решение вышеперечисленных задач осложняется отсутствием универсальных методик расчета параметров сетей, в результате чего выявляется дополнительная задача по разработке соответствующего инструментария для предварительной оценки и расчета параметров сетей.

Качественный метод

Качественный метод регулирования тепловой нагрузки, особенно в случае ее совмещенного характера, является, с одной стороны, наиболее простым в реализации, поскольку в полной мере реализуется без использования дополнительного оборудования в любой системе - посредством регулирования режима работы котла. Данный метод является наиболее дешевым в реализации и наиболее надежным в эксплуатации.

Основным допущением является регулирование тепловой нагрузки по средней температуре наружного воздуха, что приводит в некоторых случаях к возникновению существенных различий в режиме отопления у разных категорий потребителей. Вторым допущением является усредненный расчетный режим работы сетей, поскольку учет дополнительной нагрузки от систем горячего водоснабжения (ГВС) осуществляется исключительно по суточным графикам, без учета фактической неравномерности и объема отпуска тепла.

К основным недостаткам качественного метода регулирования режимов работы тепловых сетей следует относить неоптимальные характеристики по тепловой инерции. Любая разветвленная и протяженная система теплоснабжения имеет значительную тепловую инерцию, поскольку время движения теплоносителя от момента его выхода от источника централизованного теплоснабжения через наиболее удаленного потребителя до момента возврата в источник теплоснабжения по обратной трубе представляет собой конечную величину, которая может достигать нескольких часов. Поэтому при качественном регулировании тепловая нагрузка регулируется либо по среднесуточной, либо по усредненной за несколько (8 - 12) часов температуре наружного воздуха. Такое временное рассогласование или регулирование с запаздыванием ведет к нарушению теплового режима у потребителей, особенно при резкой смене погодных условий.

Наряду с вышеизложенным, при эксплуатации сетей с совмещенной нагрузкой наблюдаются значительные перепады рабочих режимов, обусловленные значительной скачкообразной неравномерностью спроса абонентов на горячее водоснабжение в рамках суточного графика. Данный фактор оказывает существенное влияние на параметры теплоносителя в магистралях, при этом, в большинстве случаев, значение ключевого параметра - температуры воздуха в отапливаемых помещениях - при таких скачкообразных снижениях параметров теплоносителя поддерживается только за счет инерционных характеристик отопительных приборов и тепловой инерции ограждающих конструкций [11].

Эффективность централизованного качественного регулирования теплоснабжения существенно снижается при наличии абонентских и индивидуальных систем регулирования, при этом в даже в краткосрочной перспективе количество таких систем будет значительно увеличиваться, в связи с чем проблема оптимизации данного метода значительно усложняется [3].

Количественный метод

Основным преимуществом метода количественного регулирования совмещенной тепловой нагрузки является возможность оперативных воздействий на регулируемые показатели. В сравнении с качественным методом, эффект от количественного регулирования сопоставим со скоростью распространения звука в воде (1500 м/с), ввиду чего эффективность оперативного регулирования параметров температуры в отапливаемых помещениях потенциально имеет большие показатели быстродействия [1].

Негативным фактором постоянства температуры теплоносителя в тепловой сети является потенциально возможное увеличение тепловых потерь [12].

При использовании количественного метода регулирования совмещенной тепловой нагрузки, основными методами оптимизации являются, в первую очередь, так же, как и при оптимизации качественного метода, повышение эффективности регулирования за счет более высокой точности прогнозирования и предопределения параметров функционирования каждого элемента сетей [4]. Здесь могут быть использованы новые математические модели, отличающиеся более высокой точностью расчета параметров теплоносителя, использование которых ранее было нецелесообразно ввиду значительных системных требований к математическому обеспечению [8].

Следует отметить, что очень важным фактором при предопределении параметров теплоносителя является учет не только параметров тепловой инерции сетевого оборудования, но также и параметров тепловой инерции зданий, что оказывает существенное влияние на основной регулируемый показатель - температуру воздуха в отапливаемых помещениях.

Также оптимизация количественного метода предполагает реализацию механизмов точного регулирования подачи насосов, что может быть реализовано за счет использования современных технических средств управления электроприводом - частотных и векторных устройств, позволяющих с высокой степенью точности обеспечивать требуемые параметры производительности электрических силовых машин.

Качественно-количественный метод

При качественно-количественном методе регулирования оптимизация может быть реализована в виде ряда регуляторов, управляющих системой максимально близко к минимальной температуре теплоносителя в подающем теплопроводе без нарушения

ограничивающих условий. Скорость потока контролируется одним регулятором, тогда как температура на вводе у потребителя контролируется регуляторами, расположенными в критических точках системы централизованного теплоснабжения (СЦТ).

Типовая система управления состоит из регулятора расхода и регуляторов температуры критических точек тепловой сети. В определенное время температура теплоносителя в подающем трубопроводе на выходе из теплоисточника выбирается в качестве максимума рекомендованных температур теплоносителя отдельных регуляторов. Второстепенный регулятор, определяющий температуру теплоносителя в определенное время, называется активным регулятором.

Ограничения по изменениям температуры теплоносителя в подающем трубопроводе выполняются путем настройки расчетных параметров в регуляторах расхода и регуляторах температуры сетевых точек.

Динамические отношения между температурой теплоносителя в подающем трубопроводе, расходом и температурами сетевых точек являются изменяющимися по времени, их сложно установить по той причине, что тепловая нагрузка в системе изменяется со временем. В связи с этим, для решения проблемы управления требуются методы, способные обеспечить надежную работу при таких обстоятельствах.

Регулятор температуры сетевых точек зависит от модели, описывающей динамические отношения между температурой теплоносителя в подающем трубопроводе и температурами сетевых точек. Вследствие изменяющейся тепловой нагрузки такое отношение демонстрирует суточные, а также годовые изменения [5].

Модель прогнозирования, связывающая будущий массовый расход с прошлой и будущей температурой теплоносителя в подающем трубопроводе, должна принимать во внимание будущую тепловую нагрузку, т.е. она должна зависеть от прогнозов тепловой нагрузки [6]. Вместо определения модели массового расхода, которая зависит от выходных значений модели тепловых нагрузок, используемые алгоритмы регулирования используют прогнозы тепловой нагрузки непосредственно для расчета минимально необходимой температуры подачи, которая накладывается ограничениями массового расхода с учетом условий уравнения энергетического баланса.

Основные критерии оптимизации

Одним из важнейших критериев оптимизации является достижение минимальной температуры теплоносителя, соответствующей выполнению условия достижения требуемой температуры в помещениях и температуры в контурах ГВС. Представляется очевидным, что при достижении таких режимов осуществляется минимизация тепловых потерь при передаче тепловой энергии.

Для внедрения эффективных мер по оптимизации регулирования систем теплоснабжения с совмещенной нагрузкой требуется использование комплексных решений, предполагающих как модернизацию аппаратной составляющей в части замены и дополнения регулирующей аппаратуры, так и математического обеспечения алгоритмических средств управления системами регулирования [8]. Универсальность предлагаемых решений предполагается обеспечить за счет использования реалистичных методов имитационного математического моделирования с учетом топологии и параметров магистральных и абонентских сетей, а также параметров используемого сетевого и абонентского оборудования, характеристик зданий и с использованием расширенного набора контролируемых и учитываемых метеорологических параметров.

Реализация таких мероприятий позволит, помимо повышения точности аппаратной реализации методов регулирования, получить более реалистичные управляющие зависимости и алгоритмы, применение которых в комплексе позволит не только повысить точность поддержания требуемых температур в отапливаемых помещениях и контурах ГВС при более высокой скорости реагирования, но и минимизировать потери тепловой энергии в процессе транспортирования теплоносителя за счет минимизации рабочих температур.

При использовании предложенного метода оптимизации качественно-количественного регулирования появляется возможность многокритериального управления параметрами в характерных точках сетей, что позволяет получить значительно большую степень универсальности применения, поскольку при использовании различного оборудования и топологии сетей некоторые особенности методов количественного или качественного регулирования могут привести к значительному снижению эффективности управления режимами.

Заключение

Выбор наиболее эффективного метода регулирования определяется, в первую очередь, гидравлической характеристикой сети, а также характером потребления тепловой энергии, типом используемого оборудования на котельной и прочими факторами с различной степенью значимости.

Исходя из физических принципов функционирования сетей теплоснабжения, определяемых, в первую очередь, уравнениями теплопередачи и теплового баланса, можно судить об ограниченности управляемых параметров, что не позволяет получить возможность разработки принципиально новых решений по регулированию их режимов работы. Соответственно, задачи оптимизации могут быть решены только посредством модификации существующих методик, которая может быть выполнена с помощью учета дополнительных факторов, оказывающих влияние на эффективность функционирования исследуемых систем.

Также следует отметить, что для обеспечения наиболее полной оптимизации основных технических параметров целесообразно использовать расширенный набор исходных параметров, включающий, помимо традиционно используемых, также и информацию по географическим и климатическим условиям, в том числе с возможностью оперативного учета, например, скорости и направления ветра относительно населенного пункта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вологдин С.В. Исследование и оптимизация режимов теплоснабжения зданий, обслуживаемых централизованными источниками тепла. автореф. дисс. канд. тех. наук. Ижевск, 2000.
2. Давыдов А.Н. и др. Анализ практики применения пониженных температурных графиков в теплоснабжении в зарубежных странах и оценка перспектив использования в системах теплоснабжения, включающих источники комбинированной выработки электрической и тепловой энергии, режимов с пониженными температурными графиками в целях повышения энергоэффективности и качества предоставляемых услуг по теплоснабжению. Отчет о НИР. ЗАО ИЦ «Энергетика города», Москва, 2014.

3. Китаев, Д.Н. Развитие системы теплоснабжения городского округа город Воронеж в долгосрочной перспективе / Д.Н. Китаев // Инженерные системы и сооружения. - 2010. - №2 (3). - С. 72-77.
4. Культяев С.Г., Левин А.С. Регулирование отпуска теплоты в период осенне-весенних перетопов [Текст] / С.Г. Культяев, А.С. Левин // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2012. №2. С. 140-144.
5. Ливчак В.И. Теплоснабжение жилых микрорайонов города на современном этапе [Текст] / В.И. Ливчак // Энергосбережение. - 2005. - N 1. - С. 47-57.
6. Майков И.Л., Директор Л.Б., Зайченко В.М. Методы теплогидравлической оптимизации и управления тепловыми сетями // Сб. науч. тр. «Управление большими системами. Выпуск 32. Управление техническими системами и технологическими процессами», Объединенный Институт высоких температур РАН, М., 2011.
7. Маккавеев В.В. Оптимизация отпуска теплоты от ТЭЦ при качественно-количественном регулировании в открытых системах теплоснабжения: автореф. дисс. канд. тех. наук. Улан-Удэ, 2009.
8. Малая Э.М., Культяев С.Г. Модель термозкономической оптимизации распределительных тепловых сетей [Текст] / С.Г. Культяев, Э.М. Малая // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2012. Т. 17. №6. С. 1590-1593.
9. Малая Э.М., Культяев С.Г. Упрощенный метод оценки наладки систем отопления зданий / С.Г. Культяев, Э.М. Малая // Новый университет. Серия: Технические науки. 2014. №2 (24). С. 16-20.
10. Российская Федерация. Строительные нормы и правила. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети [Текст]: нормативно-технический материал. - М.: ГУП ЦПП, 2003 - 69 с.
11. Яровой Ю.В. Об опыте управления системами централизованного теплоснабжения в городах Дании / Новости теплоснабжения, 2006 г. - №10.
12. D. Andrews et al. Background Report on EU-27 District Heating and Cooling Potentials, Barriers, Best Practice and Measures of Promotion. Joint Research Centre of Scientific and Policy Reports, 2012.

Kulyaev Svyatoslav Gennadievich

Yuri Gagarin Saratov state technical university, Russia, Saratov

E-mail: svyatoslav@kulyaev.ru

Comparative analysis and optimization of methods for regulating the combined heat load

Abstract. The article describes the existing design and technological solutions for the construction of distribution heat networks, which involve the use of three main methods of regulation- this is a qualitative method based on the variation of the temperature of the network coolant, a quantitative method based on the variation of the flow of the heat carrier, and a combined qualitative and quantitative method using regulation Both temperature and flow rate of the coolant.

The author points out that the choice of the most effective method of regulation is determined, first of all, by the hydraulic characteristic of the network, as well as by the type of consumption of thermal energy, the type of equipment used at the boiler house and other factors with varying degrees of significance. Therefore, to ensure the most complete optimization of the main technical parameters, it is advisable to use an expanded set of initial parameters, and not be tied to traditional methods for regulating the release of thermal energy in centralized heating networks.

Keywords: control method; heat carrier; temperature; flow; heat energy; heat network; heat load; regulation; heat release; heat consumer; heat source