

КОРРЕКЦИЯ ПРОЦЕССОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ РЕГУЛЯТОРА ECL COMFORT 200

В.Л. Кодкин¹, А.С. Аникин¹, А.А. Балденков^{1, 2}, А.Ю. Качалин^{1, 3}

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск;

² ООО «КОСТЕС», г. Челябинск;

³ ООО «НПФ «Восток-Запад», г. Челябинск

Разработка энергосберегающих мероприятий в сфере коммунального хозяйства является очень важной и необходимой составной частью как разработки новых систем теплоснабжения, так и непосредственной эксплуатации уже существующих.

Широкое применение в тепловых системах автоматических регуляторов выявило ряд проблем. Процессы изменения температуры теплоносителя в таких системах носят колебательный характер. Экспериментальная идентификация наиболее часто применяемых контроллеров для систем отопления, таких как ECL Comfort (производитель Danfoss), Vitotronic (производитель Viessmann), 90C (производитель ESBE), показала, что единственно возможным вариантом корректировки данных регуляторов может быть метод, опирающийся на их идентификацию как динамических нелинейных регуляторов.

Представлены экспериментальные исследования в реальной системе отопления с целью определения потенциальных возможностей ее оптимизации по потреблению ресурсов. Результаты исследования дополнены теоретическим анализом динамики в системах теплоснабжения, основанным на методе гармонического баланса, который позволил качественно установить характер изменения процессов регулирования.

Ключевые слова: тепловые системы, регулятор температуры теплоносителя.

Введение

В коммунальном хозяйстве потребление тепловой энергии практически на порядок превосходит потребление электрической энергии в связи с нуждами отопления и горячего водоснабжения. Помимо этого график тепловой нагрузки в течение отопительного сезона сильно варьируется (в 5–6 раз) не только от времени суток, но и от климатических условий [1]. В связи с этим повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения за счет обеспечения в них качественного процесса регулирования является актуальной задачей.

При идентификации широко используемых регуляторов ECL Comfort 200, Vitotronic 300-K, ESBE Series 90 был получен ряд динамических характеристик каждого из них при различных параметрах настройки. Анализ этих характеристик показал, что их вариация может существенно изменить процессы в замкнутой системе регулирования в тех случаях, когда объект управления описывается дифференциальными уравнениями не выше 3-го порядка (например: небольшие и средних системы отопления с одним циркуляционным контуром). Данное заключение было подтверждено математическим моделированием подобных систем. Между тем, опыт наладки реальных котельных показал, что изменение параметра «постоянная времени интегрирования» в 1,5–2 раза процессы в системе качественно не изменяет.

Коррекция процессов регулирования в системах теплоснабжения параметрами регулятора ECL Comfort 200

Для определения возможности коррекции процессов регулирования в реальной системе отопления, а, следовательно, и потенциальные возможности оптимизации их по потреблению ресурсов, были проведены экспериментальные исследования на котельной. Она расположена на крыше жилого дома и имеет один циркуляционный контур с системой регулирования на базе ECL Comfort 200. Система регулирования построена по стандартной схеме и соответствует инструкции на ECL Comfort [2]. Температура регулируемого теплоносителя измеряется с помощью стандартного датчика Pt1000 и отображается на панели регулятора с точностью до 1 °С.

Первоначально установленные параметры регулятора, соответствующие рекомендациям заводских инструкций [2], следующие:

$$T_{и} = 150 \text{ с}; T_{штока} = 240 \text{ с}; X_p = 150 \text{ }^\circ\text{C}; N_z = 3 \text{ }^\circ\text{C},$$

где $T_{и}$ – постоянная интегрирования; $T_{штока}$ – время хода штока; X_p – зона пропорциональности; N_z – зона нечувствительности.

Соответствующий им процесс регулирования (рис. 1) представляет собой периодические колебания с амплитудой до $10 \text{ }^\circ\text{C}$, а, следовательно, на эту величину температура теплоносителя превышает требуемое значение. Изменение $T_{и}$ в 5 раз не внесло существенных изменений (см. рис. 1).

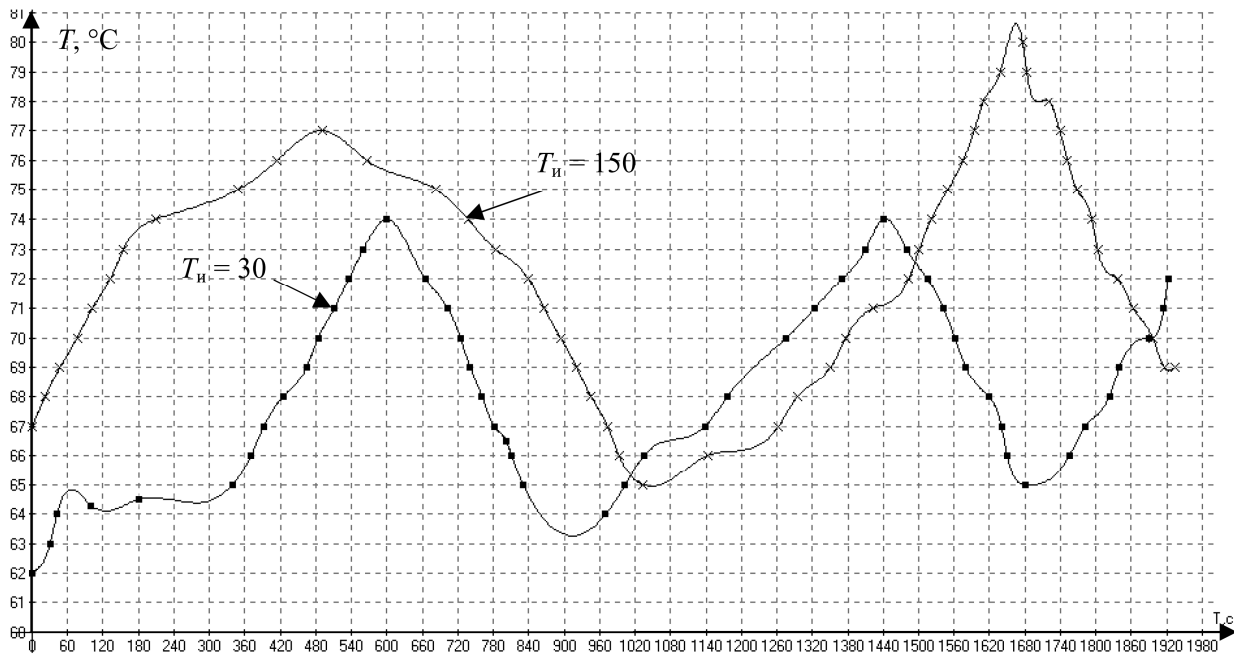


Рис. 1. Графики температуры теплоносителя при $T_{и} = 30 \text{ с}$ и $T_{и} = 150 \text{ с}$

Частотная характеристика регулятора, определённая по разработанной методике представлена на рис. 2.

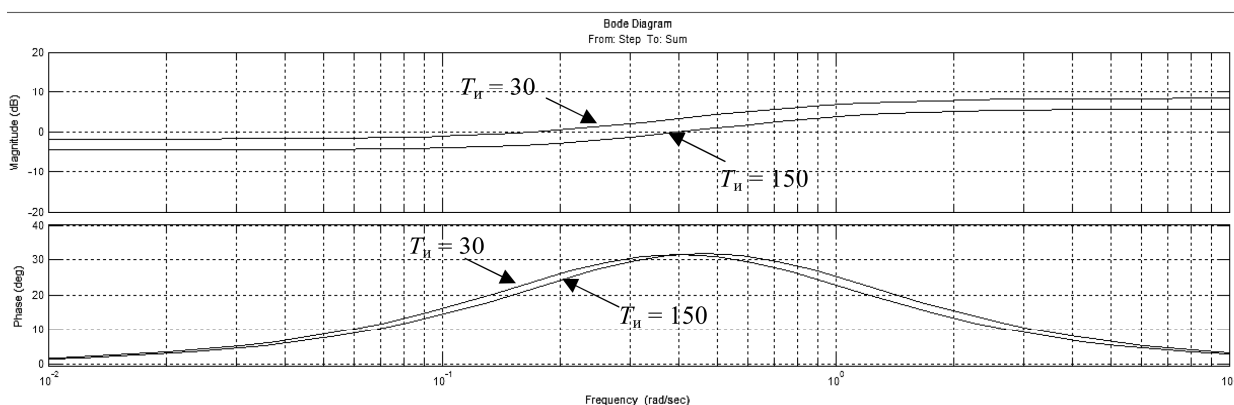


Рис. 2. Частотные характеристики регулятора *ECL Comfort 200* при $T_{и} = 30 \text{ с}$ и $T_{и} = 150 \text{ с}$

Для «повышения» динамики были установлены следующие параметры регулятора температуры:

$$T_{и} = 5 \text{ с}; X_p = 30 \text{ }^\circ\text{C}; T_{штока} = 240 \text{ с}; N_z = 1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Частотная характеристика такого регулятора представлена на рис. 3, а процесс регулирования температуры – на рис. 4.

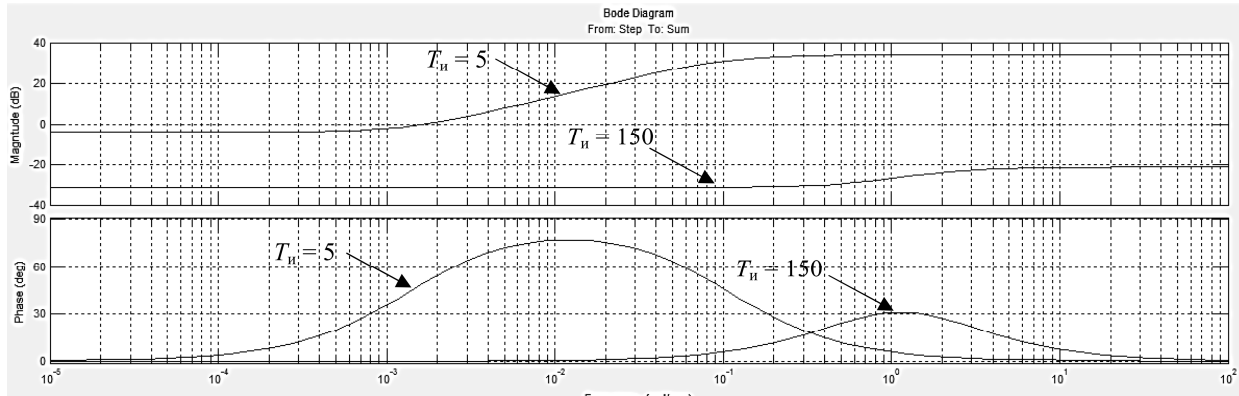


Рис. 3. Частотные характеристики регулятора ECL Comfort 200 при $T_n = 5$ с и $T_n = 150$ с

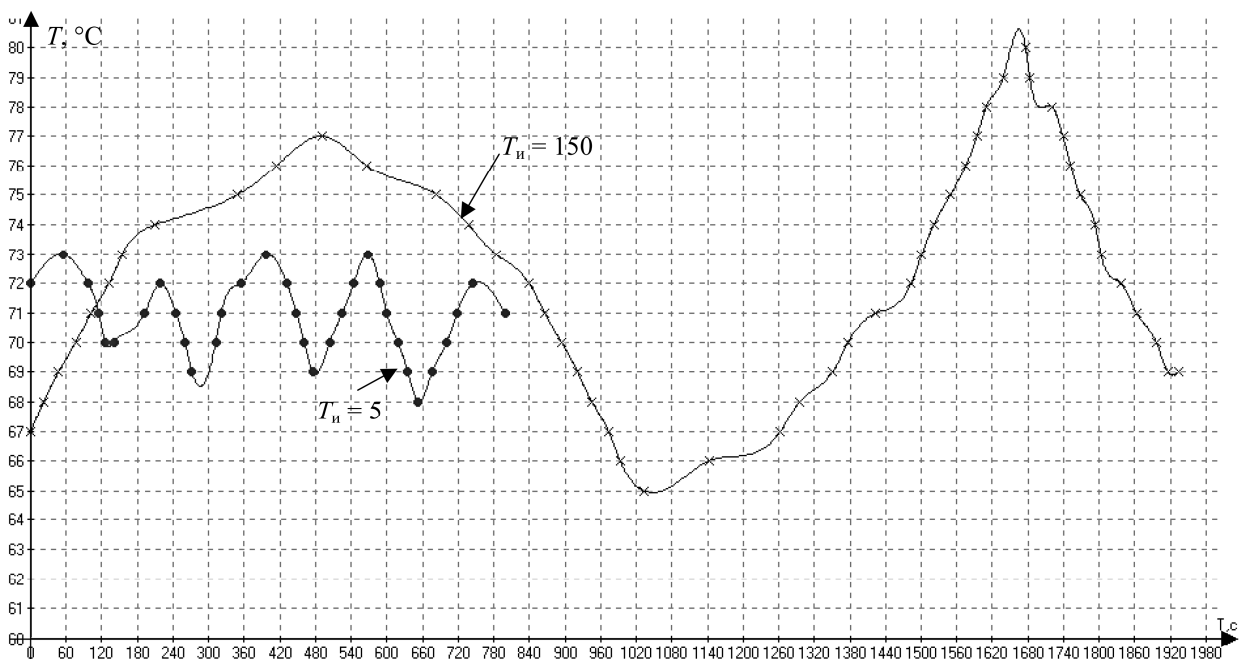


Рис. 4. Графики температур теплоносителя при $T_n = 5$ с и $T_n = 150$ с

Амплитуда колебаний уменьшилась в 3 раза, а частота увеличилась в 5 раз. При таком процессе регулирования есть возможность снизить температуру теплоносителя на 5–6 °С, что соответствует снижению потребления энергоресурсов на 3–4 %. А сами результаты изменения характеристик показывают потенциальную возможность оптимизации процесса отопления с данными регуляторами.

Экспериментальные исследования могут быть «дополнены» качественным теоретическим анализом, проведённым методом гармонического баланса [3].

Исходная структура системы отопления может быть сведена к схеме, представленной на рис. 5.

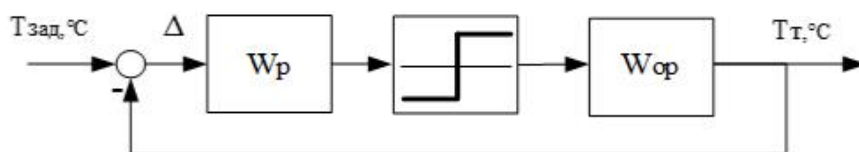


Рис. 5. Структура системы отопления

Условия гармонического баланса для автоколебаний выглядят:

$$W_{\Sigma} = W_p \cdot W_{op}(\omega_c) \cdot K_{p3} = 1;$$

$$\varphi(\omega_c) = -180^\circ; K_{p3} = \frac{1}{A}; A = \frac{1}{K_{p3}} = W_p \cdot W_{op}(\omega_c).$$

Условия гармонического баланса по ЛЧХ системы отопления:

$$W_1 = W_{op} \cdot W_{p1}; W_2 = W_{op} \cdot W_{p2};$$

$$W_{p1} \text{ — при } T_{и} = 150; W_{p2} \text{ — при } T_{и} = 5.$$

Соответствующие этим условиям амплитудно-частотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ) характеристики системы отопления представлены на рис. 6.

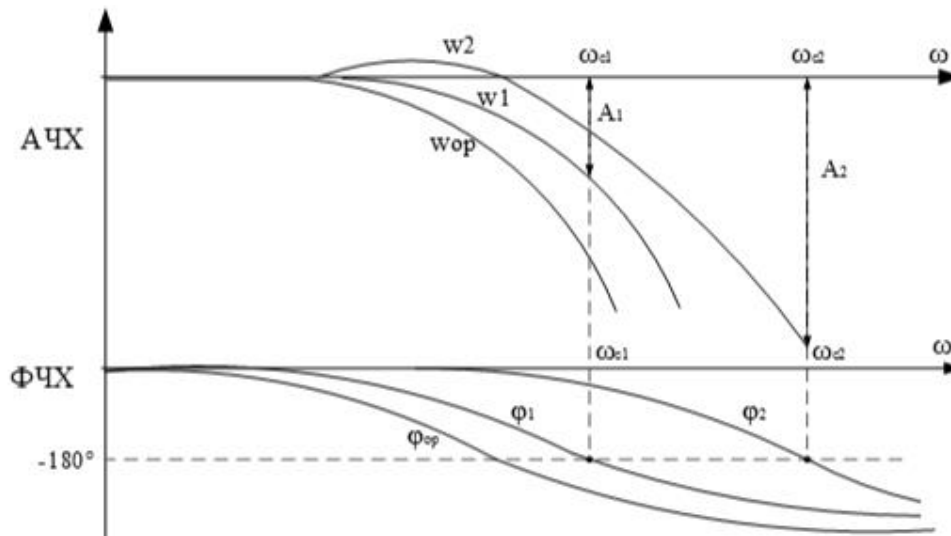


Рис. 6. АЧХ и ФЧХ с различными параметрами регулятора

При изменении параметров регулятора, условие гармонического баланса перемещается в зону более высоких частот и меньших амплитуд (см. рис. 6). Аналогично тому, что наблюдалось в эксперименте, объект управления – отапливаемое здание – имеет «падающую» частотную характеристику с «отстающей» фазой.

Заключение

1. Идентификация регулятора по разработанной методике даёт достаточно точные представления о нём, чтобы существенно скорректировать процессы регулирования в системе отопления.
2. Отапливаемые здания можно идентифицировать звеньями не выше третьего порядка в частотном диапазоне, достаточном для эффективной коррекции.
3. Коррекция процессов регулирования позволит добиться снижения амплитуды автоколебаний температуры теплоносителя на 5–10 °С, что соответствует снижению исходной температуры на 10 °С и снижению энергопотребления на 10 %.

Литература

1. Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу / под ред. чл.-корр. А.В. РАН Клименко; принята Департаментом Госэнергонадзора РФ. – М., 2002.
2. ECL Comfort 200. Руководство пользователя. – http://www.danfoss-rus.ru/catalog/sections_files/VI7BC550_P30.pdf.
3. 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.

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

Балденков Александр Александрович, аспирант кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, Южно-Уральский государственный университет; инженер, ООО «КОСТЕС», г. Челябинск; baloo@mail.ru.

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

Поступила в редакцию 7 мая 2015 г.

DOI: 10.14529/ctcr150320

CORRECTION OF THE REGULATORY PROCESS IN HEATING SYSTEMS BY PARAMETERS OF THE ECL COMFORT 200

*V.L. Kodkin, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, kodkina2@mail.ru,
A.S. Anikin, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, anikinsasha@gmail.com,
A.A. Baldenkov, South Ural State University, LLC "COSTES", Chelyabinsk, Russian Federation,
baloo@mail.ru,
A.Yu. Kachalin, South Ural State University, Scientific and Production Firm "Vostok-Zapad",
Chelyabinsk, Russian Federation, vincent_v@inbox.ru*

The development of energy-saving measures in the field of municipal services is the very important and necessary part of both the development of new heating systems and direct exploitation of existing ones.

Wide application of automatic regulators in thermal systems identified a number of problems. The processes of change of the coolant temperature in such systems are oscillatory. Experimental identification of the most frequently used controllers for heating systems such as ECL Comfort (produced by Danfoss), Vitotronic (produced by Viessmann), 90S (produced by ESBE), showed that a method based on the identification as dynamic nonlinear regulators may be the only possible option of data correction of regulators.

The article presents the experimental studies in real heating system to identify potential opportunities of optimization of resources the consumption. The results of the study are complemented by theoretical analysis of the dynamics in heating systems based on the method of harmonic balance, which will qualitatively define the change character of the set of regulatory processes.

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

References

1. *Kontseptsiya razvitiya teplosnabzheniya v Rossii, vklyuchaya kommunalnuyu energetiku, na srednesrochnoy perspective* [The Concept of Heat Supply Development in Russia, Including Utility Power, in the Medium Term]. Department of State Power Inspection Russian Federation. Edited by Klimenko A.V. Moscow, 2002.

2. *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).

3. Суркин Y.Z. *Osnovy teorii avtomaticheskikh sistem* [Fundamentals of the Theory of Automatic Systems]. Moscow, 1977. 560 p.

Received 7 May 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Коррекция процессов регулирования в системах теплоснабжения параметрами регулятора ECL Comfort 200 / В.Л. Кодкин, А.С. Аникин, А.А. Балденков, А.Ю. Качалин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 157–162. DOI: 10.14529/ctcr150320

FOR CITATION

Kodkin V.L., Baldenkov A.A., Kachalin A.Yu., Anikin A.S. Correction of the Regulatory Process in Heating Systems by Parameters of the ECL Comfort 200. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 157–162. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr150320
