

Разработка системы автоматического управления режимом работы тепловой сети

Крутолевич С.К.; Мисник А.Е.; Мельников И.И.
Кафедра «АСУ», электротехнического факультета
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский Университет»
Могилев, Беларусь
e-mail: s_krutolevich@bru.mogilev.by

Аннотация — Доклад посвящен результатам разработки системы управления режимом подачи теплоносителя с целью снижения себестоимости доставки тепловой энергии потребителям.

Ключевые слова: управление; тепловая сеть; математическое моделирование

I АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

В современных городах тепловые сети представляют собой сложную структуру трубопроводов, регулирующих элементов, теплообменников и других элементов. В данной работе рассматривалась сеть от ТЭЦ2 до теплообменных пунктов потребителей. В настоящее время моделируется 8% тепловой сети г. Могилева, отнесенных к району завода имени Кирова. Управление технологическим режимом работы сети обеспечивается с центрального диспетчерского пункта. Диспетчер постоянно контролирует технологические параметры функционирования сети: температуру, давление и расход теплоносителя в отдельных точках сети и поддерживает эти показатели в определенном коридоре возможных значений. Неожиданное изменение режимов работы связано с аварийными ситуациями и несанкционированными действиями крупных потребителей. Управляемыми параметрами являются: температура теплоносителя на входе в сеть, расход теплоносителя (режим работы электромоторов подкачки), дросселирование отдельных участков сети.

II ПОСТАНОВКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ

Задача разработки системы автоматического управления (САУ) технологическими режимами тепловых сетей является актуальной, так как позволяет снизить себестоимость доставки тепловой энергии потребителям.

Разработка САУ включает ряд последовательных этапов: выбор целевой функции управления и набора ограничений, разработка математической модели объекта управления, разработка алгоритма управления, обеспечивающей оптимальное значение целевой функции, разработка программно-аппаратного комплекса и подключение его к объекту управления.

Цель тепловой сети – доставить каждому потребителю необходимое количество тепловой энергии. Критерий целевой функции – минимальные экономические затраты на доставку тепловой энергии потребителям. Долговечность работы отдельных узлов сети и затраты на ремонт и обслуживание учитывалась в системе ограничений на возможные значения технологических параметров.

III МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Математическая модель тепловой сети строилась на основе уравнения Навье-Стокса, описывающего

динамику движения жидкости. Учитывались только стационарные режимы работы сети, так как переходные процессы изменения расходов подающих насосов составляют не более 8 процентов времени работы. Математическая модель представляет собой набор описаний отдельных участков сети, связанных между собой узловыми точками. Участком является элемент сети с постоянной скоростью теплоносителя в трубопроводе. Каждый участок описывался двумя нелинейными алгебраическими уравнениями. Первое уравнение определяет потерю давления жидкости на участке в зависимости от сопротивления и скоростью движения. Второе – определяет изменение температуры жидкости на участке в зависимости от параметров внешней среды, времени суток. Граничные условия на участках обеспечиваются условиями баланса расходов жидкости и равенства температур в узловых точках.

При определении параметров каждого участка сети использовались статистические и экспериментальные методы. Тепловая сеть оборудована большим набором датчиков, следящих за технологическим процессом. Это позволило определить свойства каждого из участков сети и подобрать коэффициенты диссипации и теплоотдачи.

Сложно было спрогнозировать количество тепловой энергии потребляемой потребителями. Для этого фиксировался ежедневное потребление тепловой энергии всеми потребителями за январь 2010 года. Удалось установить, что оно зависит от трех параметров: температуры окружающего воздуха; скорости ветра; влажности. Коэффициент корреляции для жилого фонда 0,85, для промышленных потребителей 0,7. Очевидно, что САУ должно учитывать все эти параметры окружающей среды.

Вторым важным аспектом является постоянно меняющаяся топология тепловой сети в следствии: действий крупных потребителей, аварий, подключение новых потребителей. Изменить математическую модель в ручном режиме и определить новые технологические режимы работы сети в режиме реального времени невозможно. Для решения задачи максимально быстрого формирования математической модели сети был разработан программный комплекс содержащий: графический редактор формирования тепловой сети, блок автоматического формирования системы уравнений, блок определения технологических параметров сети, блок принятия управленческого решения об изменении режимов работы насосных станций.

Графический редактор позволяет диспетчеру изменить топологию сети с помощью набора графических инструментов.

Для программного представления базовых элементов использованы классы и интерфейсы, связанные между собой наследованием, таким образом,

наиболее абстрактная иерархия, описывающая базовые объекты теплосети содержит следующие интерфейсы:

IHeatSystemElementBase – базовый класс;

IHeatSystemElement – самостоятельный элемент теплосети;

IHeatSystemElementConnector – элемент теплосети соединяющий другие элементы;

IHeatSystemElementModifier – элемент модификатор, может быть подключен к соединяющим элементам теплосети.

Элементы теплосети имеют набор входных и выходных датчиков (InputSensors и OutputSensors), которые описывают две тепловые точки топологии сети.

Структура интерфейса IHeatSystemSensors описывает совокупность датчиков элемента сети, среди которых:

Датчик давления (Pressure);

Датчик температуры (Temperature);

Датчик потерь давления (PressureLoss);

Датчик расхода теплоносителя в контуре (FlowRate).

Интерфейс IHeatSystemElementConnector, который описывает соединительные элементы, имеет также набор описывающих его параметров:

Длина (Length);

Местные потери (FormLoss);

Диаметр (Diameter);

Тип потока (StreamType).

Тип потока может иметь два значения: Input, Output. Данный параметр характеризует направление потока теплоносителя. Для обеспечения наиболее удобного визуального моделирования данный параметр рассчитывается автоматически специальным алгоритмом реализованном в классе HeatSystemElementsHolder. Тем не менее, пользовательский интерфейс ввода параметра соединительных элементов позволяет задавать его вручную.

Наследование от интерфейса INotifyPropertyChanged накладывает на все классы, реализующие этот интерфейс необходимость поддержки активации события PropertyChanged, что в рамках технологии Windows Presentation Foundation дает возможность реализации интерактивного пользовательского интерфейса, который способен отображать изменения отдельных элементов пользовательского интерфейса сразу же после их возникновения во всех взаимозависимых частях. Эта способность, реализуется при помощи технологии «Data Binding» являющейся частью WPF.

Для реализации взаимодействия с другими модулями программного комплекса, а также для осуществления возможности сохранения создаваемых топологий теплосетей в бинарный файл были декларированы два интерфейса сервиса:

IDataService – описывает возможности сохранения и загрузки данных;

IMathService – описывает возможности взаимодействия с математическим модулем.

Второй модуль формирует топологическую матрицу, которая описывает узловые точки участков. Для решения уравнений используется прикладные библиотеки из математического пакета MATLAB. Четвертый модуль подбирает значения управляемых параметров технологического режима, соответствующего оптимальному значению целевой функции.

В начальном этапе внедрения САУ устанавливается на отдельном компьютере и предлагает диспетчеру значения управляемых параметров. В дальнейшем планируется подключить ее к контуру управления.

[1] Камаев, В.А. Технологии программирования: Учебник. / В.А. Камаев, В.В. Костерин. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2006. – 454 с.

[2] Кознов, Д.В. Курс. Визуальное моделирование: теория и практика. Лекция №1. Определение визуального моделирования / Д.В. Кознов. Режим доступа: [http://www.intuit.ru/departament/se/vismodtp/1/2.html 12.05.2011].

[3] Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов / В.П. Тарасик. – Мн.: ДизайнПРО, 2004. – 640 с.

[5] Варфоломеев, Ю.М. Отопление и тепловые сети: Учебник / Ю.М. Варфоломеев, О.Я. Кокорин. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 480 с.

[6] Кара-Мурза, С.Г. Царь холод идет в Россию или что реформаторы сделали с теплоснабжением нашей страны. / Кара-Мурза С.Г. Режим доступа: [http://www.karamurza.ru/books/holod/index.html 21.05.2011].

[7] Абрамов, Н.Н. Расчет водопроводных сетей / Н.Н. Абрамов, М.Н. Поспелова, Н.А. Сомов, В.И. Варапаев, Д.Х. Каримов. М.: Стройиздат, 1983. – 256 с.

[8] Ставровский, Е.Р. Расчеты систем транспорта газа с помощью вычислительных машин / Е.Р. Ставровский, М.Г. Сухарев. М.: Недра, 1971. 205 с.

[9] Гидросистема – программа для гидравлического и теплового расчетов трубопроводов / НТП Трубопровод. Режим доступа: [http://www.truboprovod.ru/cad/soft/hst.shtml 25.04.2011].

[10] ТЕРПООВ – расчет систем теплохолодоснабжения / Белорусско-американское совместное предприятие Бевалекс. Режим доступа: [http://www.bevalex.by/teploov.php 02.06.2011].

[11] Графико-информационный расчетный комплекс "ТеплоЭксперт" / Научно-производственное предприятие ТЕПЛОТЭК. Режим доступа: [http://www.teploexpert.ru/development_detail.aspx?id=20 17.05.2011].

[12] ИГС "CityCom-ТеплоГраф" / Инженерно-внедренческий центр «Поток». Режим доступа: [http://www.citycom.ru/citycom/heatgraph/index.php 07.06.2011].

[13] Программа. SETY 2.2. Гидравлический расчет тепловых сетей / Научно-производственное предприятие «ЭНЕРКОМ». Режим доступа: [http://www.enercom.vatb.ru/sety.htm 25.05.2011].

[14] Troelsen, A. Pro C# 2008 and the .NET 3.5 Platform Fourth Edition / A. Troelsen. – New York: Apress, 2007. – 726 p.

[15] MacDonald, M. Pro WPF in C# 2010: Windows Presentation Foundation with .NET 4 Second Edition / M. MacDonald. – New York, 2010. – 1156 p.