

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В.Л. Кодкин¹, А.Ю. Качалин^{1, 2}, А.С. Аникин¹

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск,

² НПФ «Восток-Запад», г. Челябинск

Широкое применение в современных системах теплоснабжения нашли автоматические регуляторы температуры теплоносителя. Чаще всего такие системы реализуют колебательные процессы регулирования. Изменения параметров регуляторов в соответствии с инструкциями практически ничего не меняют, а сами инструкции не содержат методик идентификации зданий как объектов регулирования. Попытки существенных (в десятки раз) изменений параметров регулятора в реальных тепловых системах очень опасны. Для того чтобы получить качественные представления о влиянии выбираемых параметров регуляторов на процессы в системах, целесообразно использовать математическую модель тепловой системы, адекватную реальным тепловым системам.

Представлена разработанная авторами модель системы теплоснабжения с привязкой к промышленно выпускаемым регуляторам температуры теплоносителя для систем отопления и горячего водоснабжения. Показана адекватность модели реальной системе теплоснабжения.

Ключевые слова: тепловые системы, регулятор температуры теплоносителя, математическое моделирование.

Введение

Изучение опыта работы автоматических систем теплоснабжения показало, что подавляющее большинство процессов в таких системах – это автоколебания амплитудой в 6–10 °С с периодом 5–10 мин. Такие процессы приводят к завышению потребления энергоресурсов на 5–10 %, так как требуют перегрева входящего теплоносителя как минимум на величину амплитуды колебаний. Попытки снизить амплитуду этих колебаний наталкиваются на отсутствие методик и на необходимость непредсказуемых экспериментов в реальных энергосистемах. При реализации проектов оптимизации тепловых систем и создании методик оптимизации на первый план выходит методика создания математической модели системы теплоснабжения, с одной стороны, адекватной реальным системам, с другой – доступной для инженеров и наладчиков, позволяющей выбрать динамическую структуру регуляторов.

Математическая модель системы теплоснабжения

Как показал обзор источников информации, отапливаемое здание достаточно точно идентифицируется звеньями 2-го, 3-го порядка с комплексом звеньев чистого запаздывания, идентифицирующих трубопроводы. Важным элементом структуры является привод смесительного клапана, чаще всего односкоростного, который интерпретируется релейным элементом. Таким образом, структура модели выглядит, как представлено на рис. 1.

Тестовое моделирование заключалось в изменении параметров регуляторов, которое производится в регуляторах *ECL Comfort* фирмы *Danfoss* при наладке. Инструкция рекомендует устанавливать постоянную интегрирования T_i и зону пропорциональности X_p в таких пределах: $T_i = 0,85T$, где T – «критический» период ($T = 200 \dots 900$ с); $X_p = 80$ по заводским уставкам [1].

Как показали предыдущие исследования этих регуляторов, передаточная функция регулятора принимает вид:

$$W = K + \frac{T_2 p}{1 + T_1 p}$$

Процессы регулирования – автоколебания амплитудой 5–10 °С, периодом 5–20 мин, причем они мало меняются при указанных изменениях параметров регулятора (рис. 2 и 3).

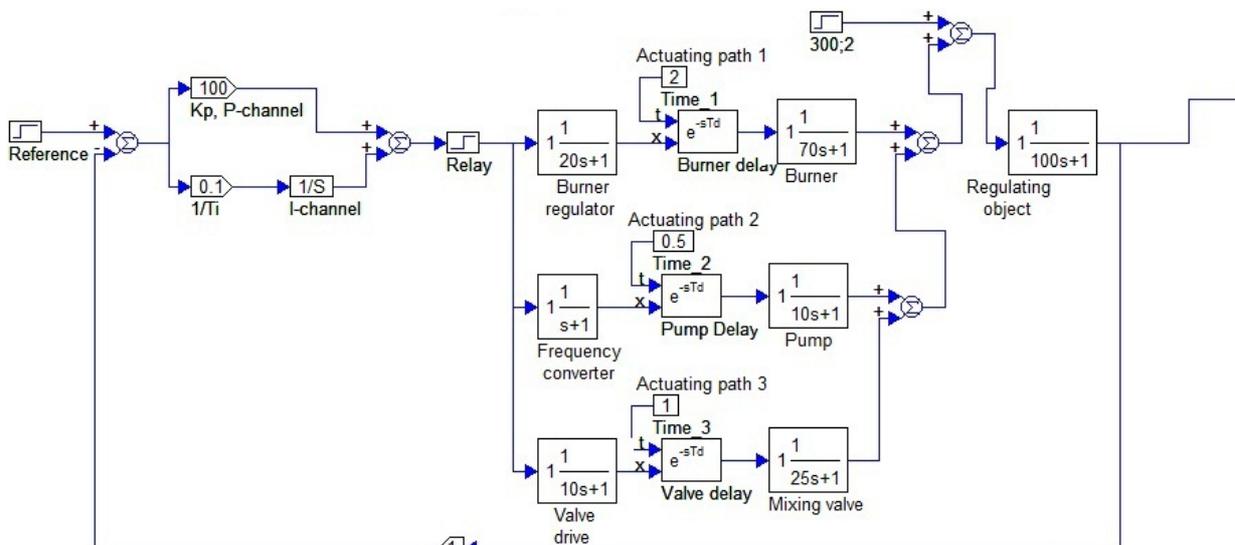


Рис. 1. Структурная схема модели

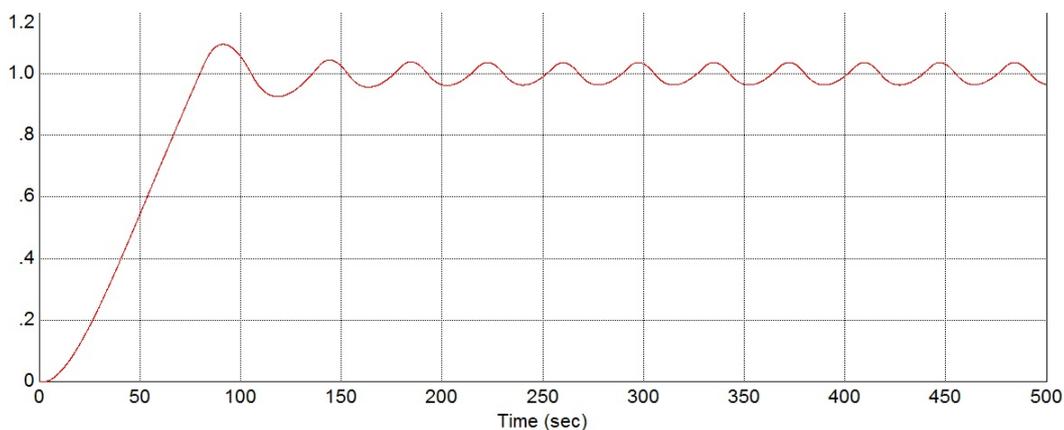


Рис. 2. Процесс регулирования с рекомендуемыми параметрами

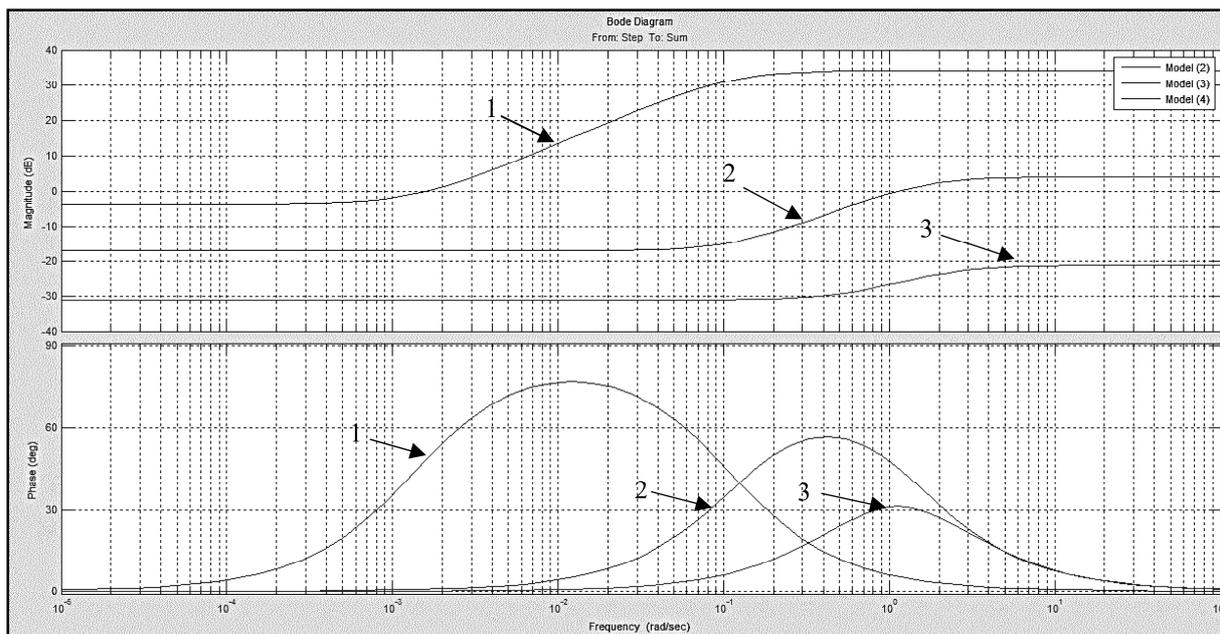


Рис. 3. АЧХ и ФЧХ регулятора *ECLComfort 200* при различных параметрах: 1, 2 – «заводские» настройки; 3 – эффективные настройки

Как показали исследования регуляторов *ECLComfort*, действие регуляторов могут быть существенно «усилены». Передаточные функции регуляторов в частотном диапазоне становятся более эффективными – АЧХ «усиливается» до 50, а ФЧХ возрастает до $+45^\circ$ (рис. 3, кривые 3). Следует отметить, что при этих параметрах удастся существенно снизить амплитуду автоколебаний, что подтвердило моделирование (рис. 4) и последующие эксперименты. Переходные процессы в такой системе достаточно близки к оптимальным процессам в системе с релейным исполнительным элементом [2].

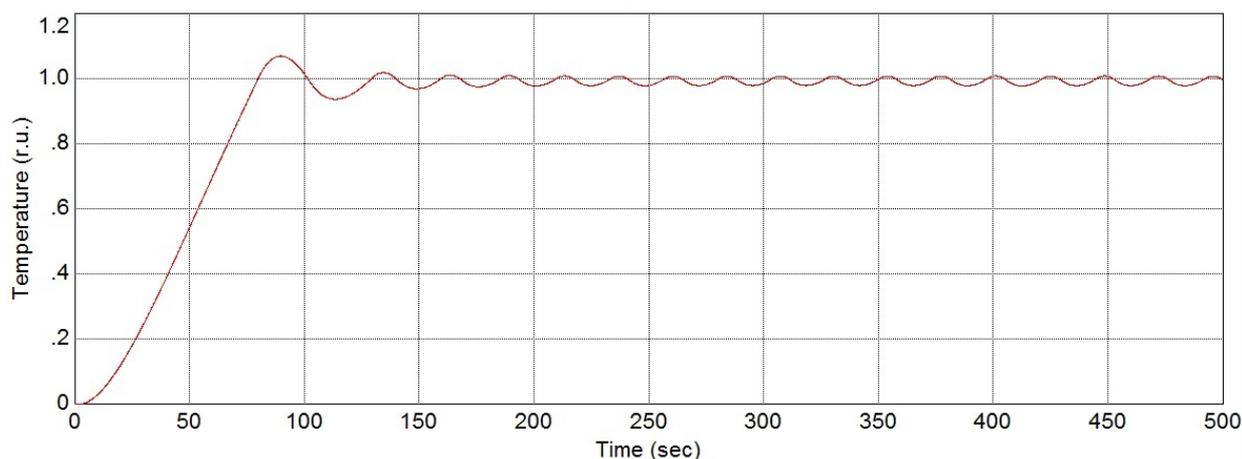


Рис. 4. Процесс регулирования с параметрами, соответствующими АЧХ 3 на рис. 3

Заключение

1. Проведенные исследования показали, что предложенная модель автоматической системы достаточно адекватна реальной системе теплоснабжения с регуляторами и релейными приводами смесительных клапанов.

2. Предложенная модель может использоваться в методиках оптимизации систем теплоснабжения с регуляторами и релейными приводами смесительных клапанов, а именно в процессах выбора параметров регуляторов, обеспечивающих регулирование с минимальными амплитудами колебаний температуры теплоносителя и, соответственно с минимальным потреблением энерго-ресурсов.

Литература

1. *ECLComfort 200. Руководство пользователя.* – http://www.danfoss-rus.ru/catalog/sections_files/VI7BC550_C60.pdf.
2. Куропаткин, П.В. *Оптимальные и адаптивные системы: учеб. пособие для вузов* / П.В. Куропаткин. – М.: Высш. шк., 1980 – 267 с.
3. Ротач, В.Я. *Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учеб. для вузов* / В.Я. Ротач. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.
4. Цыпкин, Я.З. *Основы теории автоматических систем* / Я.З. Цыпкин – М.: Наука, 1977 – 560 с.

Кодкин Владимир Львович, д-р техн. наук, профессор кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; kodkina2@mail.ru.

Качалин Андрей Юрьевич, инженер НПФ «Восток-Запад», аспирант кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; kachalin89@inbox.ru.

Аникин Александр Сергеевич, доцент кафедры электротехники и возобновляемых источников энергии, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; anikinsasha@gmail.com.

Поступила в редакцию 6 мая 2015 г.

MODELLING OF PROCESSES OF REGULATION IN HEATING SYSTEMS

V.L. Kodkin¹, kodkina2@mail.ru,

A.Yu. Kachalin^{1, 2}, kachalin89@inbox.ru,

A.S. Anikin¹, anikinsasha@gmail.com

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

² Scientific Industrial Firm "East-West", Chelyabinsk, Russian Federation

Automatic regulators of coolant temperature have found broad application in modern heat supply systems. These systems implement the oscillatory processes of regulation. Changes of the parameters of regulators in accordance with the instructions don't practically change anything and the instructions don't include the procedures of manual identification of buildings as the objects of regulation. Attempts of substantial (tenfold) changes in the controller parameters are very dangerous in real thermal systems. In order to obtain a qualitative picture of the influence of the selected parameters on the processes in control systems, it is advisable to use a mathematical model of the thermal system that is adequate to the real thermal system.

The article presents a model of the heating system with reference to commercially available controllers flow temperature for heating and hot water developed by the authors. It is shown the adequacy of the model to the real heating system.

Keywords: heating systems, temperature of heat-transfer agent regulator.

References

1. *Rukovodstvo polzovatelya ECL Comfort 200* [ECL Comfort 200 User Manual]. Available at: http://www.danfoss-rus.ru/catalog/sections_files/VI7BC550_P30.pdf (accessed 17 May 2015).
2. Kuropatkin P.V. *Optimalnye i adaptivnye sistemy* [Optimal and Adaptive Systems]. Moscow, High School Publ., 1980. 267 p.
3. Rotach V.Y. *Teoriya avtomaticheskogo upravleniya teploenergeticheskimi protsessami* [The Theory of Automatic Control of Heat Power Processes]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1985. 296 p.
4. Tsyppin Y.Z. *Osnovy teorii avtomaticheskikh sistem* [Fundamentals of the Theory of Automatic Systems]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 560 p.

Received 6 May 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Кодкин, В.Л. Моделирование процессов регулирования в системах теплоснабжения / В.Л. Кодкин, А.Ю. Качалин, А.С. Аникин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 121–124. DOI: 10.14529/ctcr150413

FOR CITATION

Kodkin V.L., Kachalin A.Yu., Anikin A.S. Modeling of Processes of Regulation in Heating Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2015, vol. 15, no. 4, pp. 121–124. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr150413