

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ
В САР ТЕМПЕРАТУРЫ С РЕЛЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов, обучающихся по направлениям
210100 «Электроника и наноэлектроника»
и 201000 «Биотехнические системы и технологии»

Составитель **О.С. Вадутов**

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 621.078

Исследование автоколебаний в САР температуры с релейным регулятором: метод. указания к выполнению лаб. работы для студентов, обучающихся по направлениям 210100 «Электроника и нанoeлектроника» и 201000 «Биотехнические системы и технологии» / сост. О.С. Вадутов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 9 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры промышленной и медицинской электроники « 26 » марта 2012 года, протокол № 10.

Зав. кафедрой ПМЭ,
доктор технических наук,
профессор

_____ *Г.С. Евтушенко*

Рецензент

Кандидат технических наук
доцент кафедры ПМЭ ТПУ
А.Ф. Готов

Цель работы. Целью лабораторной работы является изучение принципа действия релейных САР с регулятором типа «открыто-закрыто» и исследование автоколебательного режима в САР температуры электрической нагревательной печи.

10.1. Принцип действия релейного регулятора

Во многих САР с целью их упрощения вместо линейных усилителей, воздействующих на исполнительное устройство или непосредственно на объект управления, используются релейные элементы. Выходная величина релейного элемента изменяется скачком в моменты времени, когда его входная величина проходит через определенные фиксированные значения. Благодаря простоте и быстродействию релейные системы нашли широкое применение в различных областях техники.

Релейные САР по особенностям их работы можно разделить на две группы. К первой группе релейных САР относят системы с постоянной скоростью исполнительного устройства. В этих системах воздействие на регулирующий орган объекта имеет постоянную скорость, не зависящую от значения входного сигнала релейного элемента.

Вторую группу образуют системы с регуляторами типа «открыто-закрыто», в которых управляющее воздействие принимает два (обычно минимальное и максимальное) значения. Такие регуляторы принято называть *двухпозиционными*. Они используются, например, в холодильниках, термостатах, преобразователях для зарядки аккумуляторов, нагревателях воды и многих других устройствах. Рассмотрим принцип работы таких систем на примере САР температуры, схема которой показана на рис. 10.1.

В электрической печи используется нагревательный элемент, который нагревается при прохождении по нему тока. Температура печи θ измеряется ртутным термометром 1, в который впаяны два контакта 2 и 3. При повышении температуры выше установленной величины столбик ртути замыкает цепь реле 4. Реле срабатывает и отключает электрический нагреватель. После этого температура начнет понижаться. При температуре ниже установленной величины столбик ртути размыкает контакты 2 и 3. Цепь реле 4 размыкается, электрический нагреватель 6 подключается к сети через контакты 5. Температура начинает повышаться. Этот процесс повторяется непрерывно.

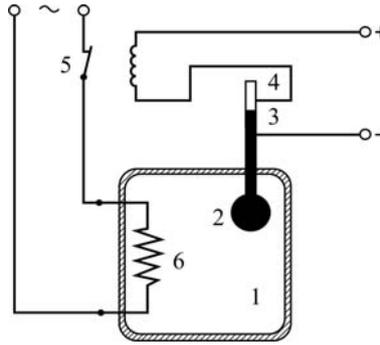


Рис. 10.1. Простейшая САР температуры с двухпозиционным регулятором

Электрические печи сопротивления относятся к объектам с самовыравниванием, которые обладают способностью восстанавливать равновесие между притоком и стоком вещества (энергии) за счёт изменения регулируемой переменной вследствие внутренней отрицательной обратной связи. Поэтому при невысоких требованиях к точности управления применяют дискретные методы регулирования, в частности двухпозиционное регулирование.

10.2. Анализ процессов в САР температуры с двухпозиционным релейным регулятором

Операторно-структурная схема релейной системы (рис. 10.2, а) состоит из двухпозиционного релейного элемента РЭ с гистерезисом и линейной части ЛЧ. Статическая характеристика двухпозиционного релейного элемента представлена на рис. 10.2 в двух вариантах: 1) входная величина РЭ представляет собой отклонение ε (рис. 10.2, б); 2) в качестве входной переменной принята регулируемая величины θ (рис. 10.2, в).

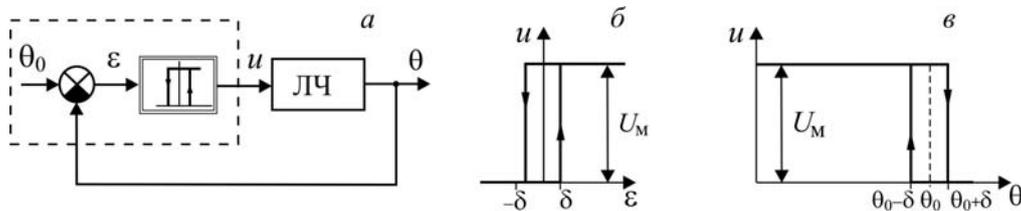


Рис. 10.2. Система с релейным регулятором:
а – операторно-структурная схема;
б, в – статические характеристики релейного элемента

Статическая характеристика двухпозиционного релейного элемента описывается выражением

$$u = \begin{cases} U_M & \text{при } (\varepsilon > \delta \text{ и } \dot{\varepsilon} > 0) \text{ или } (\varepsilon > -\delta \text{ и } \dot{\varepsilon} < 0); \\ 0 & \text{при } (\varepsilon < \delta \text{ и } \dot{\varepsilon} > 0) \text{ или } (\varepsilon < -\delta \text{ и } \dot{\varepsilon} < 0), \end{cases}$$

если в качестве входной величины релейного элемента рассматривается отклонение $\varepsilon = g - \theta$, и выражением

$$u = \begin{cases} U_M & \text{при } (\theta < \theta_0 + \delta \text{ и } \dot{\theta} > 0) \text{ или } (\theta < \theta_0 - \delta \text{ и } \dot{\theta} < 0); \\ 0 & \text{при } (\theta > \theta_0 + \delta \text{ и } \dot{\theta} > 0) \text{ или } (\theta > \theta_0 - \delta \text{ и } \dot{\theta} < 0), \end{cases}$$

если входной величиной релейного элемента является регулируемая величина θ).

Настроечными параметрами двухпозиционного релейного регулятора являются параметр δ , определяющий ширину петли гистерезиса статической характеристики, и максимальное значение U_M выходной величины релейного элемента.

Будем считать, что объект регулирования описывается дифференциальным уравнением первого порядка с чистым запаздыванием и различными постоянными времени на интервалах нагрева и остывания:

$$T_1 \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = k_0 U_M;$$

$$T_2 \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = 0.$$

Графики изменения температуры при релейном регулировании показаны на рис. 10.3.

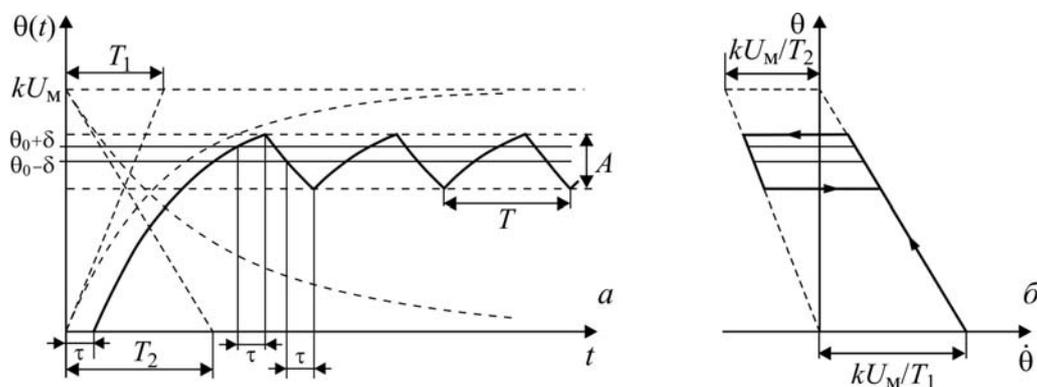


Рис. 10.3. Процессы в системе с релейным регулятором:

а – выход в режим автоколебаний; б – отображение на фазовой плоскости $\dot{\theta}, \theta$

При включении системы на нагревательный элемент подается напряжение, равное U_M . Из-за того что объект управления обладает запаздыванием изменение температуры начинается с момента времени $t = \tau$. В момент времени, когда температура достигает значения

$\theta = \theta_0 + \delta$, происходит отключение нагревательного элемента от источника питания. Однако вследствие тепловой инерции объекта температура будет возрастать еще в течение интервала времени, равного τ , а затем начнет падать. В момент времени, когда температура становится равной $\theta = \theta_0 - \delta$, нагревательный элемент подключается. Но, благодаря тепловой инерции объекта, уменьшение температуры продолжается ещё в течение интервала времени длительностью τ . После этого температура начинает повышаться.

Установившимся режимом работы САР с релейными регуляторами является режим автоколебаний. Основными показателями, характеризующими качество регулирования, являются параметры автоколебаний: размах A и период T (или частота ω) автоколебаний. При заданных параметрах объекта управления размах A и период T автоколебаний зависят только от параметров релейного регулятора.

Для повышения качества процесса управления в релейных системах используется внутренняя обратная связь, охватывающая релейный элемент. В цепь внутренней обратной связи обычно вводят апериодические звенья.

В лабораторной работе исследуется релейная система, операторно-структурная схема которой показана на рис. 10.4. С целью упрощения принято, постоянные времени нагрева и остывания объекта управления равны. Тогда передаточная функция объекта имеет вид

$$W_o(s) = \frac{k_o e^{-\tau s}}{T_o s + 1}.$$

В цепи внутренней обратной связи, охватывающей релейный элемент, включено апериодическое звено первого порядка с передаточной функцией

$$W_{oc}(s) = \frac{k_{oc}}{T_{oc} s + 1}.$$

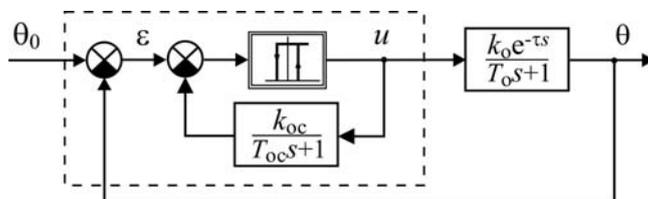


Рис. 10.4. Операторно-структурная схема САР температуры с релейным регулятором

10.3. Выполнение лабораторной работы

Методические указания

Схема моделирования исследуемой системы изображена на рис. 11.3. При показанном положении ручного переключателя **Manual Switch** исследуются автоколебательные процессы при отсутствии дополнительной обратной связи, охватывающей релейный элемент. Для того чтобы наблюдать изменение сигнала ошибки, управляющего воздействия и выходной переменной во времени, используется виртуальный осциллограф **Scope**. Фазовые траектории на плоскости $(\dot{\theta}, \theta)$ строятся с помощью виртуального графопостроителя **XY Graph**.

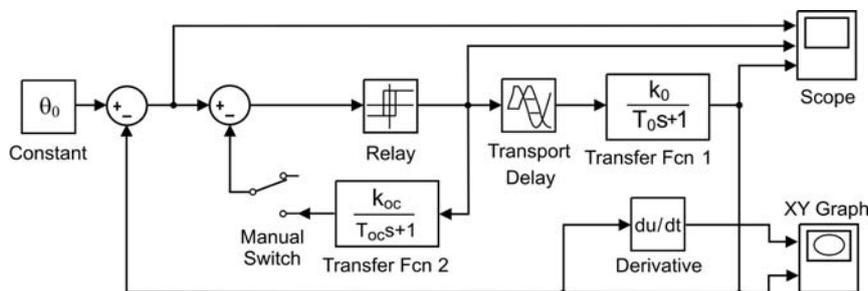


Рис. 10.5. Схема моделирования САР температуры с релейным регулятором

При переводе переключателя **Manual Switch** в противоположное состояние вводится инерционная обратная связь, охватывающая релейный элемент.

Целью исследования является исследование зависимости показателей, характеризующих установившийся автоколебательный процесс (постоянной составляющей, размаха и периода) от параметров релейного регулятора.

Примечание. Параметры объекта управления (коэффициент передачи k_0 , постоянная времени T_0 , запаздывание τ) и максимальное значение U_M релейного элемента задаются преподавателем.

Программа

1. Составить в среде MatLab/Simulink модель системы согласно схеме (см. рис. 10.5) с заданными значениями параметров объекта управления и параметром U_M релейного элемента.

2. Исследовать автоколебательный процесс в системе при отсутствии внутренней обратной связи, охватывающей релейный элемент. Определить постоянную составляющую ошибки регулирования, размах и период автоколебаний.

3. Изменить модель системы, введя внутреннюю обратную связь. Подобрать параметры апериодического звена в цепи внутренней обратной связи таким образом, чтобы параметры автоколебательного процесса удовлетворяли заданным вами требованиям.

4. Изменяя значение коэффициента передачи k_0 апериодического звена в сторону уменьшения и увеличения от того значения, которое было установлено в п. 3, исследовать его влияние на параметры автоколебаний.

5. Изменяя значение постоянной времени T_0 апериодического звена в сторону уменьшения и увеличения от того значения, которое было установлено в п. 3, исследовать её влияние на параметры автоколебаний.

6. Внести изменения в модель объекта управления таким образом, чтобы постоянные времени остывания была в два раза больше, чем постоянная времени нагрева. Исследовать автоколебательный процесс.

10.4. Контрольные вопросы

1. Чем отличаются двухпозиционные и трехпозиционные релейные элементы?

2. Поясните термин «переключение релейного элемента».

3. Как работает и к какой группе относится релейный терморегулятор электроутюга?

4. Дайте понятие автоколебательного режима.

5. Как по фазовому портрету нелинейной системы определить наличие автоколебаний?

6. Объясните принцип действия внутренней обратной связи, охватывающей релейный элемент.

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ В САР ТЕМПЕРАТУРЫ С РЕЛЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

**Методические указания
к выполнению лабораторной работы**

Составитель

ВАДУТОВ Олег Самигулович

Авторская редакция

Подписано к печати . Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать Херох. Усл.печ.л. 0,52. Уч.-изд.л. 0,47.

Заказ . Тираж экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru