

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего
и профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан АВТФ

_____ С. А. Гайворонский
« ____ » _____ 2010 г.

ИЗУЧЕНИЕ ДВУХПОЗИЦИОННОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ

методические указания к выполнению лабораторной работы № 502
по курсу «Элементы и устройства систем управления» для студентов
направления 550200 «Автоматизация и управление» и специальности
220201 «Управление и информатика в технических системах»

Издательство
Томского политехнического университета
Томск 2012

УДК 681.3

ИЗУЧЕНИЕ ДВУХПОЗИЦИОННОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ.

Методические указания к выполнению лабораторной работы № 502 по курсу «Элементы и устройства систем управления» для студентов направления 550200 «Автоматизация и управление» и специальности 220201 «Управление и информатика в технических системах»/ Составитель В. В. Курганов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 13 с.

Рецензент доцент кафедры АиКС, к.т.н. В. И. Коновалов

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изучению методическим семинаром кафедры автоматики и компьютерных систем
Протокол № «___» от «___» _____ 2012 г.

Зав. кафедрой,
профессор, д.т.н.

Г. П. Цапко

Содержание

	стр.
1 Цель работы	4
2 Измеритель-регулятор температуры ТРМ251	4
3 Краткая теория двухпозиционного регулирования	4
3.1 Общие сведения.	4
3.2 Факторы, влияющие на качество регулирования	6
4 Аппаратура лабораторной установки	8
5 Задание и методические указания на выполнение работы	10
6 Содержание отчёта	11
7 Контрольные вопросы	11
8 Литература	11
Приложение 1	12

1 Цель работы

Целью работы является изучение двухпозиционных регуляторов температуры и способов повышения качества при двухпозиционном регулировании.

Двухпозиционное регулирование является одним из наиболее широко используемых видов автоматического регулирования. Особенно широко двухпозиционные регуляторы применяются для регулирования температуры электрических печей и других установок с электронагревом. Двухпозиционные регуляторы используются также для регулирования таких параметров, как, уровень, давление, влажность, величины рН, концентрации веществ в газообразных и жидких средах и т.д. Несмотря на свои неоспоримые достоинства (простоту конструкции, надёжность работы, простоту обслуживания и настройки), двухпозиционные регуляторы обладают и существенным недостатком: регулируемая величина при их применении претерпевает непрерывные колебания, так как автоколебательный режим является нормальным режимом работы двухпозиционных регуляторов. При больших запаздываниях в системе амплитуды колебаний регулируемой величины могут быть недопустимо большими, что ограничивает область применения двухпозиционных регуляторов.

В настоящей работе исследуется двухпозиционный ТРМ251, выпускаемый производственным объединением «ОВЭН» г. Москва.

2 Измеритель-регулятор температуры ТРМ251

Подробно ознакомиться с назначением, техническими характеристиками, устройством и принципом работы и программированием прибора можно в документе «ТРМ251. Измеритель-регулятор двухканальный. Руководство по эксплуатации»

3 Краткая теория двухпозиционного регулирования

3.1 Общие сведения

В двухпозиционном регулировании стабилизация наблюдаемого параметра осуществляется за счёт релейного изменения управляющего воздействия при достижении параметром заданного значения. Функциональная схема системы стабилизации температуры представлена на рисунке 3.1.

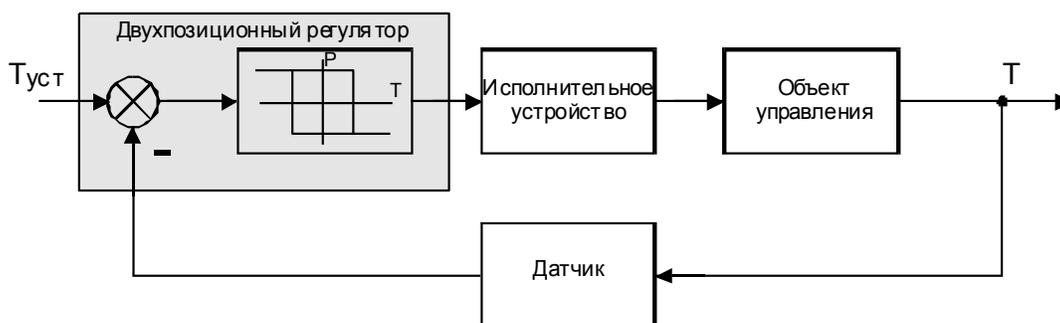


Рисунок 3.1 - Функциональная схема системы стабилизации температуры

Регулятор сравнивает текущую температуру T , которая измеряется с помощью термосопротивления, с уставкой и в зависимости от знака рассогласования формирует управляющее воздействие на исполнительный механизм. Изменение температуры теплового объекта достигается изменением времени включения нагревателя.

В частности, при стабилизации температуры происходит включение нагревателя при уменьшении температуры меньше заданной с отключением последующим отключением при достижении объектом заданной температуры. Отключение нагревателя может сопровождаться включением принудительного охлаждения, как показано на рисунке 3.2. На рисунке 3.2 через P обозначена подводимая к объекту мощность. В случае нагрева она положительная, в случае охлаждения отрицательная.

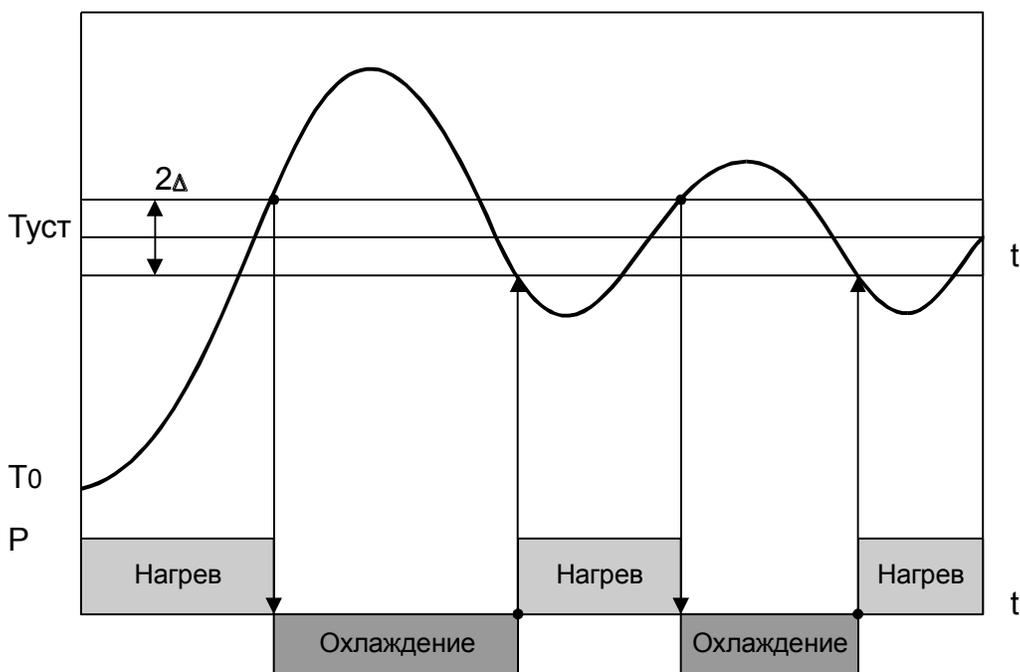


Рисунок 3.2 - График переходного процесса при двухпозиционном регулировании

Уравнение теплового объекта запишем в следующем виде:

$$C \frac{dT}{dt} = Q_{\text{пр}} - Q_{\text{от}}, \quad (3.1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – приток энергии;

$Q_{\text{от}}$ – отток энергии;

T – температура объекта;

t – время;

C – тепловая ёмкость объекта ($C = c \cdot m$, где c – удельная теплоёмкость, а m – масса объекта).

Рассмотрим общий случай – процесс регулирования с запаздыванием и диапазоном нечувствительности. Будем рассматривать регулирование температуры объекта, характеризуемого уравнением (1.1), с условием зависимость оттока от регулируемой температуры

$$Q_{\text{от}} = f(T) \quad (3.2)$$

Зависимость (1.2) полагаем для упрощения линейной, т.е.

$$Q_{от} = \kappa(T_n - T_0) = kT_{(0)}, \quad (3.3)$$

где k - коэффициент самовыравнивания, имеющий при регулировании температуры;
 $T(0) = T_n - T_0$ - температура, отсчитанная от начальной температуры объекта, т.е. от температуры окружающего воздуха T_0 .

Для упрощения задачи k принимается за постоянную величину

$$C \frac{d\vartheta}{dt} = Q_{пр} - kT_{(0)}$$

или
$$\frac{C}{k} \cdot \frac{dT}{dt} + T_{(0)} = \frac{Q_{пр}}{k}. \quad (3.4)$$

График двухпозиционного регулирования температуры (рисунок 3.3) составляется из отрезков кривых разгона (при разогреве и охлаждении).

Суммарная амплитуда колебаний $\Delta T_m = \Delta T_{m(+)} - \Delta T_{m(-)}$, согласно [1], изменяется согласно выражению

$$\Delta T_m = 2\Delta T_0 + \Delta t \cdot \frac{Q_{пр}}{C}. \quad (3.5)$$

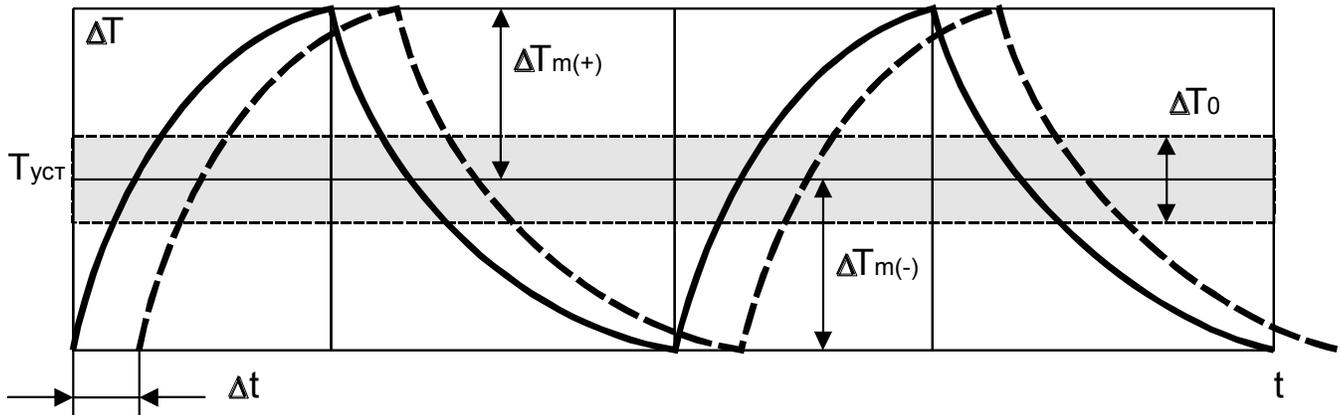


Рисунок 3.3 - График двухпозиционного регулирования

Δt - время запаздывания; ΔT_0 - отклонение регулируемой величины от заданного значения;
 $2\Delta T_0$ - диапазон нечувствительности; $\Delta T_{m(+)}$ - амплитуда положительного отклонения температуры;
 $\Delta T_{m(-)}$ - амплитуда отрицательного отклонения температуры.

Смещение среднего значения регулируемой температуры относительно заданного значения определяется равенством:

$$\Delta T_{см} = \frac{1}{2} \cdot (\Delta T_{m(+)} - |\Delta T_{m(-)}|). \quad (3.6)$$

3.2 Факторы, влияющие на качество регулирования

Уменьшение времени запаздывания

Как следует из формулы (3.5) суммарная амплитуда колебаний при пренебрежимо малом диапазоне нечувствительности изменяется пропорционально времени запаздывания Δt . Таким образом, время запаздывания является очень важным фактором, обуславливающим качество двухпозиционного регулирования.

Уменьшение диапазона нечувствительности

Из формулы (3.5) следует, что при пренебрежимо малом времени запаздывания Δt амплитуды колебаний ΔT_m зависят исключительно от диапазона нечувствительности $2\Delta T_0$. При больших запаздываниях, наоборот, роль диапазона нечувствительности снижается.

Понятно, что для уменьшения амплитуд колебаний регулируемой величины следует выбирать регулятор с наименьшей нечувствительностью. Следует, однако, учитывать, что период включения / отключения регулятора находится в прямой зависимости от величины нечувствительности. Поэтому иногда, с целью увеличения T и уменьшения износа элементов регулятора и установки, диапазон регулирования (нечувствительности) искусственно увеличивают.

Регулирование неполным притоком

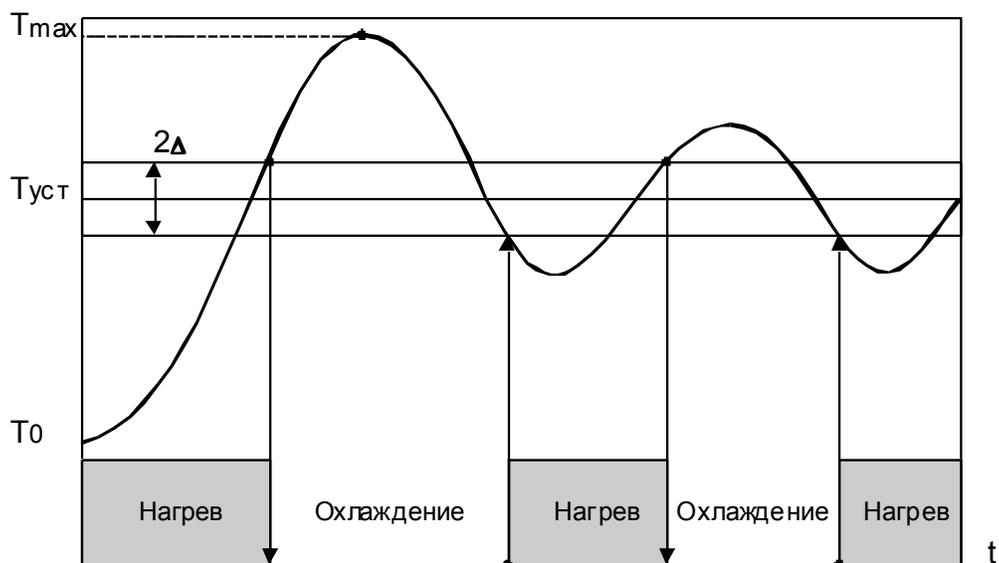
При регулировании неполным притоком (например, неполной мощностью электрической печи) можно в некоторых случаях достигнуть значительного уменьшения амплитуд колебания регулируемой величины по сравнению с регулированием полным притоком, тем самым значительно понизить перерегулирование

$$\sigma = \frac{T_{\max} - T_{\text{уст}}}{T_{\text{уст}}} \cdot 100\% , \quad (3.7)$$

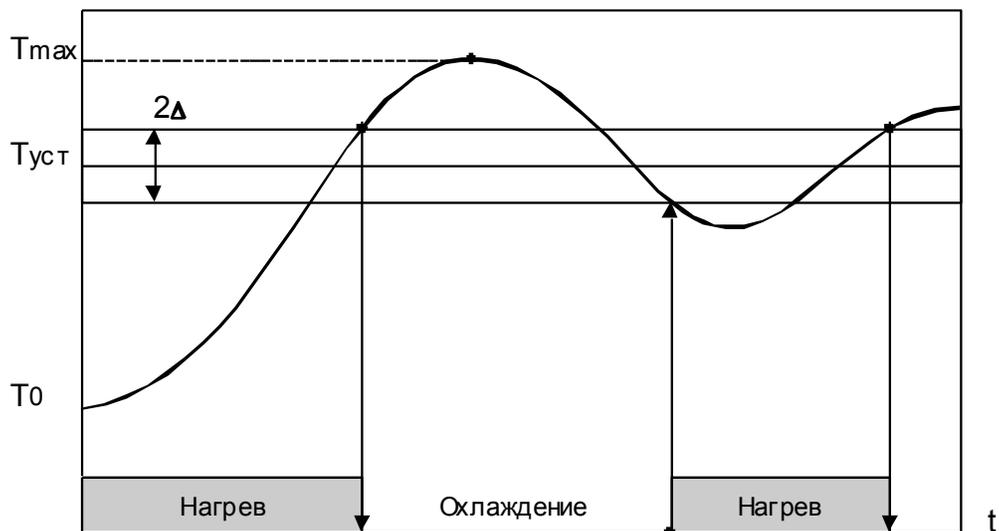
где T_{\max} ($T_{\text{уст}}$) – максимальное (уставка) значение температуры.

На рисунке 3.4 показан пример регулирования полным (а) неполным (б) притоком. Способ позволяет достичь значительного эффекта в снижении амплитуды колебаний. Аналогичного результата можно достичь регулируя отток энергии.

Однако следует помнить о том, что, добиваясь уменьшения амплитуды колебаний при регулировании неполным притоком, мы ухудшаем другие, не менее важные показатели качества, например время нарастания переходного процесса.



а



б

Рисунок 3.4 - Графики регулирования
 а – полным притоком; б – неполным притоком

Увеличение коэффициента ёмкости

Увеличение коэффициента ёмкости C действует так же, как уменьшение времени запаздывания Δt . В системах автоматического регулирования температуры величина C часто бывает задана и варьированию не поддаётся. Но в некоторых случаях можно специально закладывать в пространство печи массу с большой теплоёмкостью, сглаживающую колебания температуры.

4 Аппаратура лабораторной установки

Внешний вид лабораторной установки приведён на рисунке 4.1.

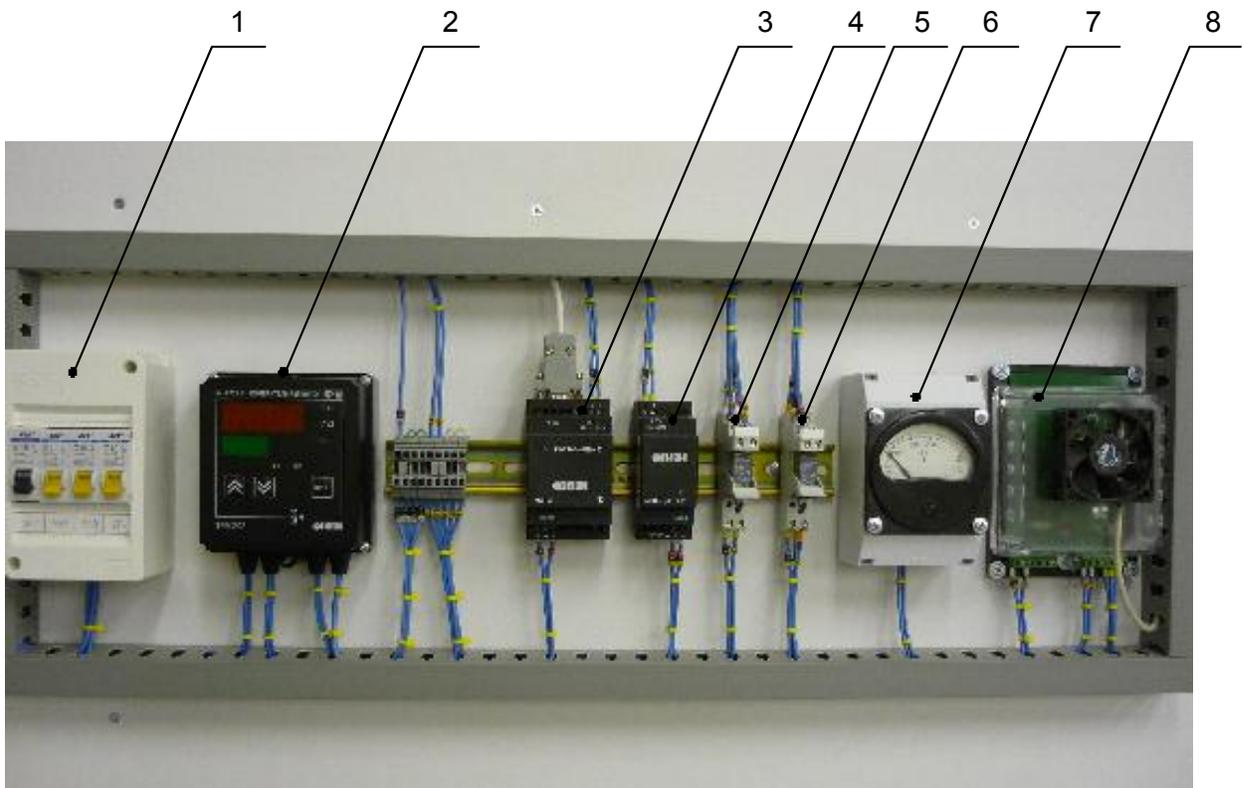


Рисунок 4.1 - Внешний вид лабораторной установки

- 1 - автоматические выключатели SF1/16A, SF2/2A, SF3/2A, SF4/2A;
- 2 - микропроцессорный программируемый измеритель-регулятор TPM251;
- 3 – преобразователь АСМ-3 (RS-485/RS-232); 4 – блок питания БП15Б-Д2 (12В, 15Вт);
- 5,6 - Реле электромагнитное 220 VAC; 7 – вольтметр переменного тока;
- 8 - эмулятор печи ЭП10 с установленным на него дополнительным вентилятором.

На рисунке 4.2 не представлены следующие элементы установки:

- понижающий трансформатор 220/110 В;
- датчик температуры R_t – термосопротивление ТСМ 50М, установленный внутри эмулятора печи ЭП10;
- персональный компьютер, с установленным на нём программы Owen Process Manager , выполняющий функцию цифрового регистратора.

Питание установки осуществляется от сети 220 В через автоматический выключатель SF1/16A. Через автоматический выключатель SF2 питание 220 В подаётся на нагреватель (НЭ) эмулятора электрической печи ЭП10. Через автоматический выключатель SF3 на НЭ подаётся напряжение 110 В, а через SF4 – включается вентилятор. Схема соединений лабораторной установки представлена в Приложении 1.

Установка параметров прибора TPM251 осуществляется в соответствии с Приложением 2 по программированию прибора.

5 Задание и методические указания на выполнение работы

- 1 Изучите настоящей методические указания к выполнению лабораторной работы.
- 2 Ознакомьтесь с электрической схемой установки.
- 3 Изучите расположение элементов системы на схеме.
- 4 Ознакомьтесь с техническими характеристиками прибора TPM251 и органами управления, расположенными на лицевой панели.
- 5 Включите установку.



Owen Process Manager.Ink

- 6 Включите персональный компьютер, запустите программу
- 7 Загрузите проект с именем, указанным преподавателем.
- 8 Войдите в режим «on line» и убедитесь в наличии связи между компьютером и прибором TPM251.

Двухпозиционный регулятор

- 9 Исследование влияния диапазона нечувствительности двухпозиционного регулятора на качество регулирования.
 - 9.1 Переведите прибор TPM251 в режим программирования и в соответствии с Приложением 2 установите 2-х позиционный режим работы регулятора. Верните прибор в режим измерения.
 - 9.2 Отключите (не включайте) вентилятор (ключ SF4).
 - 9.3 Задайте уставку регулирования и зону нечувствительности согласно варианту подгруппы (вначале задайте максимальную зону нечувствительности). Задайте величину напряжения нагрева 220 В. Снимите переходный процесс.

Обратите внимание на особенности работы регулятора в режимах программирования и работа.

- 9.4 При том же значении уставки согласно заданному варианту задайте минимальную зону нечувствительности. При том же значении напряжения снимите переходный процесс.
- 9.5 Определите показатели качества для полученных кривых и сделайте выводы о влиянии диапазона нечувствительности на показатели качества.

Таблица – Варианты заданий

Вариант	Величина уставки	Максимальная зона нечувствительности	Минимальная зона нечувствительности
1	65	6	1
2	70	5	2
3	72	6	2
4	58	7	1

- 10 Включите вентилятор (ключ SF4) и выполните п. 9.3 и 9.4 повторно.
- 11 Выполните п. 9.3 и 9.4 на пониженном напряжении (110 В) с включенным вентилятором.

ПИД-регулятор

- 12 Переведите прибор ТРМ251 в режим программирования и в соответствии с Приложением 2 установите ПИД-регулятор. Верните прибор в режим измерения.
- 13 Снимите переходный процесс для напряжения 220 А с выключенным вентилятором.
- 14 По кривым переходного процесса, определите время нарастания переходного процесса t_n и перерегулирование σ . Время нарастания следует измерять от заранее установленной и присутствующей на всех графиках величины температуры.
- 15 Выводы о проделанной работе.
- 16 Ответы на контрольные вопросы.

6 Содержание отчёта

Отчёт должен быть оформлен в соответствии с установленными правилами и содержать следующее.

- 1 Титульный лист с указанием номера и названия работы, фамилии студентов, выполнивших работу, дату выполнения.
- 2 Цель работы и структурная схема релейной системы автоматического регулирования (приводятся только те схемы, которые были исследованы авторами отчёта).
- 3 Результаты экспериментов регулирования в виде таблиц и графиков.
- 4 Необходимые расчёты и выводы по работе.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.

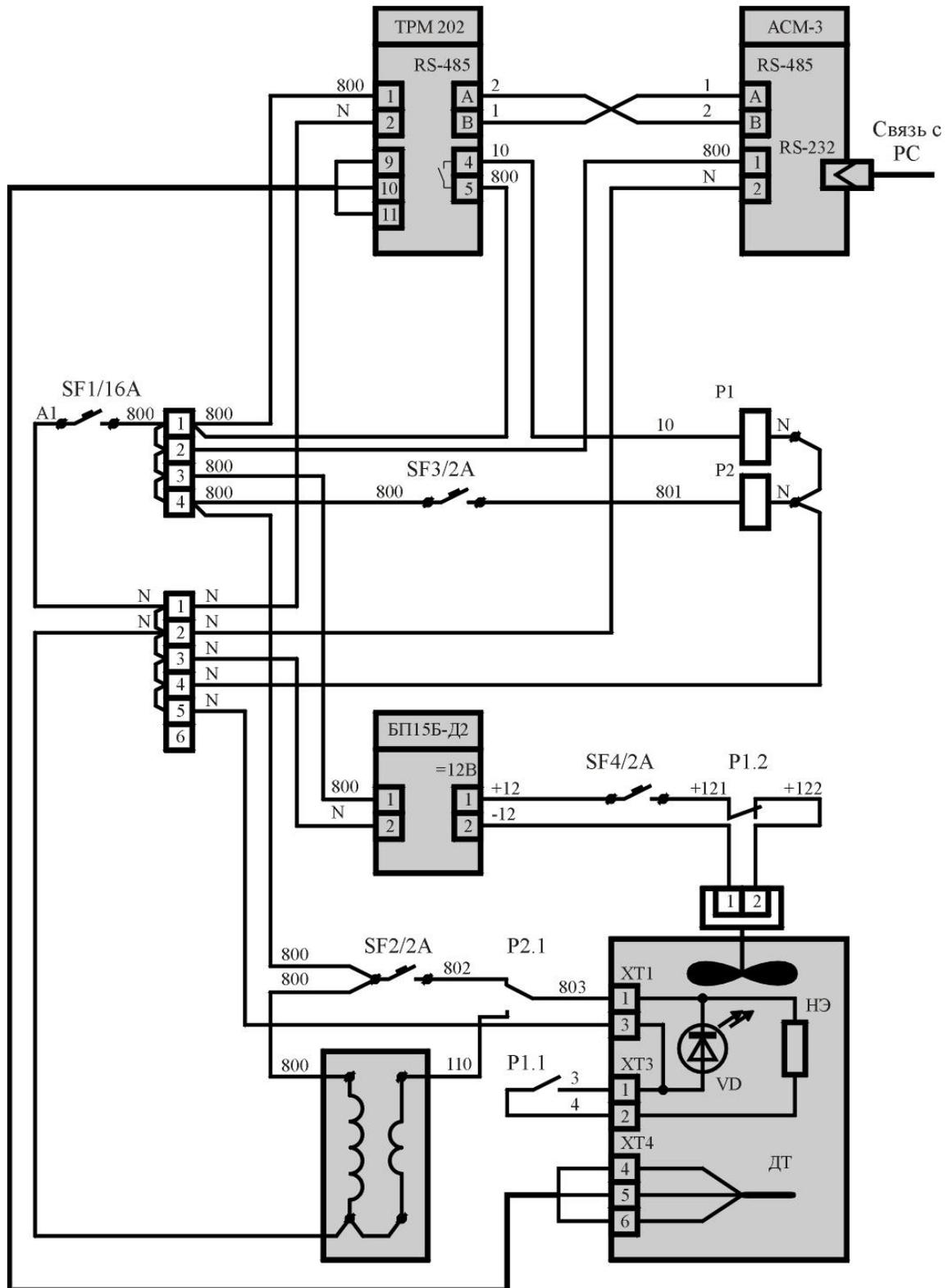
7 Контрольные вопросы

- 1 Какие регуляторы называют двухпозиционными?
- 2 Почему в реальных схемах не рекомендуется использовать двухпозиционный регулятор с нулевой зоной нечувствительности?
- 3 Каким образом увеличение коэффициента тепловой ёмкости влияет постоянную времени объекта.
- 4 Какие показатели качества относят к прямым показателям?
- 5 Какие показатели (критерии) качества относят к косвенным критериям?
- 6 Как определить время регулирования по графику переходного процесса?
- 7 Как определить перерегулирование по графику переходного процесса?
- 8 Как определить время нарастания по графику переходного процесса?
- 9 Какие переходные процессы относят к апериодическим процессам?
- 10 Какие переходные процессы относят к колебательным процессам?

8 Литература

- 1 Кампе-Немм А. А. Автоматическое двухпозиционное регулирование. – М.: Издательство «Наука», 1967, 159 с.
- 2 Ключев А. С. Двухпозиционные автоматические регуляторы и их настройка. – М.: Издательство «Энергия», Библиотека по автоматике, 1967, 103 с.

Схема соединений лабораторной установки



Изучение двухпозиционного регулятора температуры.

Методические указания

Составитель Курганов Василий Васильевич

Подписано к печати 20.03.2010.

Формат 60x84-16. Бумага «Классика»

Печать RISO. Усл. печ. л. 1.16. Уч. – изд. л. 1.05.

Заказ № . Тираж 100 экз.

	<p>Томский политехнический университет Система менеджмента качества Томского политехнического университета сертифицирована NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000</p>	
<p>ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.</p>		