
ISSN 2306-1561

Automation and Control in Technical Systems (ACTS)

2014, No 1.2(9), pp. 61-69.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-19



Research of stability and quality of Automated Control System for thermoelectric object with using log-frequency method

Nikolaev Andrey Borisovich

Russian Federation, Honoris Causa, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty «Control Systems».

State Technical University - MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

nikolaev.madi@mail.ru

Ni Zaw

Republic of the Union of Myanmar, Postgraduate Student, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University - MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

nizaw.miet@gmail.com

Abstract. The article describes that, calculation of log-frequency method of automatic control system for thermoelectric object. As a result of computer simulation shows that the estimates of stability and quality of transient response ACS for thermoelectric object by calculating log-frequency method and using different regulation laws.

Keywords: thermoelectric object, log-frequency method (bode plot), temperature control system, automatic control system.

ISSN 2306-1561

Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)

2014. – №1.2(9). – С. 61-69.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-19



УДК 681.51.01

Исследование устойчивости и качества системы автоматического управления термоэлектрическим объектом с помощью частотного метода

Николаев Андрей Борисович

Российская Федерация, Лауреат премии правительства РФ, Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, декан факультета «Управление».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

nikolaev.madi@mail.ru

Ни Зо

Республика Союз Мьянма, аспирант кафедры «Автоматизированные системы управления».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

nizaw.miet@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются частотные методы анализа систем автоматического управления термоэлектрическим объектом. Проведено компьютерное моделирование и показано, что оценки запасов устойчивости и показатели качества системы автоматического управления (САУ) с исследуемым объектом по ЛЧХ разомкнутой системы при различных законах регулирования.

Ключевые слова: логарифмические частотные характеристики (ЛЧХ), термоэлектрический объект, теория автоматического управления (ТАУ), система регулирования температуры.

1. Введение

В настоящее время весьма актуальной является задача повышения надежности работы термоэлектрических объектов, которые получили широкое распространение в

полупроводниковой технике, радиоэлектронике, электроэнергетике, бытовой технике. Термоэлектрические приборы находят широкое применение, как в быту, так и во многих областях науки и техники. В данной статье проводится исследование системы устойчивости и качества САУ термоэлектрическим объектом [1, 5, 7 - 15].

2. Математическое описание объекта управления

Качество анализа и синтеза частотных методов САУ состоит в том, что частотные характеристики разрешают легко выявлять воздействие того или иного параметра на объект динамической системы (переходной процесс, устойчивость). Затем, частотные характеристики можно оценить экспериментально [10]. Это важно в тех случаях, когда трудно составить уравнения динамики системы (например - для системы с распределенными параметрами). Частотные характеристики термоэлектрического объекта управления формируются на основании их передаточных функций. В данной статье математическое описание термоэлектрического объекта управления (ОУ) в виде передаточной функции получено в результате идентификации по экспериментальной временной характеристике $h(t)$ термоэлектрического объекта [1 - 5, 7]:

$$W_o(p) = K_o/T_o.p+1,$$

где $K_o = 10,3 K/B$ – коэффициент передачи объекта управления, $T_o = 960 c$ – постоянная времени объекта. В этом случае, применение частотных методов позволяет оценить, как запасы устойчивости (по амплитуде L_h и по фазе γ), так и основные показатели качества (время регулирования tr и перерегулирование σ) [6].

Рассмотрим статическую систему, в которой управление происходит по пропорциональному закону (П-закон). Передаточные функции регулятора или устройства управления $W_{yy}(p)$, объекта управления $W_{об}(p)$, датчика $W_{Дат}(p)$ и в целом разомкнутой САУ $W_{раз}(p)$ приведены ниже. На рисунке 1 приведены логарифмические частотные амплитудная $L(\omega)$ и фазовая $\varphi(\omega)$ характеристики системы при постоянных времени объекта $T_o = 1/\omega l = 960 c$ и датчика $T_{Дат} = 1/\omega^2 = 2 c$ и общем коэффициенте усиления САУ $K_c = 50$. Как видно из рисунка 1, частота среза при таких параметрах небольшая $\omega_{ср} = 0,05 c^{-1}$, запасы устойчивости достаточные ($\gamma = 90^\circ$; $L_h \rightarrow \infty$), что позволяет оценить быстродействие и колебательность системы. $tr \approx 4\pi/\omega_{ср} = 240 c$; $\sigma < 13\%$. Как известно, статическая ошибка САУ определяется величиной коэффициента усиления согласно формуле:

$$\varepsilon_{уст} = \frac{A}{1 + K_c} \approx \frac{A}{K_c} \tag{1}$$

Если на вход системы подается типовой сигнал $A \cdot I(t)$ и его амплитуда $A = I$ (усл. ед), то $\varepsilon_{уст} = 1/50 = 0,02$ (усл. ед) при $K_c = 50$. Если необходимо статическую ошибку уменьшить, то КП надо увеличить, увеличивается при этом K_c , вследствие чего $L(\omega)$ перемещается вверх параллельно исходному состоянию, увеличивается величина $\omega_{ср}$.

Но при этом уменьшается запас устойчивости по фазе, что может привести к росту колебательности и времени переходного процесса.

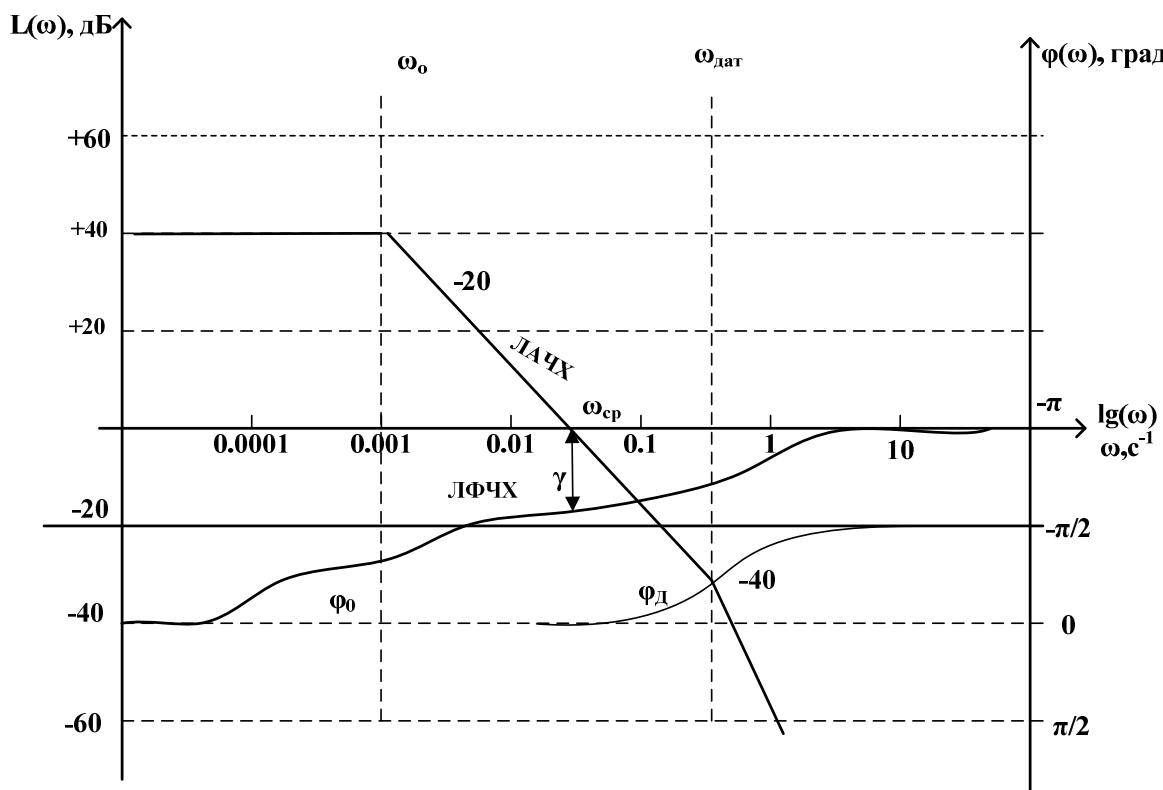


Рисунок 1 - ЛЧХ САУ термоэлектрическим объектом с П-регулятором

Передаточные функции управляющего устройства $W_{УУ}(p)$, датчика $W_{дат}(p)$ и в целом разомкнутой САУ $W_{раз}(p)$ имеют вид:

$$W_{УУ}(p) = K_{П}; W_{дат}(p) = \frac{K_{дат}}{1 + T_{дат} \cdot p}; W_{раз}(p) = \frac{K_c}{(T_o \cdot p + 1) \cdot (T_{дат} \cdot p + 1)} \quad (2)$$

где $K_c = K_{П} \cdot K_o \cdot K_{дат} = 50$.

Рассмотрим астатическую систему, в которой управление происходит по ПИ-закону. Передаточные функции регулятора или устройства управления $W_{УУ}(p)$, объекта управления $W_{об}(p)$, датчика $W_{дат}(p)$ и в целом разомкнутой САУ $W_{раз}(p)$ приведены:

$$W_{раз}(p) = \frac{K_o \cdot K_{дат} \cdot (T_y \cdot p + 1)}{T_{и} \cdot p \cdot (T_o \cdot p + 1) \cdot (T_{дат} \cdot p + 1)} \quad (3)$$

На рисунке 2 приведены ЛАЧХ и ЛФЧХ при тех же значениях постоянных времени T_o и $T_{дат}$, что в предыдущих вариантах закона управления. Постоянная времени интегрирования $T_{и} = 10$ с. Общий коэффициент усиления (или передачи)

САУ $K_c = \frac{K_o \cdot K_{дат}}{T_{и}} = 0,5 \text{ c}^{-1}$. Как видно из рисунка 2, частота среза при таких параметрах:

$$\omega_{cp} = 0,2 \text{ c}^{-1};$$

$$\omega_1 = 1/T_0 = 0,001 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_2 = 1/T_{дат} = 0,5 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_3 = 1/T_y = 0,002 \text{ с}^{-1}.$$

Запасы устойчивости при этом достаточно большие ($\gamma = 50^\circ$; $Lh \rightarrow \infty$).

Показатели качества переходного процесса: $t_p \approx 60 \text{ с}$, $\sigma < 13\%$.

Статическая ошибка САУ будет равна нулю при любом коэффициенте усиления, поэтому величина K_c варьируется при необходимости изменения t_p и σ .

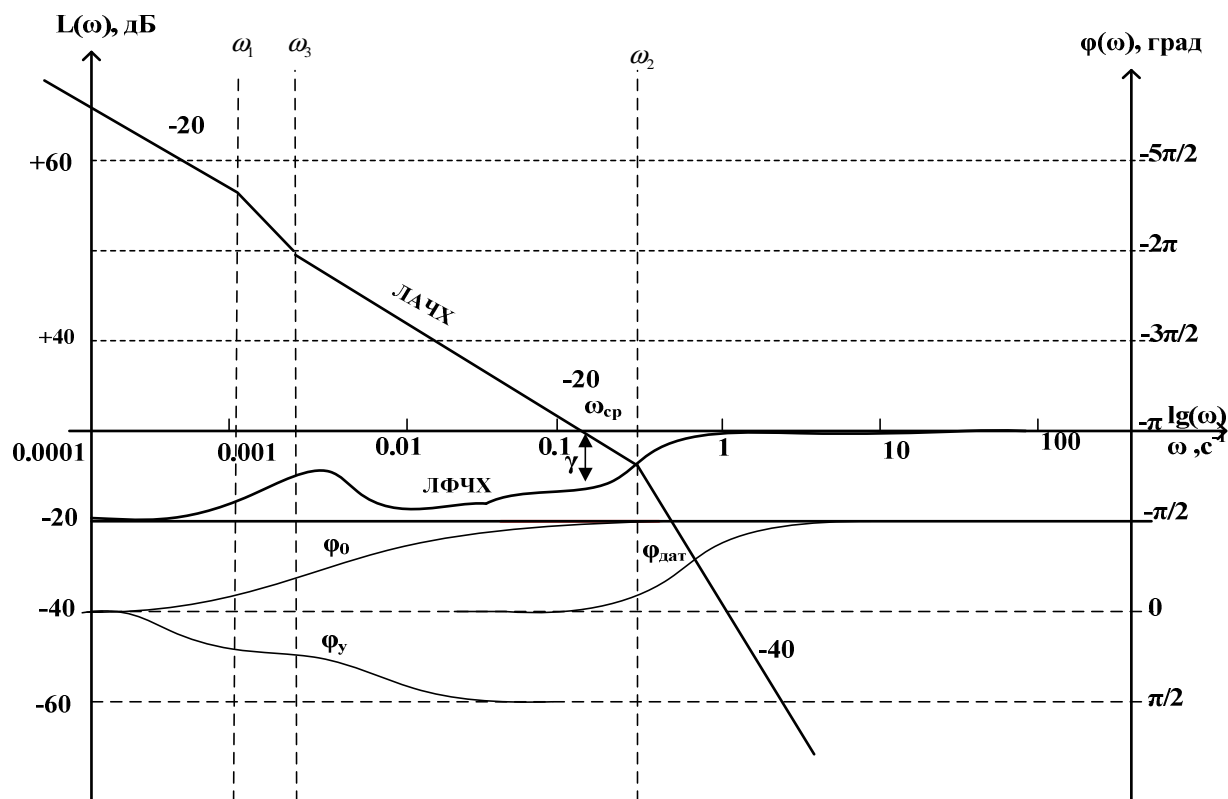


Рисунок 2 - ЛЧХ САУ термoeлектрическим объектом с ПИ-регулятором

3. Компьютерное моделирование САУ термoeлектрическим объектом

Такое математическое описание дает возможность использовать его в программных пакетах МОДОС и Matlab. Для моделирования переходных процессов показатели качества САУ термoeлектрическим объектом в данной работе будет использован пакет Matlab. Структурная математическая модель статической системы управления термическим оборудованием в объекте управления (ОУ) с П - пропорциональным законом регулирования показана на рисунке 3.

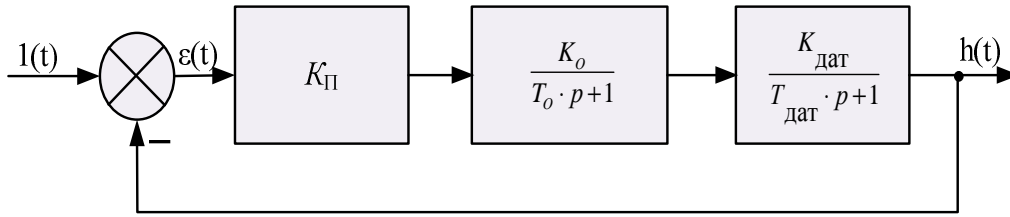


Рисунок 3 - Структурная математическая модель системы управления термическим оборудованием с П - законом регулирования

Схема моделирования с П-регулятором показана на рисунке 4, а переходные процессы для неё приведены на рисунках 5 (а и б). Полученные результаты по определению переходных процессов в САУ приведены в таблице 1.

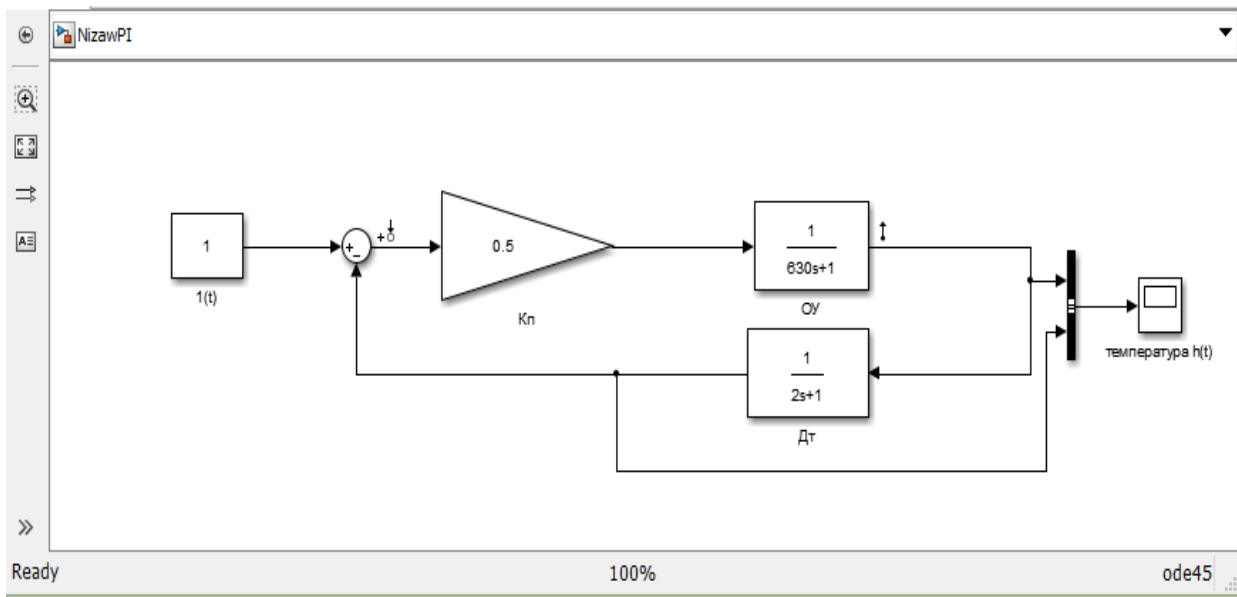
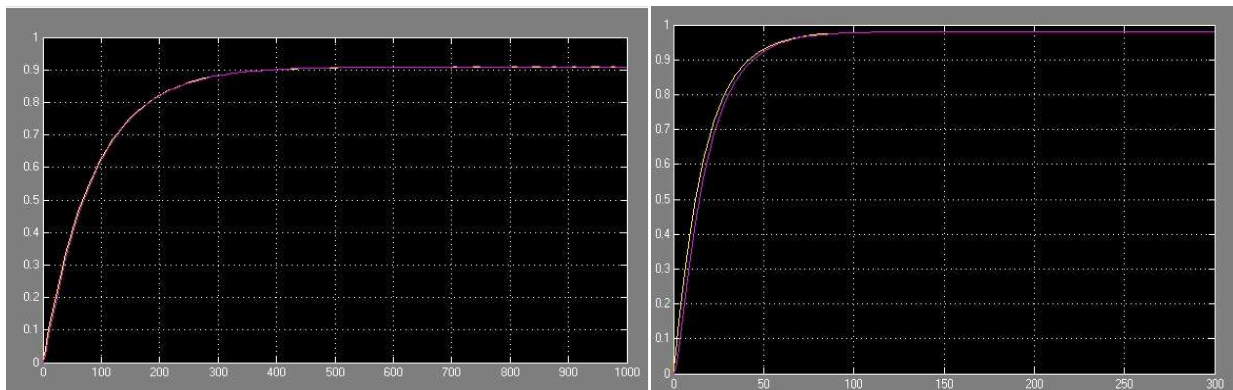


Рисунок 4 - Схема моделирования системы управления термическим оборудованием с П-законом регулирования



а) $K_C = 10$

б) $K_C = 50$

Рисунок 5 - Переходные процессы в системе управления термическим оборудованием с П-законом

Таблица 1 - Показатели качества П-регулятора

	$K_C=10$	$K_C=50$
t_p, c	243	65
$\sigma, \%$	0	0
$\epsilon_{уст}$	0,1	0,98

Далее, рассматривается структурная математическая модель непрерывной системы управления термическим оборудованием с пропорционально – интегральным (ПИ) законом регулирования. Структурная схема разработанной САУ представлена на рисунок 6.

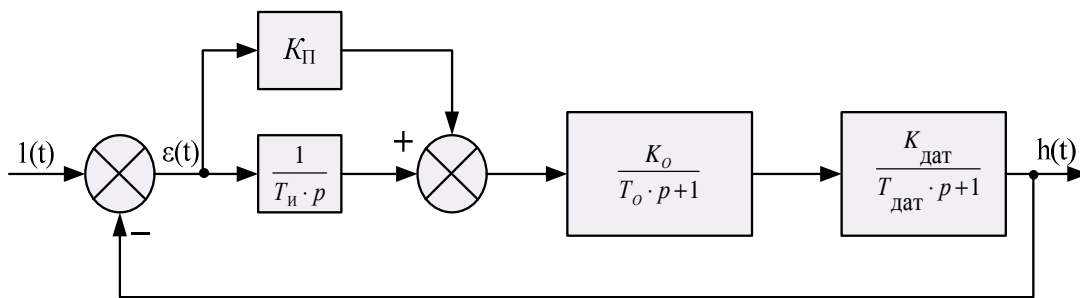


Рисунок 6 - Структурная математическая модель системы управления термическим оборудованием с ПИ - законом регулирования

Схема моделирования с П-регулятором показана на рисунке 7, а переходные процессы для неё приведены на рисунке 8 (а и б). Полученные результаты по определению переходных процессов в САУ приведены в таблице 2.

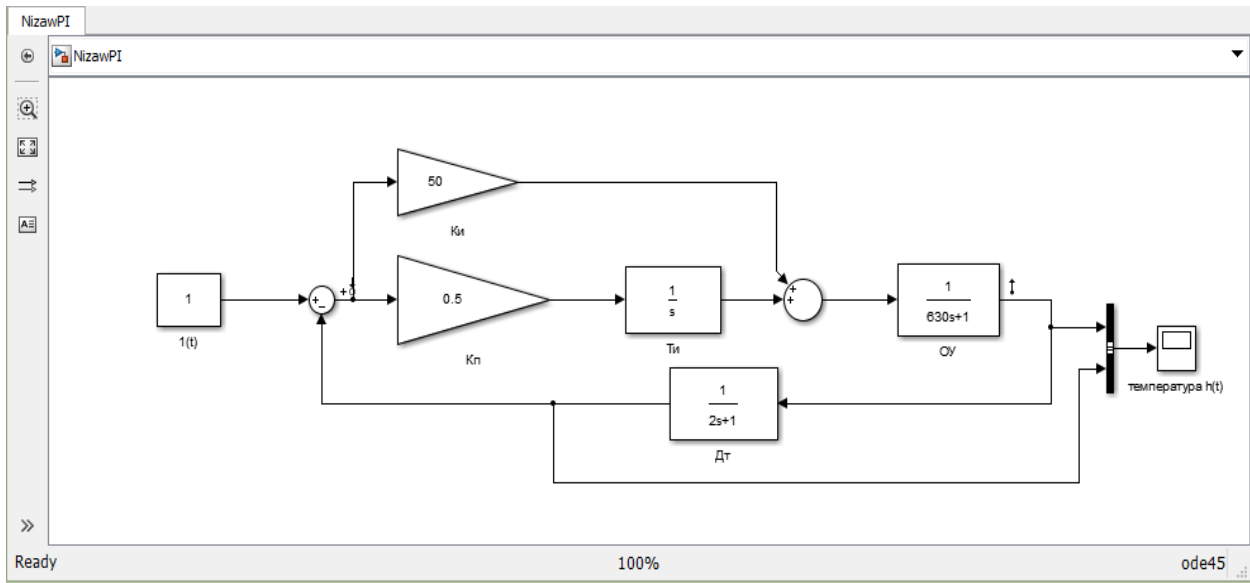


Рисунок 7 - Схема моделирования системы управления термическим оборудованием с П-законом

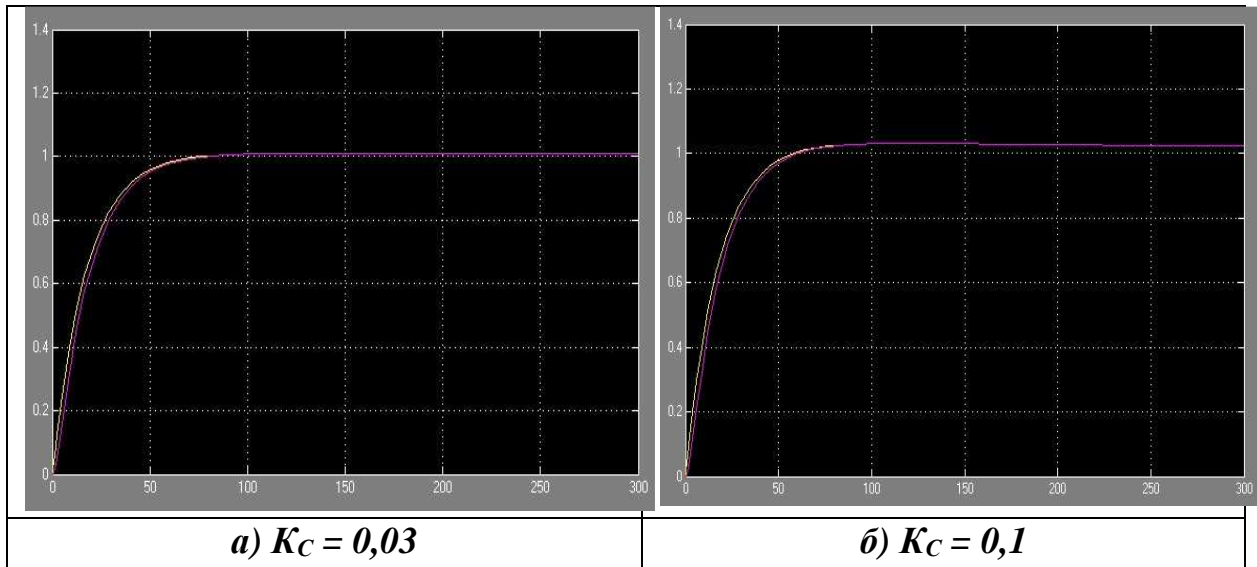


Рисунок 8 - Переходные процессы в системе управления термическим оборудованием с П-законом

Таблица 2 - Показатели качества П-регулятора

	$K_C=0,03$	$K_C=0,1$
t_p, c	74	57
$\sigma, \%$	0	1,5
$\epsilon_{уст}$	0	0

4. Заключение

Проведен анализ устойчивости и показателей качества САУ термоэлектрическим объектом в линейном приближении. Показано, что для управления термоэлектрическим объектом идентификации могут быть рекомендованы классические законы регулирования: П, ПИ. В результате использования ПИ-регулятора, переходной процесс происходит по сравнению с П - регулятором с несколько большей величиной перерегулирования, но уменьшается время регулирования.

Список информационных источников

- [1] Пилипенко В.А. Быстрые термообработки в технологии СБИС. Мн.: Изд. центр БГУ. – 2004. - С. 240.
- [2] Ни Зо. Использование нечетких регуляторов в системах управления технологическими процессами при производстве полупроводниковых микросхем // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 2. –С. 22-28. URL: auts.esrae.ru/2-18 (дата обращения: 22.12.2013).
- [3] Ни Зо, Николаев А.Б. моделирование полупроводниковых микросхем с использованием термоэлектрического способа // Автоматизация и управление в

- технических системах. – 2012. – № 2. – С. 28-38. URL: auts.esrae.ru/2-19 (дата обращения: 22.12.2013).
- [4] Николаев А.Б., Ни Зо. Исследование системы автоматического управления термоэлектрическим объектом // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 4.1. - С. 113-120. DOI: 10.12731/2306-1561-2013-4-18.
- [5] Николаев А.Б., Ни Зо. Моделирование процессов распространения тепла в термоэлектрических материалах // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.1. С. 3-13. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-1.
- [6] Теория автоматического управления. / Под редакцией А.А. Воронова: в 2-х ч. - М.: Высшая школа, 1986. Ч.1: Теория линейных систем автоматического управления. - 367 с.
- [7] Остроух А.В. Основы построения систем искусственного интеллекта для промышленных и строительных предприятий: монография / А.В. Остроух. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2008. - 280 с. - ISBN 978-5-94385-033-2.
- [8] Остроух А.В. Информационные технологии в научной и производственной деятельности / [ред. А.В. Остроух] - М: ООО "Техполиграфцентр", 2011. - 240 с. - ISBN 978-5-94385-056-1.
- [9] Остроух А.В. Ввод и обработка цифровой информации: учебник для нач. проф. образования / А.В. Остроух. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 288 с. - ISBN 978-5-7695-9457-1.
- [10] Остроух А.В. Исследование начального периода моделирования на точность среднеинтегральной оценки имитационных моделей / А.В. Остроух, А.А. Солнцев, Н.В. Солдатов, К.А. Новицкий, П.С. Якунин // Вестник МАДИ. – 2010. - Вып. 2(21). - С. 61-65.
- [11] Остроух А.В. Системы искусственного интеллекта в промышленности, робототехнике и транспортном комплексе: монография / А.В. Остроух - Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013. – 326 с. - ISBN 978-5-906314-10-9.
- [12] Nickolayev A.B., Ostroukh A.V., Zamytskikh P.V., Gubanov A.I. Automated system of oil quantity and quality indexes estimation // EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY. – 2011. – № 3 – С. 96-98.
- [13] Остроух А.В., Тянь Юань. Современные методы и подходы к построению систем управления производственно-технологической деятельностью промышленных предприятий // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3). – С. 29-31.
- [14] Остроух А.В. Интеграция компонентов системы мониторинга / А.В. Остроух, Юань Тянь // Молодой ученый. – Чита: ООО «Издательство Молодой ученый», 2013. - №10. - С. 182-185.
- [15] Остроух А.В., Николаев А.Б., Сальный А.Г., Кухаренко В.Н. Общие принципы построения SCADA-систем // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2(4). – С. 8-12.