



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Тепловые электрические станции»

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Лабораторные работы

Минск 2009

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Тепловые электрические станции»

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Лабораторные работы
для студентов специальности
1-53 01 04 «Автоматизация и управление
теплоэнергетическими объектами на ТЭС»
на стенде-тренажере систем автоматизации отопления
и горячего водоснабжения

Минск 2009

УДК 681.5.01 (076.5)

ББК 32.965я7

Т 33

Составители:

Г.Т. Кулаков, М.Л. Горельшева, Н.В. Воюш

Рецензенты:

В.А. Седнин, А.А. Москаленко

Т 33 Теория автоматического управления: лабораторные работы для студентов специальности 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическими объектами на ТЭС» на стенде-тренажере систем автоматизации отопления и горячего водоснабжения / Сост.: Г.Т. Кулаков, М.Л. Горельшева, Н.В. Воюш. – Минск: БНТУ, 2009. – 105 с.

Лабораторный практикум предназначен для более глубокого изучения курса путем практического ознакомления студентов с основами физического эксперимента по определению динамики систем отопления и горячего водоснабжения, изучения конструкции стенда, расходомера, теплосчетчика, регулятора температуры, основ наладки систем отопления и горячего водоснабжения, изучения экспресс-методов идентификации объектов регулирования, определения параметров оптимальной динамической настройки ПИД-регуляторов.

Издание рассчитано на студентов специальностей 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции» и 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическими объектами на ТЭС» дневного и заочного обучения. Может использоваться для выполнения лабораторных работ по специальности «Промышленная теплоэнергетика».

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Прежде чем приступить к работе, необходимо внимательно ознакомиться с заданием, правилами техники безопасности (ТБ) работы и противопожарными требованиями, а также проверить исправность приборов и инструментов. О замеченных неисправностях немедленно сообщить руководителю работ.

При выполнении лабораторных работ на специализированном тренажере для исследования и настройки систем отопления и горячего водоснабжения используются электронагревательные приборы и устройства.

Запрещается включать и выключать электрические приборы и установки без разрешения руководителя.

При проведении работ на столах должны находиться только те приборы, которые необходимы для выполнения указанной преподавателем работы.

Перед проведением лабораторных работ студенты должны пройти инструктаж по ТБ. Запрещается допускать к выполнению лабораторных работ студентов, не прошедших предварительный инструктаж по ТБ и не знающих противопожарных требований.

Каждый студент должен строго выполнять правила ТБ и немедленно сообщать своему непосредственному руководителю об их нарушении, а также неисправностях технических средств и систем управления, которые могут представлять опасность или привести к отказу (аварии) технологического оборудования.

Каждый студент и руководитель работ должен быть обучен приемам освобождения от действия электрического тока и оказания первой медицинской помощи пострадавшему от электрического тока, теплового удара, термического ожога и при других несчастных случаях.

При несчастном случае пострадавшему необходимо оказать первую медицинскую помощь. Для этого в лаборатории должна быть аптечка, укомплектованная необходимыми лекарствами. Во всех случаях пострадавшего необходимо отправить в ближайший медицинский пункт для оказания квалифицированной медицинской помощи.

При возникновении пожара необходимо прекратить доступ воздуха к горящему предмету и локализовать очаг пожара. При сильном пламени применить огнетушители и вызвать пожарную охрану.

ВВЕДЕНИЕ

Создание специализированного тренажера-стенда для исследования и настройки систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС), сочетающего реальные регулирующие приборы, регулирующие органы и характерные объекты регулирования, позволяет исследовать большинство соответствующих систем отопления и ГВС в реальном масштабе времени и избежать многих упрощений и ошибок, неизбежно возникающих при полном моделировании.

Работа стенда с реальным регулятором, расходомером, теплосчетчиком позволяет получить практические навыки наладки, выполнять параметрическую оптимизацию системы автоматического регулирования (САР) различными методами для выбранных критериев оптимизации, исследовать оптимизацию структурного построения систем при различных возмущениях.

Тренажер позволяет исследовать критичность САР к изменяющимся в процессе эксплуатации параметрам систем автоматического регулирования.

Для успешной работы на тренажере необходимо изучение основ линейной теории автоматического регулирования, знание свойств исследуемой аппаратуры. Обучающемуся на тренажере предлагается программа исследований с решением конкретных задач по идентификации динамики объектов регулирования, а также оптимизации параметров динамической настройки САР различными методами. Освоение полной программы обучения позволяет квалифицированно решать вопросы дальнейшего совершенствования работы САР, направленной на увеличение коэффициента использования автоматических регуляторов, повышение качества их работы, обеспечение отработки технологическим оборудованием аварийных ситуаций и расширение диапазона их работы.

Экспериментальные исследования всегда были и остаются до настоящего времени одним из наиболее важных этапов создания САР различного назначения. Большое разнообразие этих систем и входящих в них элементов часто требует особых методов экспериментального исследования каждого из них. Наряду с этим методы исследования любых динамических объектов содержат много общего, что создает возможность и необходимость их освещения безотносительно к каким-либо конкретным САР. Прежде всего это ка-

сается вопроса определения типа динамического звена, к которому относится исследуемый объект.

Экспериментальные исследования динамических свойств объектов регулирования имеют ряд особенностей. Это объясняется несколькими причинами: во-первых, тем, что иногда работа объекта недопустима без системы регулирования; во-вторых, в условиях нормальной эксплуатации объектов регулирования система работает при малых отклонениях переменных, вызванных различного рода случайными воздействиями. Поэтому более достоверные данные о динамических свойствах объекта могут быть получены, если их определять, прибегая к статистическим методам исследования случайных процессов, протекающих в САР. Объект регулирования отличается от других элементов системы регулирования тем, что он имеет, как правило, несколько степеней свободы и его режим работы зависит от большого числа различных факторов. Все это должно быть учтено при экспериментальном исследовании объектов регулирования.

Экспериментальные методы требуют минимальных сведений о сущности процессов, протекающих в исследуемых объектах, однако позволяют с приемлемой для практики точностью определять коэффициенты дифференциальных уравнений динамики. Эти методы просты в применении и позволяют сравнительно быстро получить математическое описание объекта. Вследствие этого они получили широкое распространение при исследовании динамики объектов для целей автоматизации.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО СНЯТИЮ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

На объекте устанавливается и стабилизируется выбранный режим работы, характеризуемый значениями x_0 , y_0 входной и выходной координат. Проверяется правильность подключения и показаний измерительной и регистрирующей аппаратуры, включая ПК, предназначенной для записи координаты $y(t)$.

Студент-экспериментатор вручную или с помощью сервомеханизма наносит несколько пробных кратковременных возмущений $x(t)$ заданной формы.

Опыты по снятию переходных характеристик заключаются в следующем. Экспериментатор внимательно анализирует график координаты $y(t)$ и, убедившись, что на некотором небольшом отрезке времени $y(t) = \text{const} = y_0$; $\dot{y}(t) = 0$; $\ddot{y}(t) \approx 0$, вводит испытательное возмущение, например, ступенчатую функцию с амплитудой A . Помимо регистрации $y(t)$ желательно записывать изменения основных возмущающих координат объекта. Окончание переходного процесса определяется студентом визуально – опыт считается законченным, если, начиная с некоторого времени T_y , выходная координата остается практически неизменной, или при наличии в объекте интегрирующих элементов, после установления постоянной скорости изменения $y(t)$. В процессе проведения опыта следует внимательно наблюдать за тем, чтобы изменения $y(t)$ не превысили норм допустимых отклонений $\pm\Delta$ у выходной координаты объекта.

После стабилизации координаты $y(t)$ наносится новое возмущение $x(t) = -A$ и снова записывается переходная характеристика (рисунки 1). Затем опять устанавливается рабочий режим объекта и наносится испытательное воздействие с амплитудой $-A$, а спустя время T_y снимается следующая, четвертая, переходная характеристика при возмущении $x(t) = +A$.

Описанная серия опытов повторяется при увеличенной в 1,5–2 раза амплитуде испытательного сигнала $x(t)$.

Линейный или линеаризованный характер статической зависимости еще не позволяет считать линейной динамику объекта. Для подтверждения гипотезы о линейности динамических свойств объекта в малом необходимо убедить в выполнении принципа суперпозиции, для чего опыты проводятся при различных знаках и амплитудах

апериодических входных воздействий. Первоначальная проверка осуществляется экспериментатором непосредственно при проведении опытов: вычисляются величины коэффициентов усиления объекта $k = h(T_y) / A$ и сравниваются. При существенном различии (например, 20–40 %) коэффициентов k в разных опытах, следует уменьшить амплитуду A и снова провести снятие переходных характеристик. Более тщательная проверка принципа суперпозиции осуществляется на стадии обработки результатов.

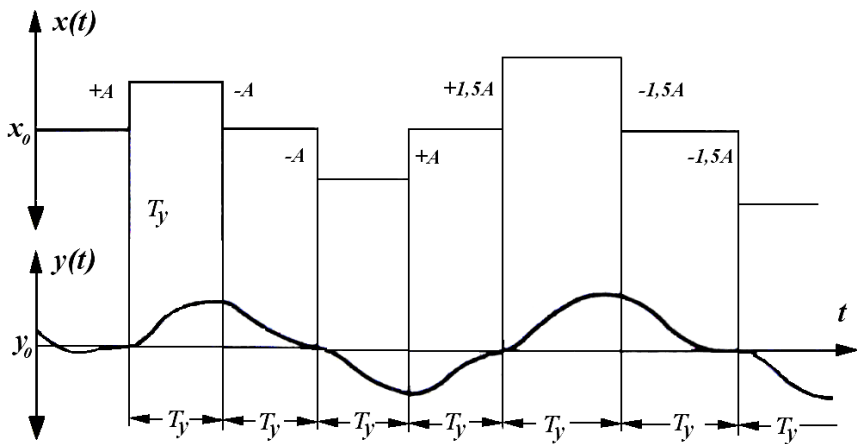


Рисунок 1 – Снятие переходной характеристики

Проверку принципа суперпозиции следует проводить при возмущающих воздействиях различной формы, например: $x(t) = A$; $x(t) = A \sin \omega t$; $x(t) = A_0 + A_1 t$ и т.п. Это объясняется тем, что фактическое дифференциальное уравнение объекта может иметь члены следующего типа:

$$\frac{d^n y(t)}{dt^n} \cdot \frac{d^k y(t)}{dt^k}; \quad \left(\frac{d^k y(t)}{dt^k} \right)^\mu; \quad \left[a_n + a_k \frac{d^k y(t)}{dt^k} \right] \frac{d^n y(t)}{dt^n},$$

где μ , k , n – вещественные числа.

При использовании испытательного сигнала одной формы эффекты от действия подобных нелинейностей могут оставаться неза-

меченными. Однако практика исследования динамики широкого класса промышленных объектов показывает, что нелинейности, связанные с производными, встречаются исключительно редко. Поэтому выполнение принципа суперпозиции достаточно проверить путем нанесения возмущений типа ступенчатая функция с амплитудой разного знака и величины.

В некоторых случаях гладкие переходные характеристики, снимаемые при одном и том же режиме работы объекта, имеют существенные отличия, заключающиеся в разбросе ординат при фиксированных значениях времени. Этот разброс можно объяснить незаметными или неконтролируемыми изменениями некоторых входных координат, ненулевыми начальными условиями при снятии переходных характеристик, проявлением неизвестной, низкочастотной помехи и т.п. Для получения более достоверных сведений о динамических свойствах такого рода объектов требуется снятие большего количества переходных характеристик.

Для проверки стационарности динамических свойств объекта эксперименты по снятию переходных характеристик следует повторить еще несколько раз через определенные большие промежутки времени (по сравнению с величиной T_y). При этом крайне важно все опыты проводить на одном и том же рабочем режиме, т.е. при одинаковых равновесных значениях x_0, y_0 входной и выходной координат объекта.

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПК

Цель работы: изучить работу стенда по исследованию динамики изменения параметров систем отопления и горячего водоснабжения.

Назначение стенда

Стенд предназначен:

- 1) для исследования динамики изменения параметров систем отопления в процессе регулирования с последующей передачей основных технических параметров на персональный компьютер;
- 2) исследования динамики изменения параметров горячего водоснабжения (системы горячего водоснабжения без рециркуляции и с рециркуляцией) в процессе регулирования с последующей передачей основных технических параметров на персональный компьютер;
- 3) изучения конструкции и принципа действия теплосчетчика ТС-07К;
- 4) для изучения конструкции и принципа действия системы регулирования на основе регулятора температуры РТМ-03А;
- 5) исследования и наладки системы регулирования с трехходовым и двухходовым регулирующим клапаном;
- 6) изучения систем отопления с ПИ-законом регулирования и с ПИД-законом регулирования.

Схемы применения стенда

Стенд может применяться как для исследования динамики изменения параметров системы отопления, так и для исследования динамики изменения параметров системы горячего водоснабжения (ГВС) в процессе регулирования с последующей передачей основных технических параметров на персональный компьютер. На рис. 1.1 приведена общая гидравлическая схема стенда.

Обозначения на схеме:

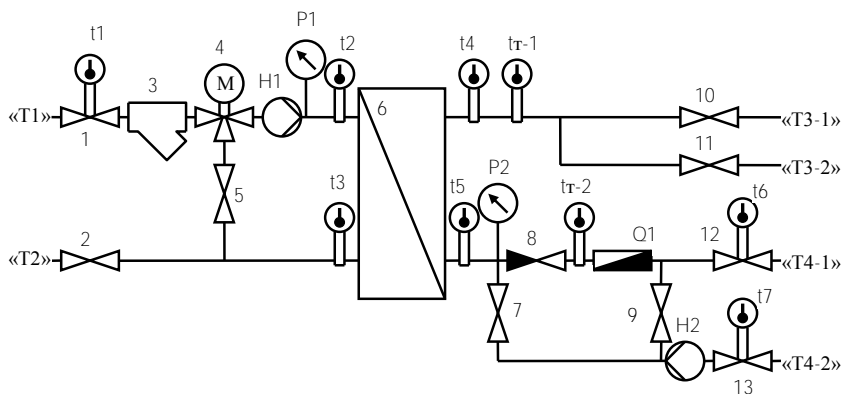


Рис. 1.1 Гидравлическая схема стенда:

T1, T2 – входной и выходной трубопроводы первичного контура;
 T3-1, T3-2, T4-1, T4-2 – входные и выходные трубопроводы вторичного контура;
 H1, H2 – циркуляционные насосы первичного и вторичного контуров;
 1, 2, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13 – запорные краны; 3 – фильтр; 4 – трехходовой регулирующий клапан с электроприводом; 6 – теплообменник; 8 – обратный клапан;
 Q1, tr-1, tr-2 – теплосчетчик с датчиками температуры; P1, P2 – манометры

С помощью запорных кранов 5, 7, 9–13 обеспечивается формирование различных гидравлических схем.

Манометры P1 и P2 обеспечивают измерение давлений в первичном и вторичном контурах стенда.

Источник тепла внешний. Подключение источника тепла выполняется к трубопроводам T1 и T2. Циркуляция теплоносителя по первичному контуру стенда обеспечивается насосом H1. Включение насоса ручное со шкафа управления.

Для имитации различных гидравлических схем к стенду подключены источник холодной воды и канализация (для утилизации горячей воды).

Датчики температуры теплоносителя t1–t7 обеспечивают измерение температуры теплоносителя в различных точках гидравлической схемы. Для измерения температуры воздуха в помещении используется датчик температуры воздуха.

Гидравлическая схема с двухходовым регулирующим клапаном

Гидравлическая схема стенда для изучения работы двухходового регулирующего клапана приведена на рис. 1.2.

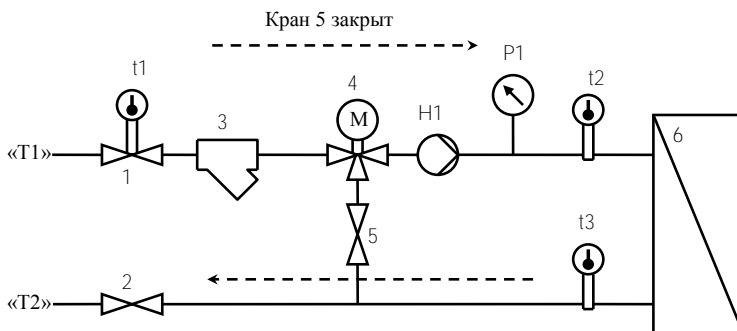


Рис. 1.2. Гидравлическая схема с двухходовым клапаном

Для имитации работы двухходового регулирующего клапана кран 5 должен быть закрыт. Циркуляция теплоносителя через теплообменник имеет переменную величину, т.к. происходит количественное регулирование по первичному контуру.

Гидравлическая схема с трехходовым регулирующим клапаном

Гидравлическая схема стенда для изучения работы трехходового регулирующего клапана приведена на рис. 1.3.

Для имитации работы трехходового регулирующего клапана кран 5 должен быть открыт. Циркуляция теплоносителя через теплообменник имеет постоянную величину.

Циркуляция теплоносителя через теплообменник обеспечивается насосом Н1.

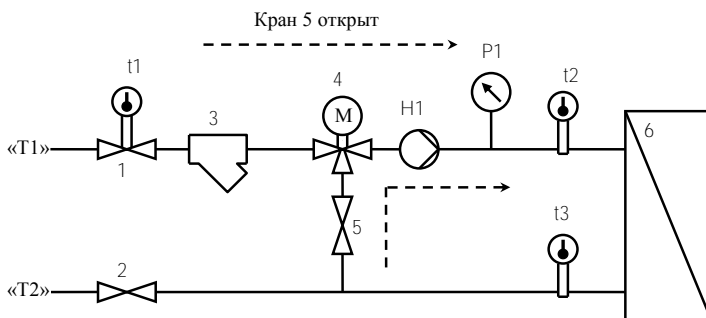


Рис. 1.3. Гидравлическая схема с трехходовым клапаном

Гидравлическая схема ГВС тупиковая (без рециркуляции)

Гидравлическая схема создана для изучения тупиковой схемы ГВС (без рециркуляции) (рис. 1.4).

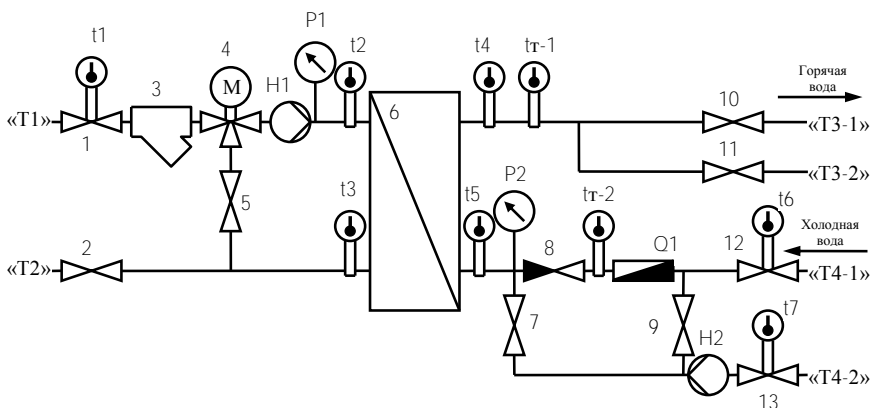


Рис. 1.4. Гидравлическая схема имитации системы ГВС без рециркуляции

Для имитации схемы ГВС без рециркуляции краны 7, 9, 11, 13 должны быть закрыты. Насос Н2 выключен.

Расходомер теплосчетчика Q1 измеряет мгновенный расход холодной воды и накопленный расход.

Гидравлическая схема ГВС с рециркуляцией

Гидравлическая схема стенда для изучения работы гидравлической схемы ГВС с рециркуляцией приведена на рис. 1.5.

Для имитации схемы ГВС с рециркуляцией краны 10–13 должны быть открыты. Насос Н2 необходимо включить.

Краны 7 и 9 позволяют организовать измерение расхода холодной воды с учетом или без учета рециркуляции.

Имитация потребления тепла системой рециркуляции обеспечивается внешней батареей, подключенной к трубопроводам Т3-2 и Т4-2.

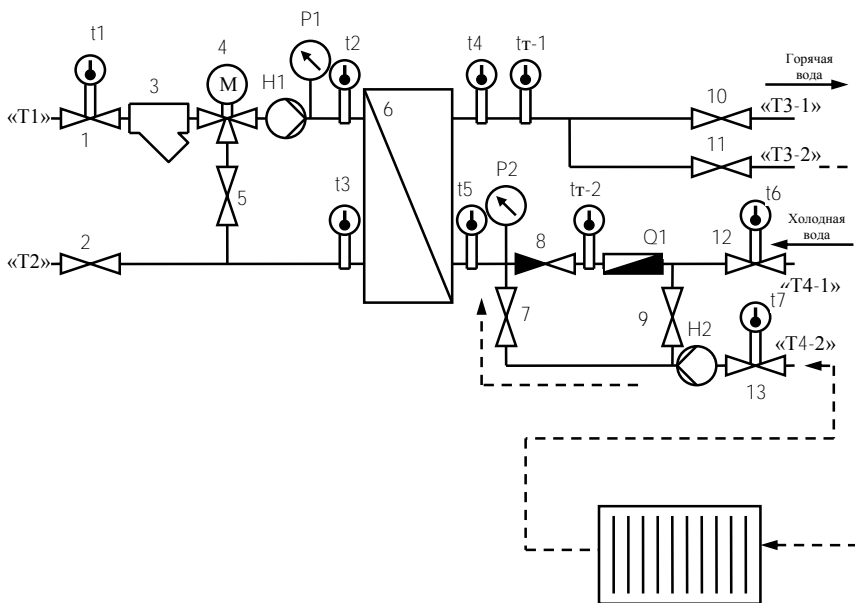


Рис. 1.5. Гидравлическая схема имитации системы ГВС с рециркуляцией

Гидравлическая схема системы отопления

Гидравлическая схема стенда для изучения работы гидравлической схемы отопления приведена на рис. 1.6.

Для имитации схемы системы отопления краны 7, 10, 12 должны быть закрыты. Насос Н2 необходимо включить.

Имитация потребления тепла системой отопления обеспечивается внешней батареей, подключенной к трубопроводам Т3-2 и Т4-2.

Для имитации схемы отопления краны 7, 10, 12 должны быть закрыты. Насосы Н1 и Н2 включены.

Имитация потребления тепла системой отопления обеспечивается внешней батареей (теплообменником), подключенной к трубопроводам Т3-2 и Т4-2.

Теплосчетчик Q1 обеспечивает измерение мгновенных значений расхода теплоносителя и тепловой мощности во вторичном контуре стенда.

Выбор схемы первичного контура регулирования осуществляется в соответствии с двухходовым или трехходовым регулирующим клапаном.

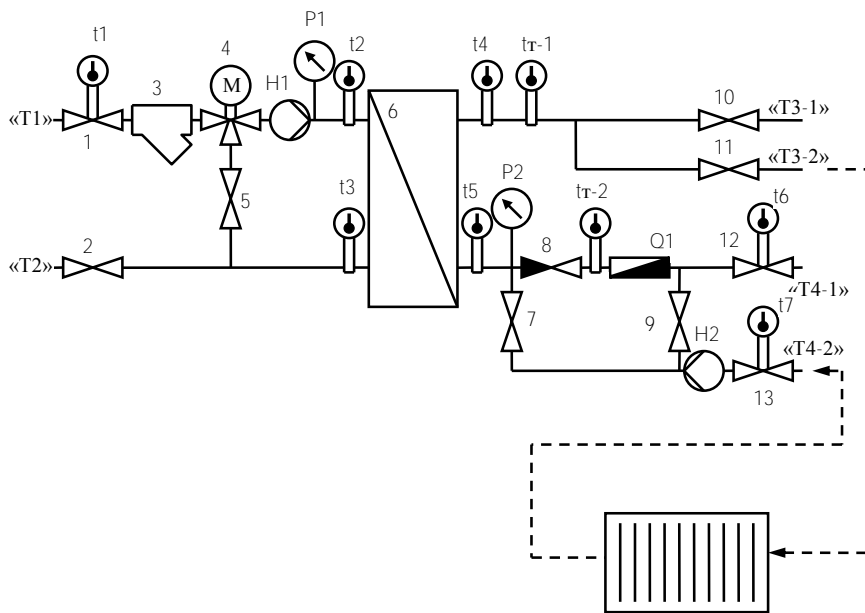


Рис. 1.6. Гидравлическая схема системы отопления

Задание

1. Изучить гидравлические схемы для имитации различных режимов.
2. Исследовать на стенде гидравлическую схему системы отопления с двухходовым и трехходовым клапаном в первичном контуре.
3. Полученные данные занести в отчет.

Контрольные вопросы

1. Назначение стенда-тренажера для исследования динамики систем отопления и ГВС.
2. Назовите основные элементы гидравлической схемы стенда и укажите их назначение.
3. Дайте классификацию различных вариантов гидравлических схем систем отопления и ГВС.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ РТМ-03

Цель работы: 1. Ознакомиться с назначением стенда.
2. Изучить общую гидравлическую схему стенда.
3. Изучить назначение и устройство регулятора температуры РТМ-03А.

Стенд предназначен:

- 1) для исследования динамики изменения параметров систем отопления в процессе регулирования с последующей передачей основных технических параметров на персональный компьютер;
- 2) исследования динамики изменения параметров горячего водоснабжения (системы горячего водоснабжения без рециркуляции и с рециркуляцией) в процессе регулирования с последующей передачей основных технических параметров на персональный компьютер;
- 3) изучения конструкции и принципа действия теплосчетчика ТС-07К;
- 4) изучения конструкции и принципа действия системы регулирования на основе регулятора температуры РТМ-03А;
- 5) исследования и наладки системы регулирования с трехходовым и двухходовым регулирующим клапаном;
- 6) изучения систем отопления с ПИ- и с ПИД-законом регулирования.

Технические характеристики регулятора температуры (РТ)

Технические характеристики РТ приведены в табл. 2.1. При необходимости увеличения каналов ввода-вывода к РТ подключается блок расширения БР 8/4 Д (табл. 2.2).

В табл. 2.3 приведены необходимые для работы контура регулирования датчики температуры. Дополнительные датчики температуры указываются в заказе.

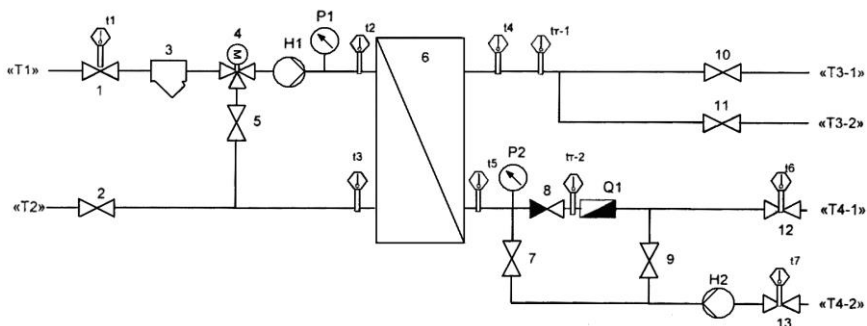


Рис. 2.1. Общая гидравлическая схема стенда:

Т1, Т2 – входной и выходной трубопроводы первичного контура; Т3-1, Т3-2, Т4-1, Т4-2 – входные и выходные трубопроводы вторичного контура; t1–t7 – датчики температуры, подключенные к шкафу управления стендом; Н1, Н2 – циркуляционные насосы первичного и вторичного контуров; 1, 2, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13 – запорные краны; 3 – фильтр; 4 – трехходовой регулирующий клапан с электроприводом; 6 – теплообменник; 8 – обратный клапан; Q1, tr-1, tr-2 – теплосчетчик с датчиками температуры; P1, P2 – манометры

Таблица 2.1

Технические характеристики РТ

Наименование параметра	Характеристика
1	2
Число контуров регулирования	1 или 2
Параметры выходов	Релейный, 220 В, 50 Гц, 2 А
Число выходов	До 4
Параметры дискретных входов	«Сухой контакт»
Число входов	До 6
Максимальное количество подключаемых датчиков температуры	До 8
Тип датчика температуры	DS-18S20
Максимальная длина линии связи с датчиком температуры	100 м
Диапазон измеряемых датчиком температур	От –55 до 125 °С
Типы регулирования (для каждого контура в отдельности)	<ul style="list-style-type: none"> · горячей воды (постоянная температура) · по температурному графику · по температуре в помещении

Окончание табл. 2.1

1	2
	· по температурному графику с коррекцией по температуре в помещении
Режим работ (для каждого контура в отдельности)	· ручной · автоматический
Режим регулирования (для каждого контура в отдельности в автоматическом режиме работы)	· постоянно нормальный · постоянно пониженный · программный · режим «СТОП»
Максимальное количество команд в программном режиме	21
Дискретность задания времени в программах	1 мин
Дискретность задания температуры	1 °С
Количество каналов последовательного интерфейса RS-232 или RS-485 или оптический порт	1
Электропитание	(24±5) В, 50 Гц
Мощность, потребляемая электронным блоком, не более	5 Вт
Габаритные размеры электронного блока, не более	160×90×58 мм
Масса электронного блока, не более	0,4 кг
Наработка на отказ, не менее	35000 ч

Таблица 2.2

Технические характеристики блока расширения БР 4/8 Д

Наименование параметра	Характеристика
1	2
Максимальное количество и тип дискретных выходов	4, релейный
Максимальное количество дискретных входов	8
Параметры выходов	Релейный, 220 В, 50 Гц, 2 А
Параметры дискретных входов	«Сухой контакт»
Электропитание	(24±5) В, 50 Гц

1	2
Мощность, потребляемая электронным блоком, не более	5 Вт
Габаритные размеры электронного блока, не более	90×90×58 мм
Масса электронного блока, не более	0,2 кг

Таблица 2.3

Датчики температуры, необходимые для работы контура регулирования

Тип регулирования	Тип датчика температуры			
	Т	Н	О	В
1	+			
2	+	+		
3				+
4	+	+		+

Назначение датчиков температуры:

Т – датчик температуры теплоносителя (для контура отопления тип контура 2), датчик температуры горячей воды (для контура горячей воды тип контура 1);

Н – датчик температуры наружного воздуха;

О – датчик температуры обратного трубопровода;

В – датчик температуры воздуха в помещении.

Устройство и назначение РТ

В процессе настройки и изменения параметров и коэффициентов регулятора РТМ-03А для различных гидравлических схем возможно:

– изучение работы гидравлических схем с ПИ- и ПИД-законами регулирования;

– изучение влияния коэффициентов и настроек регулятора на качество регулирования, различных влияющих факторов (двух- или трехходовые клапаны, изменение расхода теплоносителя, место установки датчика температуры);

– архивирование температурных графиков работы регулятора;

– изучение работы вспомогательных функций регулятора.

Регулятор температуры РТМ-03А «Струмень» предназначен

- для автоматической регулировки подачи тепла по отопительному графику с коррекцией по температуре воздуха в отапливаемых помещениях;
- регулирования температуры горячей воды с возможностью программного понижения температуры или отключения горячей воды по недельной или годовой программам;
- формирования управляющих сигналов при выходе параметров за указанные пределы;
- управления циркуляционными и напорными насосами;
- управления технологическим оборудованием тепловых узлов.

Регулятор РТМ-03А позволяет управлять тремя контурами (системами) регулирования. Количество контуров регулирования программируется. При этом следует иметь в виду следующее:

1) каждый контур регулирования самостоятелен, может быть настроен и запрограммирован индивидуально;

2) переменный состав исполнительного оборудования каждого контура:

- привод регулирующего клапана;
- один или два циркуляционных насоса;

3) каждый из контуров регулирования для формирования сигналов управления исполнительным оборудованием может использовать информацию:

- от 1 до 8 датчиков температуры;
- 8 дискретных входов;
- от внешних дискретных датчиков, подключенных к РТ посредством блоков расширения БР4/8Д;











4) дополнительно имеется контур (блок) управления уровнем давления. Назначение данного блока:

- формирование необходимого уровня давления во вторичном контуре отопления (подпитка вторичного контура отопления);
- формирование необходимого уровня давления в любом трубопроводе.

Контур управления давлением может управлять:

- приводом регулирующего клапана;
- основным и резервным напорными насосами.

Управление режимами работы контуров регулирования, программирование параметров и настроек, просмотр параметров и настроек выполняется с помощью кнопок. Функциональное назначение кнопок:

- | | | | |
|---|---|---|--------------------------------|
|  | - переключение режимов регулирования; |  | - увеличение параметра; |
|  | - режим работы "РУЧНОЙ"; |  | - уменьшение параметра; |
|  | - установка параметров температурного графика; |  | - выбор параметра; |
|  | - переключение контура регулирования; |  | - ввод параметров, вызов меню; |
|  ,  | - сочетание клавиш. Переход в основное меню программирования. | | |

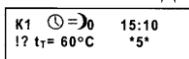
Возможные типы контуров регулирования:


- **тип контура регулирования 1 – ГВС:** РТ поддерживает заданную (постоянную) температуру теплоносителя (горячей воды);
- **тип контура регулирования 2 – ОТОПЛЕНИЕ:** РТ поддерживает температуру теплоносителя в соответствии с отопительной кривой температурного графика в зависимости от температуры наружного воздуха;
- **тип контура регулирования 3 – ОТОПЛЕНИЕ:** РТ поддерживает температуру в помещении;
- **тип контура регулирования 4 – ОТОПЛЕНИЕ:** РТ поддерживает температуру теплоносителя в соответствии с отопительной кривой температурного графика (ТГ) в зависимости от температуры наружного воздуха с коррекцией по температуре в помещении.



Организация меню РТ

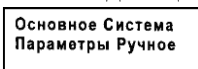
Работа в начальном меню индикации РТ

После подачи напряжения питания ~ 24 В экран РТ имеет вид:







Для перехода в начальное меню индикации необходимо нажать кнопку .

РТ для управления прибором и установки параметров его работы снабжен меню, разбитым на разделы согласно их функциональному назначению. На дисплее появятся названия разделов меню, которые можно пролистать путем нажатия на кнопки  и . Начальное меню индикации имеет вид:



«**Основное**» – раздел просмотра основных параметров работы РТ; «**Система**» – раздел просмотра

системных параметров РТ; «**Параметры**» – раздел просмотра параметров РТ; «**Ручное**» – раздел просмотра работы оборудования, управление оборудованием в режиме работы «**Ручное**».

Выбор раздела – кнопки  и ; вызов раздела – ; выход из раздела – .

Начальное меню индикации позволяет:

- 1) просматривать показания датчиков температуры;
- 2) просматривать системные параметры РТ;
- 3) просматривать параметры работы РТ;
- 4) изменять режимы работы и регулирования РТ;
- 5) выполнять ручное управление исполнительными устройствами.

Структура начального меню индикации РТ представлена на рис. 2.2.

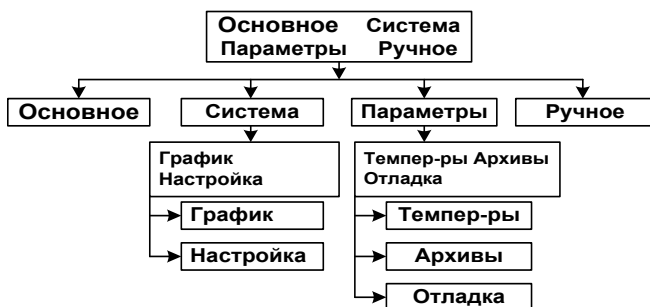
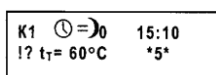



Рис. 2.2. Структура меню просмотра РТ

Раздел «Основное»



K1 – индикация номера контура. Переключение контуров – кнопка .

 – индикация режима работы и регулирования РТ может принимать значение:

 - ручной

 - постоянно пониженный 1;

 - программный;

 - постоянно нормальный;

 - постоянно пониженный 2;

 - «СТОП».

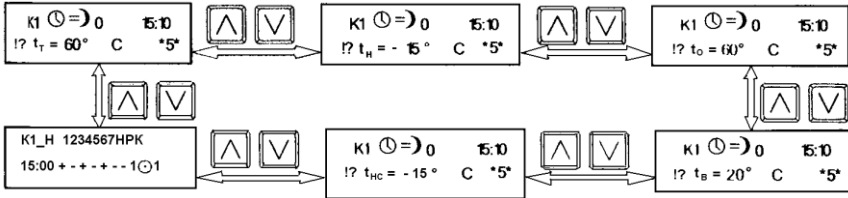
15:10 – индикация текущего времени.

5 – индикация текущего дня недели.

! – индикация наличия ошибки в работе РТ.

? – индикация наличия предупреждения в работе РТ.

Просмотр параметров в разделе «Основное» выполняется по кругу с помощью кнопок Δ и ∇ .



t_T – температура теплоносителя.

t_H – температура наружного воздуха.

t_O – температура воды в обратном трубопроводе.

t_B – температура воздуха в помещении.

t_{HC} – средняя температура наружного воздуха.

В конце списка индикации в данном меню в программном режиме индицируется текущая команда недельной или годовой программы, которую выполняет РТ.

Раздел «Система»

График
Настройки

«График» – просмотр параметров температурного графика.

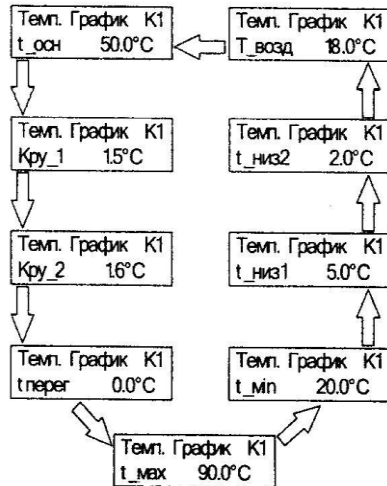
«Настройка» – просмотр настроек РТ.

Просмотр параметров в разделе «Система» выполняется по кругу с помощью кнопок Δ и ∇ .

Для работы системы регулирования отоплением по ТГ устанавливаются следующие параметры:

- $t_{осн}$ – температура основания

ТГ – температура наружного воздуха, при которой начинается



подъем ТГ, т.е. если температура наружного воздуха t_n больше температуры основания $t_{осн}$, РТ поддерживает минимальную температуру теплоносителя ($t_T = t_{min}$); если температура наружного воздуха t_n меньше температуры основания $t_{осн}$, РТ увеличивает температуру теплоносителя в соответствии с отопительной кривой ТГ до тех пор, пока температура наружного воздуха не будет меньше K_{max} , РТ будет поддерживать максимальную температуру теплоносителя (t_{max}). Вид температурного графика показан на рис. 2.3.

- **Кру1** – крутизна первого участка отопительной кривой (первый участок отопительной кривой – это диапазон температур наружного воздуха от температуры основания до температуры перегиба).

- **Кру2** – крутизна второго участка отопительной кривой (второй участок отопительной кривой – это диапазон температур наружного воздуха от температуры перегиба до K_{max}). Крутизна первого и второго участка определяет, на какую величину изменится температура теплоносителя t_T с изменением температуры наружного воздуха t_n .

- t_{max} – максимальная температура теплоносителя. Ограничивает значение максимальной температуры теплоносителя ТГ.

- t_{min} – минимальная температура теплоносителя. Ограничивает значение минимальной температуры теплоносителя ТГ.

- $t_{пер}$ – температура перегиба. Наружная температура начала второго участка крутизны ТГ.

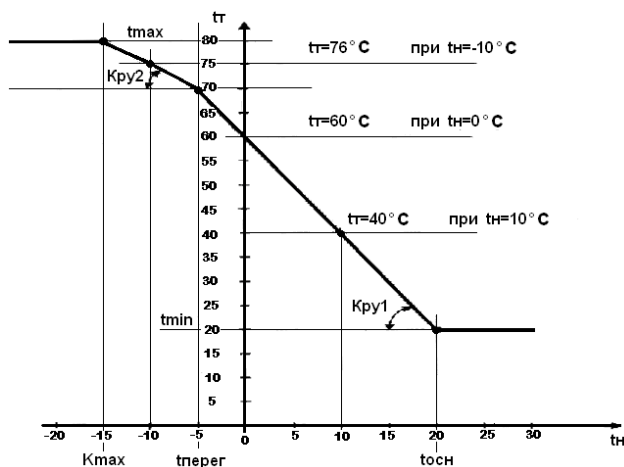


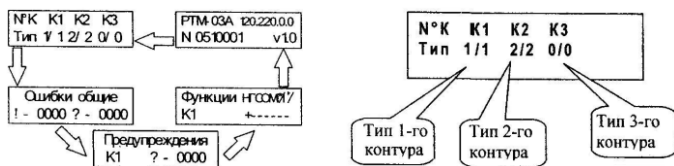


Рис. 2.3. Температурный график

Просмотр параметров в подразделе «Настройка» выполняется по кругу с помощью кнопок  и .



К1 – тип первого контура 1/1 (установлен тип контура 1, рабочий тип контура 1);

К2 – тип второго контура 2/2 (установлен тип контура 2, рабочий тип контура 2);

К3 – 0/0 контур отсутствует.

Примечание: в случае, когда цифры (например, 2/2) совпадают, РТ работает нормально, в случае несовпадения (например, 2/9) – РТ работает в аварийном режиме, следовательно, следует проверить ошибки и предупреждения и принять меры по их устранению.

Индикация ошибок и предупреждений имеет вид: Индикация функций работы имеет вид:

Ошибки общие !-0000 ?-0000

Предупреждения К1 ? 0000

Функции НГСМП* / / К1 +-.....

Индикация исполнения РТ, серийный номер, версия программного обеспечения имеют вид:

РТМ-03А 120.220.0.0 N 06050054 v1.0



Раздел «Параметры»

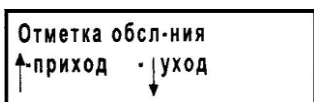
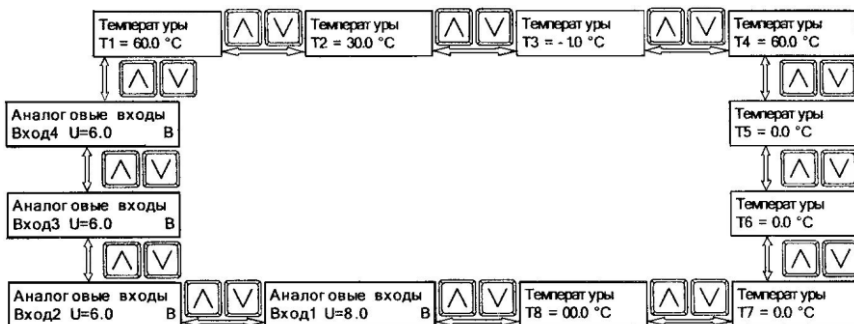
Темпер-ры Визит Отладка

«Темпер-ры» – просмотр температур и давлений (или напряжений аналоговых входов).



«Визит» – архив посещений. Отмечает время начала обслуживания и время окончания обслуживания РТ.

«Отладка» – просмотр работы РТ.

Просмотр параметров в разделе «Основное» выполняется по кругу с помощью кнопок  и .





Подраздел «Визит» – архив посещений. В этом подразделе выполняется отметка об обслуживании РТ.

↑ – приход – время начала обслуживания – отметка кнопкой 
 ↓ – уход – время окончания обслуживания – отметка кнопкой 

Раздел «Ручное»



K1 – номер контура. Выбор кнопкой 
 – показывает установленный режим работы.
КОТ – устройство, сигналы управления которым индицируются. Параметр может принимать вид:



КОТ – электропривод клапана управления;

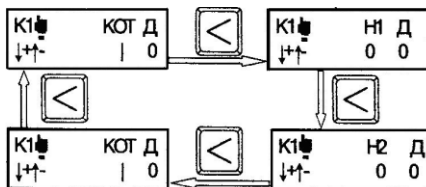
Н1 – насос 1 (основной);





Н2 – насос 2 (резервный);

Подп – управление подпиткой.



Д – уровень сигнала датчиков насосов, конечных выключателей привода клапан, датчиков уровня устройства подпитки вторичного контура.

Просмотр параметров в разделе «Основное» выполняется по кругу с помощью кнопок  и .



Выбор устройства для индикации – , выход в начальное меню – . Управление устройством – кнопки  и .

Работа в меню режима программирования

В режиме программирования РТ выполняются настройки функций и коэффициентов работы РТ. Переход в режим программирования осуществляется путем одновременного нажатия клавиш ,  – установка параметров температурного графика и переключения режимов регулирования.

Структура разделов программирования РТ представлена на рис. 2.4.

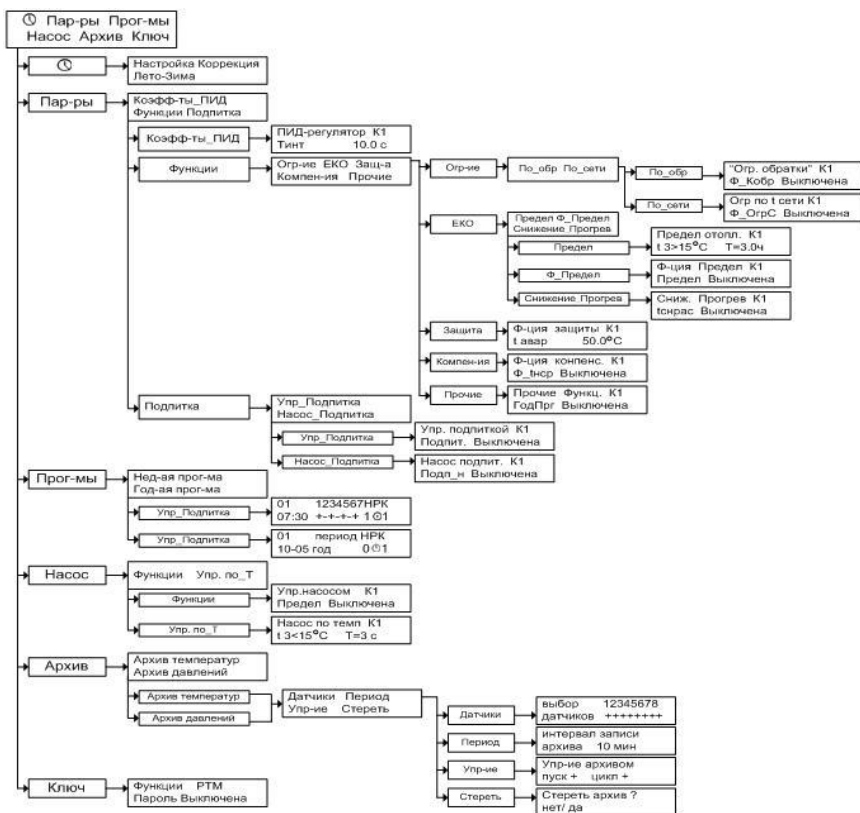


Рис. 2.4. Разделы программирования РТ

Задание

1. Изучить устройство и назначение РТ.
2. Ознакомиться с организацией основного меню РТ.
3. Ознакомиться с разделом меню «Основное».
4. Ознакомиться с разделом меню «Система».
5. Ознакомиться с разделом меню «Параметры».
6. Ознакомиться с разделом меню «Ручное».

Контрольные вопросы

1. Назначение и область применения регулятора температуры РТМ-03.
2. Назовите основные технические характеристики РТМ-03.
3. Меню просмотра основных параметров работы РТ «Основное».
4. Меню просмотра основных параметров работы РТ «Система».
5. Меню просмотра основных параметров работы РТ «Параметры».
6. Меню просмотра основных параметров работы РТ «Ручное».

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ РТМ-03 С ПЭВМ

Цель работы: изучить способы подключения и взаимодействия РТМ-03 с ПЭВМ.

Общие сведения

Для связи с ПЭВМ регулятор имеет последовательный канал связи типа RS232 или RS485. Параметры интерфейсов RS232 и RS485:

скорость обмена	9600 бод;
тип паритета	нет;
число информационных бит	8;
число стоповых бит	1.

Протокол обмена

Диалог между компьютером и регулятором основан на принципе «главный-подчиненный». Роль «главного» всегда играет компьютер, а «подчиненного» – регулятор. Основные положения протокола:

- протокол предусматривает одно главное и до 255 подчиненных устройств;
- сообщения, которыми обмениваются между собой главное и подчиненное, устройства, помещаются в пакеты;
- каждое подчиненное устройство, включенное в сеть, имеет свой уникальный адрес;
- для повышения надежности передачи данных используется избыточный циклический код (CRC);
- если задержка между байтами будет превышать 0,02 с, регулятор будет считать, что это конец посылки и следующий байт воспримет как начало следующей посылки.

Байт 1	Байт 2		Байт n и n+1
Адр. устр.	Код команды.	Сообщение	Сум.

Адр. устр. – физический адрес регулятора. Адрес устанавливается в регуляторе.

Код команды – коды команд.

№ Блока равен «0», предназначен для дальнейшего расширения возможностей системы.

Сум – контрольная сумма (CRC подробно рассмотрена в описании циклического избыточного кода).

После того как регулятор принял пакет и проверил правильность параметров, он формирует ответ. В случае, если пакет сформирован верно, регулятор возвращает положительный ответ либо пакет не-сущий в себе какую-то информацию (чтение температур, чтение памяти). Иначе регулятор возвращает ошибку и ее код.

Если регулятор не отвечает на пакет, то была допущена одна из ошибок:

- не верно указано Адр. устр.;
- ошибка CRC (контрольной суммы);
- регулятор не отвечает на команду RESTART.

Чтение температур

Структура пакета команды «чтение температуры»:

Адр. устр.	Код команд.	№ Блока	№ датч.	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	-------------	---------	---------	-------------	-------------

Структура пакета команды «ответ на чтение температуры»:

Адр. устр.	Код команд.	№ Блока	№ датч.	Код темпер.	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	-------------	---------	---------	-------------	-------------	-------------

№ датч. – физический номер опрашиваемого датчика температуры. Принимает значения от 1 до 8.

Код темпер. – код температуры, который представляет число с плавающей точкой.

Число с плавающей точкой представляет собой трехбайтное число (первый байт – порядок (характеристика) данного числа, а следующих два байта – мантисса). Формат трехбайтного числа с плавающей точкой состоит из пяти полей: знак порядка, порядок, знак мантиссы, переполнение, мантисса.

Поле знака порядка – однобитное, содержит единицу, если порядок отрицательный, и нуль, если порядок положительный.

Поле порядка – семибитное. Оно указывает число битовых позиций, на которое нужно сдвинуть мантиссу, чтобы представить его в форме «0.ппп». Если знак порядка содержит нуль, то мантисса сдвигается влево на порядок, если же знак порядка содержит единицу, то мантисса сдвигается вправо на порядок.

Поле знака мантиссы – однобитное. Оно содержит единицу, если мантисса (число) отрицательная, и нуль, если положительная.

Поле переполнения – однобитное. Оно предназначено для фиксирования переполнения мантиссы, полученной в результате выполнения различных операций.

Поле мантиссы – 14-битное. Оно содержит мантиссу числа.

Примеры представления чисел с плавающей точкой:

десятичное число	число с плавающей точкой (HEX)
0	00 00 00
1	01 20 00
-1	01 a0 00
0,5	00 20 00
-8	04 a000

Примечание. Максимальное число, которое может быть преобразовано в число с плавающей точкой без потери точности: $16383 - 0.1638 \cdot 10^5$.

Двоичное значение числа может быть вычислено по формуле

$$d = (-1)^s \cdot (2^e \cdot 1)^p \cdot (f),$$

где s – знак мантиссы;

p – знак порядка (s и p равны нулю, если число положительное, и единице, если число отрицательное);

e – значение порядка;


f – значение мантиссы.


Установка режима

Структура пакета команды «установка режима»:

Адр. устр.	Код команд	№ Блока	№ Контура	Режим работы	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	------------	---------	-----------	--------------	-------------	-------------

Регулятор имеет пять режимов работы:

1. Ручной режим  (режим можно включить только на регуляторе). В случае если в регуляторе один из контуров работает в ручном режиме, программирование его будет невозможным (ошибка _ER_MODE_R).

2. Стоп  (Код режима работы равен 1).

3. Постоянно «нормальный»  (код режима работы равен 2).

4. Постоянно «пониженный»  (код режима работы равен 3).

5. Программный  (код режима работы равен 4).

№ Контура принимает значения 0 или 1.

0 – первый контур.

1 – второй контур.

Установка типа контура

Структура пакета команды «установка типа контура»:

Адр. устр.	Код команд	№ Блока	№ Контура	Тип контура	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	------------	---------	-----------	-------------	-------------	-------------

Тип контура регулирования может принимать следующие значения:

0 – нет контура регулирования;

1 – регулятор горячей воды;

2 – регулятор температуры теплоносителя по ТГ;

3 – регулятор температуры теплоносителя по ТГ;

4 – регулятор температуры теплоносителя по ТГ с коррекцией по температуре в помещении.

Для корректной установки типа контура регулирования необходимо:

1. Установить режим ДИСТ.
2. Установить тип контура регулирования.
3. Перегрузить регулятор, подав команду RESTART.

Установка режима ДИСТ

Структура пакета команды «установка режима ДИСТ»:

Адр. устр.	Код команд	№ Блока	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	------------	---------	-------------	-------------

Установка режима RESTART

Структура пакета команды «RESTART»:

Адр. устр.	Код команд	№ Блока	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	------------	---------	-------------	-------------

Команда RESTART приводит к полному перезапуску регулятора.

Чтение памяти

Структура пакета команды «чтение памяти»:

Адр. устр.	Код команд.	№ Блока	Адр. (мл.б)	Адр. (ст.б)	Кол-во б-т	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	-------------	---------	-------------	-------------	------------	-------------	-------------

Кол-во б-т – количество байт, значения которых нужно прочитать. В случае если количество байт будет превышать 6, регулятор выдаст ошибку параметров.

Структура пакета команды «ответ на чтение памяти»:

Адр. устр.	Код команд	№ Блока	Адр. б-та (мл.б)	Адр (ст.байта)	Кол-во б-т	Значение	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	------------	---------	------------------	----------------	------------	----------	-------------	-------------

Адр. ст/мл байта указывает адрес в памяти, по которому находятся те или иные коэффициенты и функции регулятора.

Значение – информация, которую присылает регулятор.

Количество байт информации равно **Кол-во б-т**.

Запись памяти

Структура пакета команды «запись памяти»:

Адр. устр.	Код команд	№ Блока	Адр. б-та (мл.б)	Адр. б-та (ст.б)	Кол-во б-т	Значение	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	------------	---------	------------------	------------------	------------	----------	-------------	-------------

Кол-во б-т – количество байт, значения которых нужно записать.

Значение – информация, которую нужно записать в регулятор.

Количество байт информации равно **Кол-во б-т**.

Примечание: В случае если Кол-во б-т будет превышать 6, регулятор не ответит на посылку.

Чтение архива

Чтение архива выполняется после установки режима «Чтение архива». Структура пакета команды «Чтение архива»:

Адр. устр.	Код команд	№ Блока	Адр. б-та (мл.б)	Адр. б-та (ст.б)	Кол-во б-т	Сум. (ст.б)	Сум. (мл.б)
------------	------------	---------	------------------	------------------	------------	-------------	-------------

Кол-во б-т – количество байт, значения которых нужно прочитать. В режиме «чтение архива» осуществляется по 64 байта. Адрес начала архива равен 0ч4000.

Программа по взаимодействию РТ с ПЭВМ

Программа «STRUMEN-RTM Utilities» предназначена для работы с регулятором температуры РТМ-03А «Струмень» по каналам связи RS-232, RS-485 (в зависимости от комплектации). Программа позволяет выполнять чтение архива температур, архива давлений, архива событий, архива ошибок и архива посещений.

Программа обеспечивает выполнение следующих операций:

- считывание архива температур:
 - настройка конфигурации архива температур;
 - считывание данных с РТ и построение ГТ;
 - сохранение архива на диск;
 - загрузка сохраненного архива;
 - печать архива на принтере;
- считывание архива давлений:
 - настройка конфигурации архива давлений;
 - считывание данных с РТ и построение графика давлений;
 - сохранение архива на диск;
 - загрузка сохраненного архива;
 - печать архива на принтере;
- считывание архива событий:
 - считывание данных с РТ;
 - сохранение архива на диск;
 - загрузка сохраненного архива;
 - экспорт данных в Excel с последующей возможностью печати архива на принтере;
- считывание архива ошибок:
 - считывание данных с РТ;
 - сохранение архива на диск;
 - загрузка сохраненного архива;
 - экспорт данных в Excel с последующей возможностью печати архива на принтере;
- считывание архива посещений:
 - считывание данных с РТ;
 - сохранение архива на диск;
 - загрузка сохраненного архива;
 - экспорт данных в Excel с последующей возможностью печати архива на принтере.

Подключение регулятора к ПЭВМ

Регулятор температуры следует подключить в соответствии с рис. 3.1 и 3.2 в зависимости от канала связи.

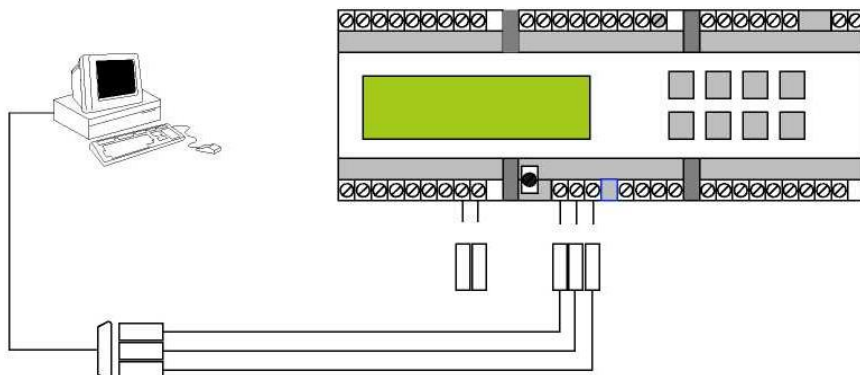


Рис. 3.1. Схема подключения РТМ-03А и РТМ-02 к ПЭВМ по каналу связи типа RS232

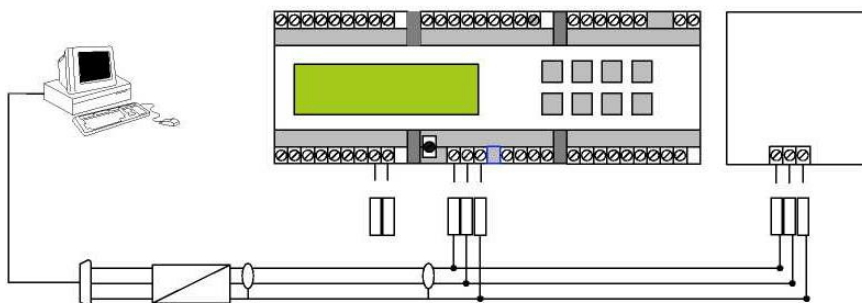


Рис. 3.2. Схема подключения РТМ-03 и РТМ-02 к ПЭВМ по каналу связи типа RS485

Максимальное количество регуляторов, подключенных по каналу связи типа RS485, не должно превышать 31.

Запуск программы

После запуска программы экран примет вид, изображенный на рис. 3.3.

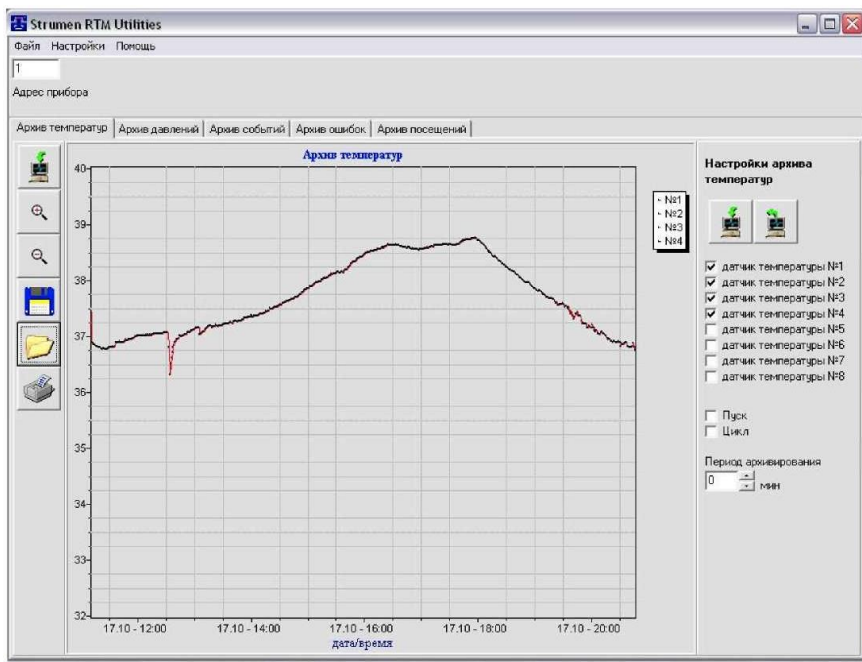


Рис. 3.3. Панель управления «Архив температур»

Назначение управляющих элементов:

1. Меню **Файл** – содержит **ВЫХОД**.
2. Меню **Помощь** – имеет поле «О Программе». Содержит информацию о программном продукте.
3. Меню **Порт** – имеет поле «Настройка порта». Позволяет выбрать необходимый порт и произвести его настройку. Выполнить установку модемного соединения.
4. Установка физического адреса программируемого регулятора, с которым необходимо установить связь. Диапазон возможных адресов от 0 до 255. Адрес 255 является общим для всех регуляторов. Значение адреса регулятора в программе должно совпадать с адресом, запрограммированным в регуляторе.

На данном этапе пользователь должен выполнить следующие операции:

1. Установить физический адрес регулятора, с которым необходимо установить связь.

2. Настроить порт в соответствии с конфигурацией регулятора и подключением к компьютеру.

3. Установить режим работы РТ. В случае если в регуляторе один из контуров работает в ручном режиме, программирование его будет невозможным.

В дальнейшем изменение физического адреса регулятора может выполняться в любой момент времени за исключением времени процесса чтения или записи.

Панели управления

Выбор панели управления

Для выбора панели управления необходимо выбрать одну из закладок. Назначение панелей управления:

«**Архив температур**» – чтение и графическое отображение архива температур;

«**Архив давлений**» – чтение и графическое отображение архива давлений;

«**Архив событий**» – чтение и текстовое отображение архива событий;

«**Архив ошибок**» – чтение и текстовое отображение архива ошибок;

«**Архив посещений**» – чтение и текстовое отображение архива посещений;

Панель управления «Архив температур»

Вид экрана панели управления «**Архив температур**» показан на рис. 3.3.

Назначение управляющих элементов панели управления «**Архив температур**»:

1. Чтение архива.
2. «+», «-» масштаб.
3. Сохранение данных архива.
4. Загрузка сохраненных данных архива.
5. Распечатка графика архива температур.
6. Установка номеров датчиков температуры для архивирования.
7. Включение записи архива температур.

8. Включение циклической записи архива температур.
9. Установка периода архивирования температур.
10. Чтение настроек архива температур.
11. Запись настроек архива температур.

Манипуляции над областью графика выполняются при помощи мыши компьютера. Левая клавиша позволяет выполнить масштабирование, правая – перемещает график в плоскостях.

Панель управления «Архив давлений»

Для выбора панели управления «**Архив давлений**» необходимо выбрать закладку «**Архив давлений**». Вид экрана изображен на рис. 3.4.

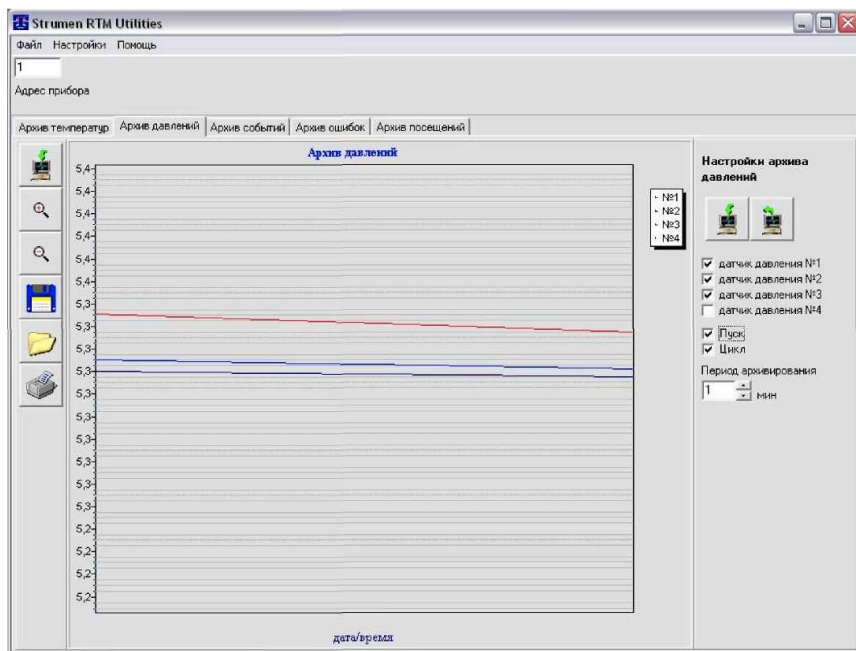


Рис. 3.4. Панель управления «**Архив давлений**»

Назначение управляющих элементов панели управления «**Архив давлений**»:

1. Чтение архива.

Назначение управляющих элементов панели управления «Архив событий»:

1. Чтение архива.
2. Сохранение данных архива.
3. Загрузка сохраненных данных архива.
4. Экспорт архива в Excel.

Для сохранения, загрузки и экспорта архива необходимо нажать правую клавишу мыши компьютера и выбрать соответствующее действие.

Панель управления «Архив ошибок»

Для выбора панели управления «**Архив ошибок**» необходимо выбрать закладку «**Архив ошибок**». Вид экрана изображен на рис. 3.6.

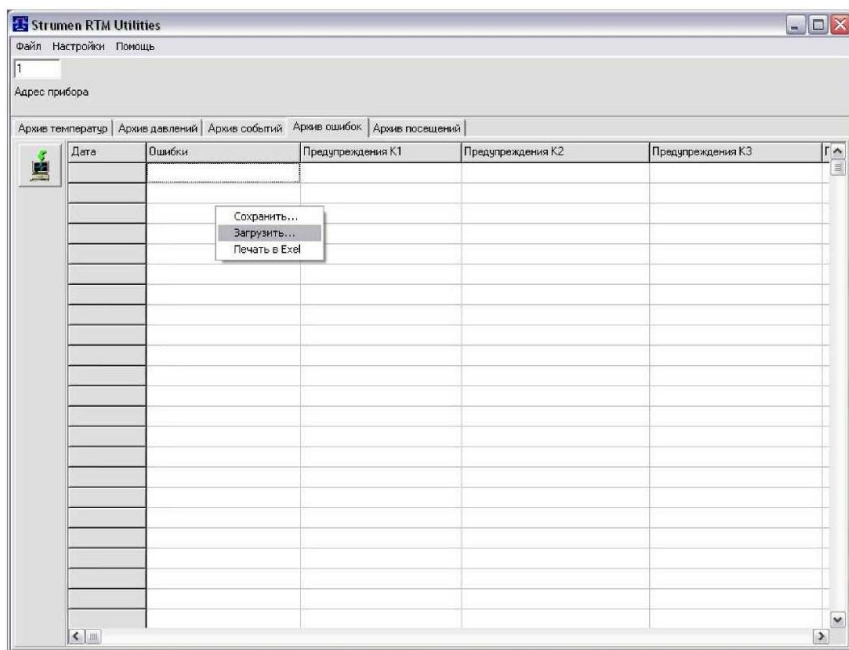


Рис. 3.6. Панель управления «Архив ошибок»

Назначение управляющих элементов панели управления «Архив ошибок»:

1. Чтение архива.

2. Сохранение данных архива.
3. Загрузка сохраненных данных архива.
4. Экспорт архива в Excel.

Для сохранения, загрузки и экспорта архива необходимо нажать правую клавишу мыши компьютера и выбрать соответствующее действие.

Панель управления «Архив посещений»

Для выбора панели управления «**Архив посещений**» необходимо выбрать закладку «**Архив посещений**». Вид экрана изображен на рис. 3.7.

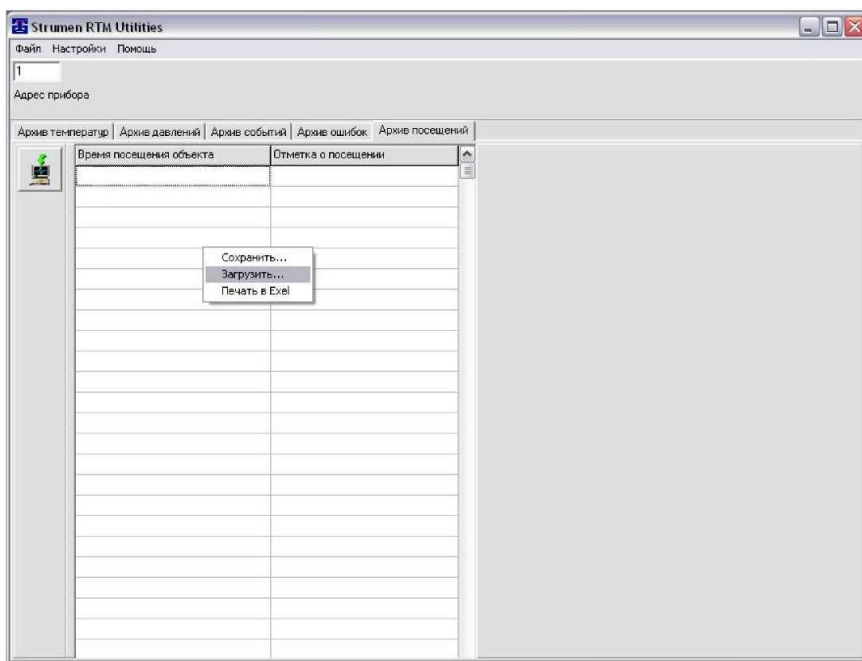


Рис. 3.7. Панель управления «**Архив посещений**»

Назначение управляющих элементов панели управления «**Архив посещений**»:

1. Чтение архива.
2. Сохранение данных архива.

3. Загрузка сохраненных данных архива.
4. Экспорт архива в Excel.

Для сохранения, загрузки и экспорта архива необходимо нажать правую клавишу мыши компьютера и выбрать соответствующее действие.

Задание

1. Изучить способы подключения регулятора к ПЭВМ.
2. Изучить настройки регулятора для передачи сигнала на ПЭВМ.
3. Изучить программу по обработке данных.
4. Составить отчет о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите способы подключения РТМ-03 к ПЭВМ.
2. Каким образом осуществляется настройка РТМ-03 для передачи сигналов на ПЭВМ?
3. В чем сущность программы обработки данных?.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОСЧЕТЧИКОВ

Цель работы: изучить принцип действия, установку и монтаж теплосчетчиков («Струмень ТС-07» и «Струмень ТС-07К»).

Назначение и область применения теплосчетчиков

Теплосчетчик – это прибор или комплект приборов (то же средство измерения), предназначенный для определения количества теплоты и измерения массы и параметров теплоносителя.

Известно, что тепловая энергия, потребленная тем или иным объектом (зданием), вычисляется как функция расходов температур и давлений теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах системы теплоснабжения на границе данного объекта. Поэтому теплосчетчик состоит из двух преобразователей расхода (один на подающем, другой – на обратном трубопроводе), двух датчиков (преобразователей) температуры, а также тепловычислителя. На объектах с большой тепловой нагрузкой применяются еще и датчики давления (с ними точность измерений тепла выше). К вычислителю теплосчетчика может подключаться один или несколько дополнительных преобразователей объема/расхода (водосчетчиков) для учета и регистрации параметров холодного и/или горячего водоснабжения. Существуют также и теплосчетчики, обеспечивающие учет сразу по нескольким тепловым вводам, т.е. по нескольким парам «подающий – обратный трубопроводы».

В качестве преобразователей температуры в составе теплосчетчиков используются обычно термопреобразователи сопротивления. Их принцип действия един, поэтому различные типы теплосчетчиков различаются лишь типом преобразователей расхода. Именно исходя из этого типы теплосчетчиков могут быть тахометрическими, вихревыми, ультразвуковыми, электромагнитными и т.п. Существуют и так называемые комбинированные теплосчетчики, вычислитель которых может работать с расходомерами различных типов.

Назначение и область применения теплосчетчика «Струмень ТС-07»

Теплосчетчик ультразвуковой «Струмень ТС-07» предназначен для измерения потребляемой или отпущенной тепловой энергии в закрытых и открытых водяных системах централизованного теплоснабжения или горячего водоснабжения (ГВС).

Область применения теплосчетчика: системы учета и контроля выработки и потребления тепловой энергии на предприятиях промышленности и коммунального хозяйства.

Теплосчетчик может иметь (в зависимости от исполнения) один или два независимых измерительных контура. Исполнение измерительного контура теплосчетчика определяется выбранным типом системы теплоснабжения:

- измерение объема воды;
- тупиковая ГВС;
- закрытая система. Первичный преобразователь расхода (ППР) на подающем трубопроводе или обратном трубопроводе;
- открытая система;
- открытая система с учетом питания по обратному трубопроводу;
- источник тепла.

Теплосчетчик предназначен для работы с ультразвуковыми ППР (УЗР), имеющими:

- максимальные расходы (1,2; 3,0; 5,0; 7,0; 12,0; 20; 30; 50; 80 и 120) м³/ч;
- диапазон температуры теплоносителя от 10 до 150 °С;
- максимальное давление 1,6 МПа;
- предел допускаемой относительной погрешности измерения объема $\pm 2\%$ во всем диапазоне расходов от Q_{\min} до Q_{\max} .

Теплосчетчик в максимальном исполнении может иметь 4 канала измерения расхода и 4 канала измерения температуры.

Примеры схем установки одноконтурных теплосчетчиков для разных типов систем теплоснабжения и их обозначения приведены на рис. 4.1–4.8.

Схемы установки двухконтурных теплосчетчиков формируются как набор схем одноконтурных теплосчетчиков. Возможно по отдельному заказу увеличение количества измерительных контуров до четырех в пределах аппаратных ресурсов теплосчетчика.

Назначение и область применения теплосчетчика «Струмень ТС-07К»

Теплосчетчик ультразвуковой «Струмень ТС-07К» «компактно-го» исполнения предназначен для измерения потребляемой или отпущенной тепловой энергии, температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, разности этих температур, времени наработки и времени работы с ошибкой, объема и объемного расхода теплоносителя, тепловой мощности, а также индикации измеренных величин и при необходимости для дистанционной передачи измерительной и служебной информации.

Теплосчетчик предназначен для учета, в том числе коммерческого, тепловой энергии в закрытых системах теплоснабжения.

Примеры схем установки теплосчетчика приведены на рис. 4.9 и 4.10.

Примеры схем установки теплосчетчиков

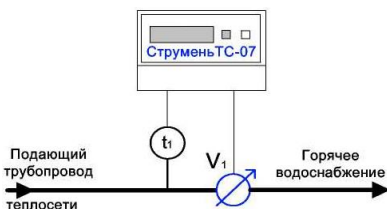


Рис. 4.1. Струмень ТС-07 20.X-0XXX. Тупиковая система ГВС (программирование температуры холодной воды)

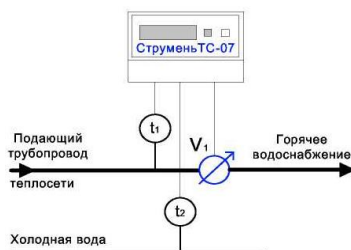


Рис. 4.2. Струмень ТС-07 20.X 1XXX. Тупиковая система ГВС (измерение температуры холодной воды)

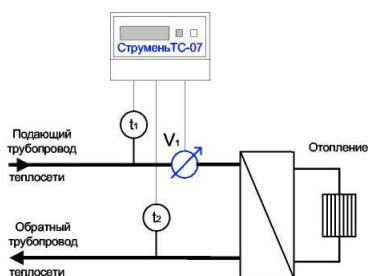


Рис. 4.3. Струмень ТС-07 30.X 1XXX. Закрытая система теплоснабжения (УЗР на подающем трубопроводе)

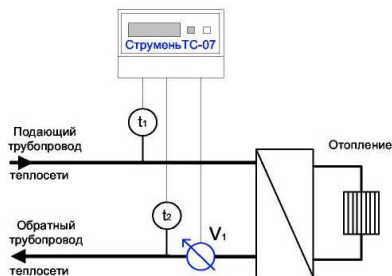


Рис. 4.4. Струмень ТС-07 40.X 1XXX. Закрытая система теплоснабжения (УЗР на обратном трубопроводе)

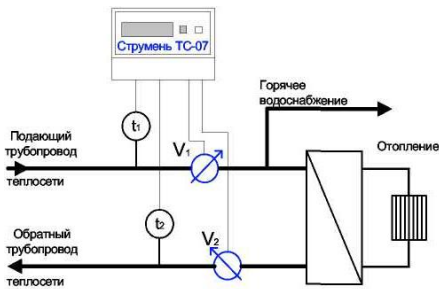


Рис. 4.5. Струмень TC-07 50.XX 0XXX.
Открытая система теплоснабжения
(программирование температуры
холодной воды)

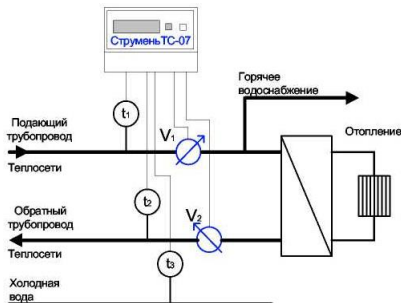


Рис. 4.6. Струмень TC-07 50.XX 1XXX.
Открытая система теплоснабжения
(измерение температуры холодной воды)

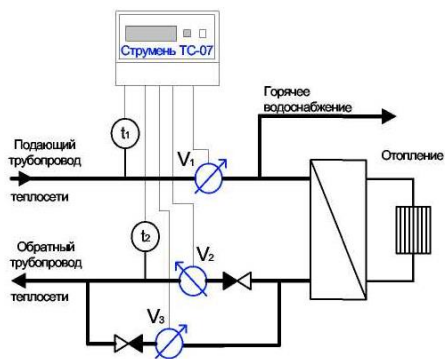


Рис. 4.7. Струмень TC-07 60.XXX 0XX.
Открытая система теплоснабжения
с учетом питания по обратному
трубопроводу (программирование
температуры холодной воды)

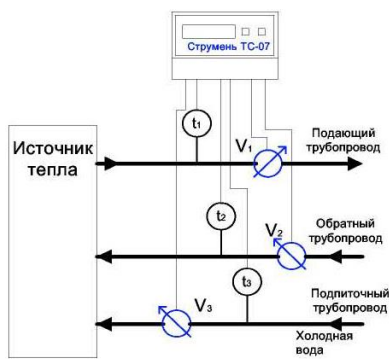


Рис. 4.8. Струмень TC-07 70.XXX 1XXX.
Система теплоснабжения
«Источник тепла»

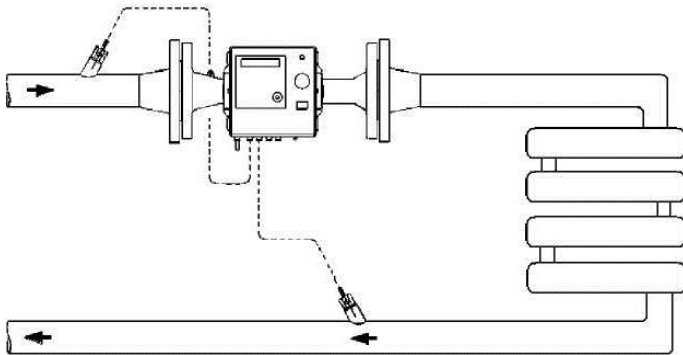


Рис. 4.9. Теплосчетчик «Струмень ТС-07 30.X 1110-К».
Закрытая система теплоснабжения (расходомер (ППР)
на подающем трубопроводе)

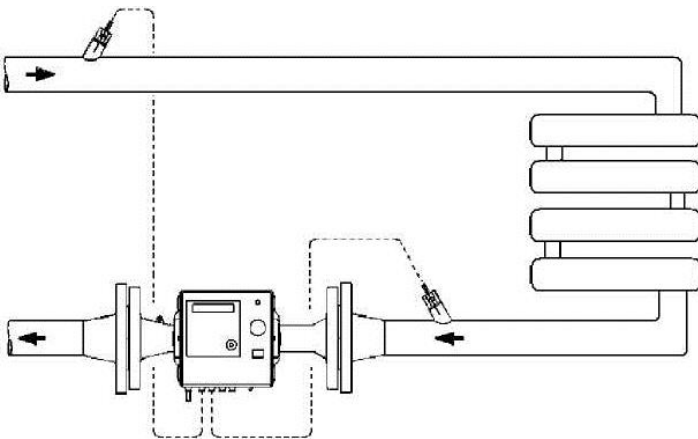


Рис. 4.10. Теплосчетчик «Струмень ТС-07 40.X 1110-К».
Закрытая система теплоснабжения (расходомер (ППР)
на обратном трубопроводе)

Технические характеристики теплосчетчиков

Основные технические характеристики теплосчетчиков «Струмень» приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Наименование параметра	Значение параметра
1	2
Количество измерительных контуров теплосчетчика	1 или 2* (для ТС-07)
Класс теплосчетчика: – по СТБ ГОСТ Р 51649-2004; – по СТБ ЕН 1434-2004	В 2
Пределы допускаемой относительной погрешности каждого измерительного канала ТС при измерении тепловой энергии δ , %	$\delta = \pm(3 + 4\Delta t_n / \Delta t + 0,02G_v/G),$ <p>где Δt и Δt_n – значение разности температур и его наименьшее значение в подающем и обратном трубопроводах, °C; G и G_v – значение расхода теплоносителя и его наибольшее значение в подающем трубопроводе, м³/ч</p>
Пределы допускаемой относительной погрешности ТВ для каждого измерительного канала при вычислении тепловой энергии $\delta_{ТВ}$, %	$\delta_{ТВ} = \pm(0,5 + \Delta t_n / \Delta t),$ <p>где Δt и Δt_n – значение разности температур и его наименьшее значение в подающем и обратном трубопроводах, °C</p>
Пределы допускаемой относительной погрешности УЗР при измерении объема теплоносителя δV , % в диапазоне расходов от наименьшего значения расхода теплоносителя G_n до наибольшего значения расхода теплоносителя G_v	$\delta V = \pm(2 + 0,02 G_v/G),$ <p>где G и G_v – значение расхода теплоносителя и его наибольшее значение в подающем трубопроводе, м³/ч</p>
Диапазон измерения температур теплоносителя, °C	От 5 до 150
Диапазон измерения разности температур теплоносителя, °C	От 3 до 145
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения разницы температур теплоносителя, не более, °C	$\Delta t = \pm(0,6 + 0,004 - t),$ <p>где t – температура теплоносителя</p>

Продолжение табл. 4.1

1	2
Информационный выход (по отдельному заказу) (для ТС-07)	Интерфейс RS-232, M-BUS
Основной информационный выход (для ТС-07К)	Оптический интерфейс согласно EN 61107
Дополнительный информационный выход (по отдельному заказу) (для ТС-07К)	M-Bus, импульсные выходы, пассивная токовая петля
Тип архива (по отдельному заказу) (для ТС-07)	Суточный, часовой, суточный и часовой
Тип архива (для ТС-07К)	Месячный
Относительная погрешность тепловычислителя при измерении текущего времени, не более, %	+0,02
Источник питания тепловычислителя (для ТС-07)	Литиевая батарея емкостью 2,1 А·ч, напряжением 3,6 В, срок службы не менее 4 лет **
Источник питания УЗР(для ТС-07)	Литиевая батарея емкостью 7,2 А·ч, напряжением 3,6 В, срок службы не менее 4 лет **
Источник питания тепловычислителя (для ТС-07К)	Литиевая батарея емкостью 7 А·ч, напряжением 3,6 В, срок службы не менее 4 лет **
Класс защиты теплосчетчика от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0-75	III
Степень защиты оболочки ТВ и УЗР	IP54
Масса тепловычислителя, не более, кг	1.0
Диаметры условного прохода УЗР Ду, мм	15, 20, 25, 40, 50, 65, 80, 100
Диапазон значений расхода теплоносителя, м ³ /ч	0,012–120
Тип термопреобразователя сопротивления	Pt500
Класс допуска термопреобразователя сопротивления	B
Диапазон температуры окружающего воздуха в рабочих условиях, °С	От 5 до 50

1	2
Температура хранения и транспортирования, °С	От -20 до +50
Средний срок службы теплосчетчика, не менее, лет	12
Средняя наработка на отказ, не менее, ч	35000
Температура хранения, °С (для ТС-07К): – в упаковке – без упаковки	От 0 до 40 От 10 до 35

* Возможно увеличение количества измерительных контуров до 4 в пределах аппаратных ресурсов ТС.

** Срок службы батареи указан для температуры эксплуатации не более 35 °С и периодичности считывания информации через последовательный порт не чаще одного раза в час.

Карта заказа теплосчетчика

Карта заказа теплосчетчика «Струмень ТС-07К»

Заказ теплосчетчика для основных типов систем теплоснабжения производится по карте заказа:



Карта заказа теплосчетчика «Струмень ТС-07»

Теплосчетчик **Струмень ТС-07** X X XX / XX – X X X X

Наименование типа теплосчетчика _____

Выбор типа 1-го измерительного контура.

Тупиковая ГВС -----	2	
Закрытая система, УЗР в прямом потоке -----	3	
Закрытая система, УЗР в обратном потоке -----	4	
Открытая система -----	5	
Открытая система с учетом питания по обратному трубопроводу -----	6	
Система теплоснабжения «Источник тепла» -----	7	

Выбор типа 2-го измерительного контура.

Контур отсутствует -----	0	
Измерение объема от дополнительного ППР -----	1	
Тупиковая ГВС -----	2	
Закрытая система, УЗР в прямом потоке -----	3	
Закрытая система, УЗР в обратном потоке -----	4	
Открытая система -----	5	

Условные обозначения УЗР 1-го измерительного контура
(от 0 до 9) приведены в таблице 2

Условные обозначения УЗР 2-го измерительного контура
(от 0 до 9) приведены в таблице 2

Метод установки температуры холодной воды

Программирование температуры холодной воды -----	0	
Измерение температуры холодной воды -----	1	

Выбор наличия типа архива

Архив отсутствует -----	0	
Суточный -----	1	
Часовой -----	2	
Суточный и часовой -----	3	

Выбор единицы измерения тепловой энергии

Гкал -----	0	
ГДж -----	1	

Выбор длины кабеля от термопреобразователей сопротивления

3м -----	0	
5м -----	1	
10м -----	2	
По заказу (не более 25м) -----	3	

Таблица 4.2

Условное обозначение ППР	Ду	Тип соединения		Макс. расход Q_{max}	Мин. расход Q_{min}	Порог чувствительности	Падение давления при $0,5Q_{max}$	Монтажная длина	Вес (муфта)	Вес (фланец)
		муфта	фланец							
0	15	+		1,2	0,012	0,0012	130	110	1	
1		+		3	0,03	0,003	130	110	1	
2	20	+	+	5	0,05	0,005	140	190	1,5	3
3	25	+	+	7	0,07	0,007	60	260	3	5
4		+	+	12	0,12	0,012	170	260	3	5
5	40	+	+	20	0,2	0,02	120	300	4	7
6	50		+	30	0,3	0,03	120	270		8
7	65		+	50	0,5	0,05	70	300		11
8	80		+	80	0,8	0,08	120	300		13
9	100		+	120	1,2	0,12	150	360		22

Длина кабеля от термопреобразователей сопротивления до тепловычислителя может быть выбрана 3, 5 и 10 м, или индивидуально для каждого термопреобразователя (длиной не более 25 м).

Устройство и работа теплосчетчика

Для определения количества потребленной тепловой энергии теплосчетчику требуются две физические переменные:

- расход теплоносителя;
- разница температур теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах.

Расход теплоносителя измеряется статически, без использования движущихся частей. Температура теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах фиксируется платиновыми термопреобразователями сопротивления.

В состав теплосчетчика входят:

- от одного (ТС-07К) до четырех (ТС-07) ультразвуковых расходомеров (УЗР);

- тепловычислитель (ТВ);
- от одного до четырех термопреобразователей сопротивления (ТПС) (ТС-07);
- согласованная пара термопреобразователей сопротивления (ТС-07К).

Устройство УЗР с фланцевым соединением представлено на рис. 4.11.

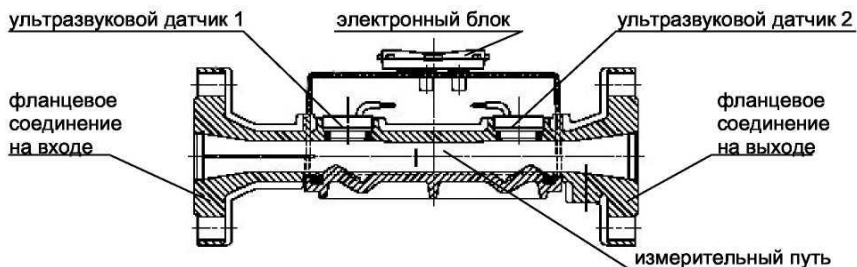


Рис. 4.11. Устройство ультразвукового расходомера

В состав УЗР входят:

- электронный блок;
- расходомер.

Внешний вид электронного блока представлен на рис. 4.12.

Электронный блок УЗР закреплен на расходомере при помощи монтажной пластины. Иногда требуется снять электронный блок с расходомера, для чего прижимают блокирующий рычаг (рис. 4.12), расположенный справа в нижней части электронного блока, как показано на рис. 4.13, и снимают электронный блок, потянув его на себя. Для того чтобы закрепить электронный блок на монтажной пластине, зацепляют верхнюю часть крепления электронного блока за монтажную пластину, прижимают и фиксируют его.

В окошке индикации батарейного отсека (см. рис. 4.12) указан рекомендуемый год замены батареи.

Для проведения монтажных работ и доступа к сервисной кнопке (рис. 4.14) необходимо снять крышку вычислителя. Для чего сначала удаляют пломбы теплоснабжающей организации (это не пломба государственной поверки) с крышки вычислителя. ***Это может быть выполнено только соответствующим персоналом теплоснабжающей организации.*** Затем прижимают четыре фиксатора по бокам крышки корпуса (см. рис. 4.12) и снимают ее, потянув на себя.

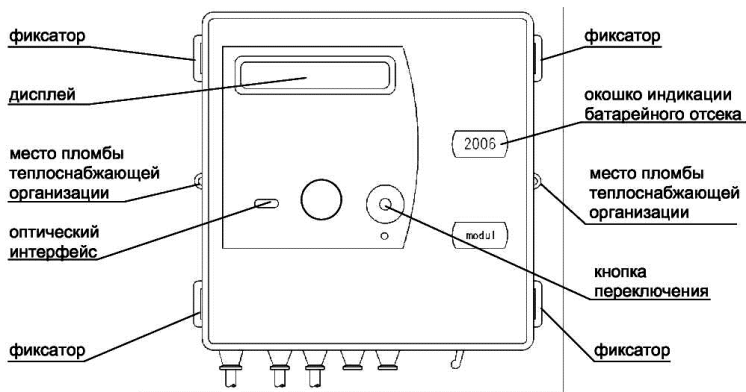


Рис. 4.12. Внешний вид электронного блока УЗР

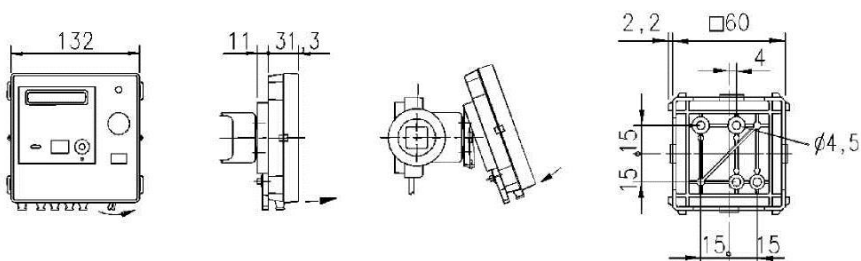


Рис. 4.13. Снятие и установка электронного блока УЗР с монтажной пластины.
Размеры монтажной пластины

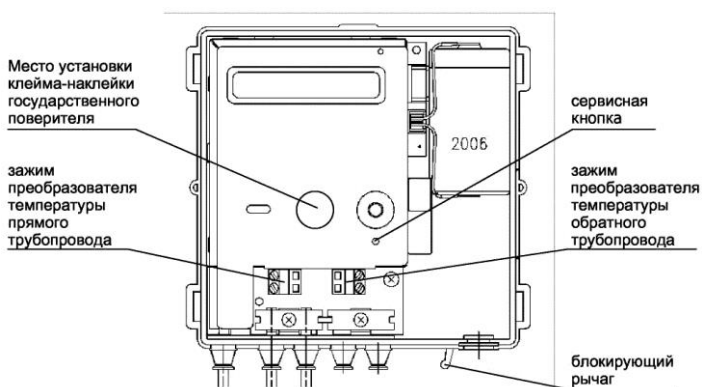


Рис. 4.14 Внешний вид вычислителя (со снятой крышкой)

Клеймо-наклейку государственного поверителя не повреждайте и не удаляйте! В противном случае гарантийный срок и поверка теплосчетчика становятся недействительными.

Внешний вид и габаритные размеры тепловычислителя представлены на рис. 4.15.

Расположение органов управления, индикации и разъемов подключения показано на рис. 4.16.

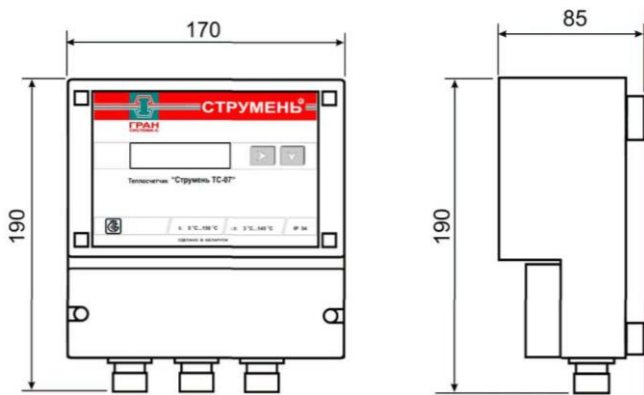


Рис. 4.15. Внешний вид и габаритные размеры тепловычислителя (ТС-07)

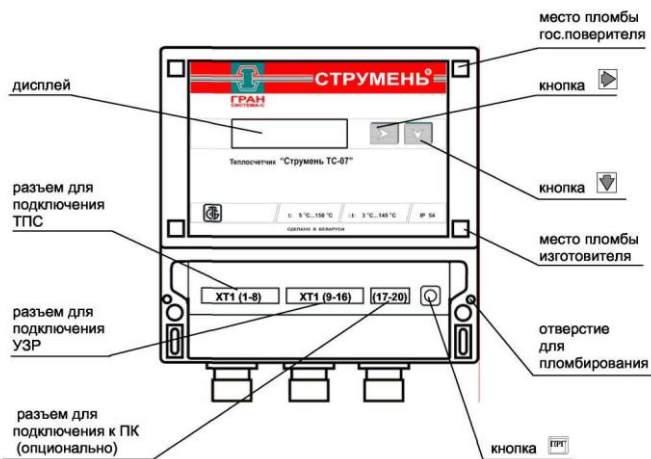


Рис. 4.16. Внешний вид тепловычислителя (ТС-07)

Задание

1. Определить какой теплосчетчик установлен на стенде.
2. Составить заказ на приобретение теплосчетчика по данным, взятым у преподавателя.
3. Оформить отчет.

Контрольные вопросы

1. Назначение и область применения теплосчетчиков «Струмень ТС-07» и «Струмень ТС-07К».
2. В чем отличие закрытых систем теплоснабжения от открытых?
3. Основные технические характеристики теплосчетчиков.
4. Особенности устройства, установки и работы теплосчетчиков.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИДЕАЛЬНОГО И РЕАЛЬНОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ

- Цель работы:**
1. Изучить динамические характеристики идеального ПИД-регулятора.
 2. Изучить динамические характеристики реального ПИД-регулятора.
 3. Провести сравнительный анализ двух регуляторов.

Общие сведения

Задача автоматического регулирования состоит в поддержании требуемого значения регулируемой величины путем воздействия на объект с помощью его регулирующего органа. При отклонении регулируемой величины от заданного значения регулятор воздействует на объект до тех пор, пока регулируемая величина не вернется к требуемому значению.

Регулирующее воздействие может происходить по определенному закону, положенному в основу работы регулятора. Зависимость регулирующего воздействия x_p от отклонения регулируемой величины ε называется законом регулирования. При создании промышленных регуляторов стремятся сконструировать их таким образом, чтобы закон его действия с достаточной точностью описывался линейным дифференциальным уравнением, связывающим выходную переменную ($x_{\text{вых}} = x_p$) с входной ($x_{\text{вх}} = \varepsilon$).

Процессом регулирования называется переходный процесс в замкнутой САУ, т.е. процесс перехода во времени из одного установившегося состояния системы в другое под действием возмущений, приложенных в различных местах системы одновременно или порознь.

Переходные процессы могут быть определены расчетным путем по известным динамическим характеристикам, опытным путем при помощи моделей объекта и регулятора, а также на действующих объектах с промышленными регуляторами.

В большинстве случаев при проектировании автоматических систем регулирования на тепловых электрических станциях возможность выбора типа регулятора по виду реализуемого в нем

закона регулирования ограничена, поскольку большинство систем предназначено для автоматической стабилизации параметров при ограниченном диапазоне допустимых отклонений. Выбор закона регулирования осуществляется в зависимости от сложности и ответственности объекта управления и требований к точности поддержания регулируемой величины. В тех случаях, когда допускаются относительно большие колебания регулируемой величины, целесообразно устанавливать позиционные регуляторы, работающие по принципу «открыто-закрыто».

При более жестких требованиях к автоматической системе, например, при нежелательности автоколебательных режимов, возникающих в системах с позиционными регуляторами, целесообразно проверить возможность установки П-регулятора прямого действия. Если данные типы регуляторов не удовлетворяют требованиям, то следует применять более сложные законы регулирования – ПИ или ПИД.

При выборе типа регулятора следует руководствоваться: 1) динамическими характеристиками объекта по каналам регулирующего и возмущающего воздействий; 2) требованиями к качеству системы регулирования при всех возможных возмущениях.

Расчет настроек предусматривает определение численных значений параметров настройки регуляторов, при которых переходные процессы в замкнутых автоматических системах удовлетворят заданным или приемлемым показателям качества, т.е. являются оптимальными. Существующие методы расчета позволяют определить численные значения параметров настройки регуляторов (с помощью формул или графиков) по показателям, характеризующим динамические свойства объекта или системы. При этом динамические свойства объекта могут быть представлены в виде временных характеристик, передаточных функций или частотных характеристик. Расчетные формулы или графики по определению оптимальных настроек основываются на оценке временных, частотных или статистических характеристик замкнутой системы с помощью показателей и критериев качества.

Качество является одной из важнейших характеристик, определяющих эффективность автоматических систем регулирования. Чтобы управлять качеством сложных технических систем, необходимо установить уровень качества и уметь его измерять. Получить такую характеристику качества системы в общем виде функциональной

зависимости от множества ее структурных, технических, аппаратных и эксплуатационных характеристик сложно. Поэтому о качестве САР сложными технологическими процессами судят по их функциональным свойствам (устойчивость, статическая и динамическая точности).

Устойчивость САР, т.е. затухание переходных процессов в ней, является необходимым, но не достаточным условием практической пригодности системы. Существенное значение имеет качество процессов регулирования, т.е. сам характер протекания переходных процессов: их длительность и колебательность. Система регулирования должна отвечать двум основным требованиям: а) с максимальной точностью обрабатывать задающий сигнал; б) по возможности не реагировать на внутреннее и внешнее возмущения, т.е. ошибка $\varepsilon(t)$, возникающая под действием возмущения, должна быть наименьшей и ее необходимо максимально быстро ликвидировать.

Автоматические регуляторы должны обладать не только высокой надежностью, но и высокой чувствительностью к изменению входного сигнала, необходимой для точного поддержания регулируемых величин вблизи заданного значения. Для этого в составе регулятора предусматривается измерительное устройство. Кроме того, автоматический регулятор должен развивать на выходе усилие, достаточное для перемещения регулирующих органов (клапанов, задвижек), т.е. содержать в своей структуре мощный исполнительный механизм. Для реализации выбранного закона регулирования и изменения параметров настройки регулятора в необходимых пределах в его состав должны входить устройства формирования закона регулирования и изменения (коррекции) параметров настройки. Необходимо также иметь возможность изменения в широких пределах заданного значения регулируемой величины, с которым сравнивается ее текущее значение.

Автоматические регуляторы делят:

- 1) на стабилизирующие, программные, следящие, самонастраивающиеся (экстремальные);
- 2) реагирующие на отклонение регулируемого параметра или возмущения, а также того и другого;
- 3) релейные, непрерывного действия, импульсные, цифровые.

Различают регуляторы прямого и непрямого действия, причем в исполнительных механизмах последних используется энергия внешнего

источника. Регуляторы непрямого действия в связи с этим делятся на электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные.

Регуляторы непрерывного действия являются наиболее распространенными. По количеству реализуемых ими законов регулирования, т.е. функциональных зависимостей выходной величины от входной, различают интегральные (И), или астатические; пропорциональные (П), или статические; пропорционально-интегральные (ПИ), или изодромные; пропорционально-дифференциальные (ПД), или статические с предварением; и пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД), или изодромные с предварением.

В данной лабораторной работе рассматривается идеальный и реальный ПИД-регулятор.

ПИД-регуляторы производят перемещение регулирующего органа пропорционально отклонению, интегралу и скорости изменения отклонения регулируемой величины:

$$x_p = k_p \left(e + \frac{1}{T_{\text{И}}} \int_0^{t_{\text{П}}} e dt + T_{\text{Упр}} \frac{de}{dt} \right),$$

где k_p – коэффициент усиления регулятора;

$T_{\text{И}}$ – время интегрирования;

$T_{\text{Упр}}$ – время упреждения (опережения, предварения, дифференцирования), характеризующая степень ввода производной в закон регулирования.

В динамическом отношении ПИД-регулятор подобен системе из трех параллельно включенных звеньев: пропорционального, интегрирующего и идеально дифференцирующего. При $T_{\text{Упр}} = 0$ ПИД-регулятор превращается в ПИ-регулятор; если, кроме того, $T_{\text{И}}$ стремится к бесконечности, то получается П-регулятор.

Передаточная функция, амплитудно-фазовая и переходная характеристики идеального ПИД-регулятора определяются по формулам:

$$W_p(p) = k_p + \frac{k_p}{T_{\text{И}} p} + k_p T_{\text{Упр}} p, \quad W_p(j\omega) = k_p - j \left(\frac{k_p}{T_{\text{И}} \omega} - k_p T_{\text{Упр}} \omega \right);$$

$$x_p(t) = \infty \text{ при } t = 0;$$

$$x_p(t) = k_p + \frac{k_p t}{T_I} \text{ при } t > 0;$$

На практике ПИД-регуляторы выполняют либо по структурным схемам с обратными связями, либо к ПИ-регулятору подключается реальное дифференцирующее звено (дифференциатор) с помощью параллельной коррекции (рис. 5.1, а) или с помощью положительной и отрицательной обратной связи (рис. 5.1, б). Передаточная функция (см. рис. 5.1, б) имеет вид

$$W_{\text{ПИД}}(p) = \frac{W_{\text{ПИ}}(p)}{1 \pm W_{\text{ПИ}}(p)W_{\text{Д}}(p)},$$

где $W_{\text{ПИ}}(p) = (k_p(T_I p + 1)) / T_I p$ – передаточная функция ПИ-регулятора;

$W_{\text{Д}}(p) = (k_D T_D p) / (T_D p + 1)$ – передаточная функция дифференциатора;

k_D – коэффициент усиления дифференциатора;

T_D – время дифференцирования.

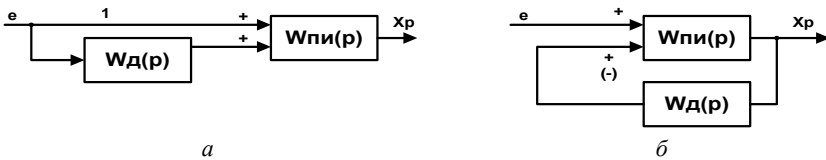


Рис. 5.1. Структурные схемы реализации реального ПИД-регулятора

После несложных преобразований получаем

$$W_{\text{ПИД}}(p) = \frac{k_p}{T_I p} \cdot \frac{(T_I p + 1)(T_D p + 1)}{\left(1 \pm k_p k_D \frac{T_D}{T_I}\right) + (1 \pm k_p k_D) T_D p}$$

Для уменьшения инерционности реального регулятора необходимо, чтобы выполнялись условия $1 \pm k_p k_D \frac{T_D}{T_I} \rightarrow 1$, $(1 \pm k_p k_D) T_D \rightarrow 0$.

Тогда передаточная функция реального ПИД-регулятора примет вид
$$W_{\text{ПИД}}(p) = k_p \cdot \frac{(T_I p + 1)(T_D p + 1)}{T_I p}$$
.

На рис. 5.2 представлено графическое изображение переходной характеристики реального и идеального ПИД-регулятора.

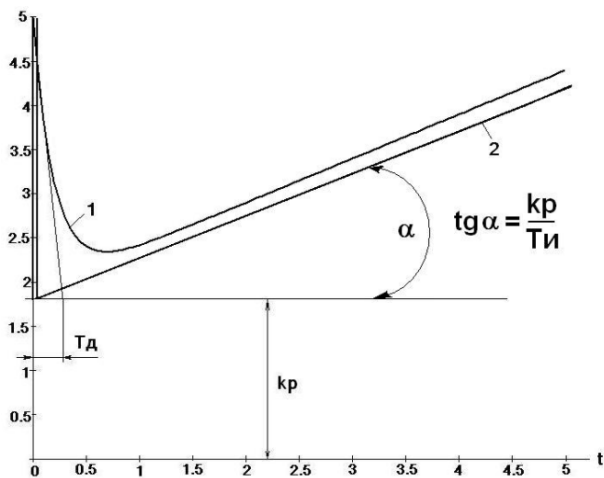


Рис. 5.2. Графическое изображение переходной характеристики реального и идеального ПИД-регулятора

ПИД-регуляторы конструктивно сложнее ПИ-регуляторов, однако они в ряде случаев позволяют улучшить качество регулирования технологических параметров. Они как и ПИ-регуляторы относятся к астатическим регуляторам.

Задание

Исследовать влияние структуры ПИД-регулятора на качество процесса регулирования при отработке основных возмущений: задающего воздействия, внутреннего и внешнего возмущений.

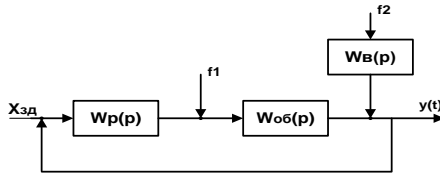


Рис. 5.3. Структурная схема одноконтурной САР:
 $Wp(p)$ – передаточная функция (ПФ) регулятора; $Wоб(p)$ – ПФ объекта регулирования; $Wв(p)$ – ПФ канала действия внешнего возмущения;
 $Xзд$ – задающее воздействие; f_1, f_2 – внутреннее и внешнее возмущения

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7
Параметры объекта	$T_{об} = 20$ с $\tau = 10$ с	$T_{об} = 30$ с $\tau = 13$ с	$T_{об} = 50$ с $\tau = 20$ с	$T_{об} = 70$ с $\tau = 18$ с	$T_{об} = 90$ с $\tau = 25$ с	$T_{об} = 110$ с $\tau = 28$ с	$T_{об} = 130$ с $\tau = 30$ с

1. По передаточной функции объекта определить параметры настройки ПИД-регулятора:

$$T_i = T_{об}; \quad k_p = T_{об} / (2k_{об}\tau); \quad T_d = \tau/4; \quad k_{об} = 1; \quad T_b = \text{var.}$$

2. Построить графики переходных процессов при отработке основных возмущений с использованием различных структур ПИД-регулятора в среде MathCAD при различных значениях постоянной времени T_b (балластной). Для этого в рабочем окне пакета MathCAD необходимо ввести следующие значения:

$$t := 0, 1 \dots 100 \quad \omega := 0, 10 \dots 1000 \quad i := \sqrt{-1}$$

	Идеальный ПИД-регулятор	Реальный ПИД-регулятор
1	2	3
ПФ регулятора	$W_{ip}(\omega) := k_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot i\omega} + T_d \cdot i\omega \right)$	$W_{rp}(\omega) := \frac{k_p \cdot (T_i \cdot i\omega + 1) \cdot (T_d \cdot i\omega + 1)}{T_i \cdot i\omega \cdot (T_d \cdot i\omega + 1)}$
ПФ объекта	$W_o(\omega) := \frac{k_o \cdot e^{-\tau(i\omega)}}{T_o \cdot i\omega + 1}$	
ПФ внешнего возмущения	$W_v(\omega) := \frac{10}{30 \cdot i\omega + 1}$	

1	2	3
ПФ при отработке Хзд	$W(\omega) := \frac{W_p(\omega) \cdot W_o(\omega)}{1 + W_p(\omega) \cdot W_o(\omega)}$	
ПФ при отработке f1	$W(\omega) := \frac{W_o(\omega)}{1 + W_p(\omega) \cdot W_o(\omega)}$	
ПФ при отработке f2	$W(\omega) := \frac{W_v(\omega)}{1 + W_p(\omega) \cdot W_o(\omega)}$	
Формулы для построения графиков переходных процессов	$U(\omega) := \operatorname{Re}(W(\omega)) \quad V(\omega) := \operatorname{Im}(W(\omega))$ $A(\omega) := \sqrt{U(\omega)^2 + V(\omega)^2}$ $h(t) := \frac{2}{\pi} \left(\int_0^t \frac{U(\omega)}{\omega} \sin(\omega \cdot t) d\omega \right)$	

3. Определить прямые показатели качества. Сравнить полученные результаты по времени регулирования и величине максимальной динамической ошибки. Результаты занести в таблицу.

Вид возмущения		Задающее воздействие		Внутреннее возмущение		Внешнее возмущение	
		t_p	$\sigma, \%$	t_p	$A_{M1}, \%$	t_p	$A_{M1}, \%$
Численное значение	(1) – идеальный ПИД-регулятор						
	(2) – реальный ПИД-регулятор						

4. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. К какому классу регуляторов относится ПИД-регулятор?
2. Дать определение ПИД-регулятору.
3. Преимущества и недостатки ПИД-регуляторов.

ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Цель работы: 1. Изучить методику определения динамических характеристик объектов регулирования без запаздывания.

2. Изучить методику определения динамических характеристик объектов регулирования с запаздыванием.

Общие положения

Свойства САР определяются ее параметрами, характеризующими способность отдельных звеньев этой системы накапливать или рассеивать энергию. Таким образом, понятие параметра тесно связано с принципом действия звена, а его значение определяется конструктивными размерами отдельных элементов звена, физическими свойствами применяемых материалов и т.д.

Выражения, характеризующие параметры, входят в том или ином виде в дифференциальные уравнения, описывающие движение звеньев САР. Конструктивные размеры, оказывающие влияние на динамические свойства элемента, обычно входят в это уравнение в виде постоянных величин. Переменные параметры определяются в основном теми физическими явлениями, которые протекают в элементе, или свойствами применяемых материалов. Значение переменного параметра зависит, как правило, от координат звена – его входных и выходных величин. Это приводит к сложным функциональным зависимостям между переменными и к нелинейному виду дифференциального уравнения, описывающего динамические свойства звена. Распределенные параметры определяются конструктивными размерами и протекающими в звене физическими явлениями.

Исследование свойств сложной динамической системы, в частности, САР, осуществляется путем анализа дифференциального уравнения, определяющего связь между входной и выходной ее величинами на неустановившихся режимах работы. Это уравнение находится из системы дифференциальных уравнений, каждое из

которых описывает движение определенного входящего в эту систему звена путем исключения промежуточных переменных.

Зная дифференциальные уравнения, а, следовательно, и передаточные функции входящих в систему элементов и связи между ними, можно определить передаточную функцию системы, если применять правила нахождения передаточных функций цепей, состоящих из динамических звеньев, соединенных определенным образом.

Исследование динамических характеристик объекта регулирования с целью получения его математической модели, например, в виде соответствующей передаточной функции, является необходимым этапом наладки любой САР. Полученные при этом передаточные функции объекта регулирования служат основой для расчета параметров САР, а также определения переходных процессов в замкнутой системе с использованием ПК.

Для расчета параметров динамической настройки двухконтурных САР для объектов без запаздывания и с самовыравниванием передаточную функцию чаще всего принимают в виде инерционно-го звена второго порядка без запаздывания:

$$W_{\text{оп}}(p) = \frac{k_{\text{оп}}}{(T_{\text{оп}}p + 1)(\sigma_{\text{оп}}p + 1)}, \quad (6.1)$$

где $k_{\text{оп}}$ – коэффициент усиления опережающего участка объекта регулирования;

$T_{\text{оп}}$ и $\sigma_{\text{оп}}$ – соответственно большая и меньшая постоянные времени опережающего участка, численные значения которых определяются графическими построениями, приведенными на рис. 6.1. Вначале проводится касательная АВ к кривой разгона. Затем участок аб общий для касательной и кривой делится на две равные части. В результате определяется середина участка аб в точке с, на которой восстанавливается перпендикуляр от с к горизонтали, равный коэффициенту усиления участка $k_{\text{оп}}$. Полученный при этом отрезок СВ равен сумме $T_{\text{оп}} + \sigma_{\text{оп}}$.

При этом исходные значения постоянных времени передаточной функции (6.1) определяют равенствами:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\text{оп}} &= \text{OA}; \\ T_{\text{оп}} &= \text{CB} - \text{OA} \end{aligned} \right\} \quad (6.2)$$

Проверка правильности аппроксимации переходной характеристики опережающего участка объекта передаточной функцией (6.1) определяется следующим образом. Проводится перпендикуляр BD на ось времени и определяется отношение $\sigma_{оп} / T_a = OA / AD = n$. Если $n \leq 0,104$, то аппроксимация проведена верно.

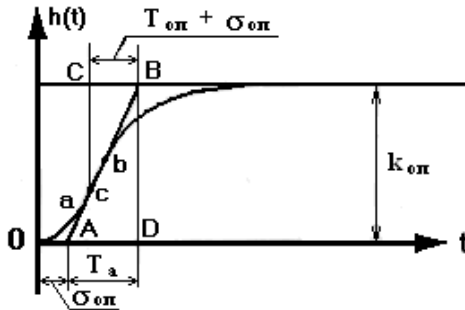


Рис. 6.1. Методика обработки переходной характеристики опережающего участка объекта

Если представить динамику объекта в виде передаточной функции с различными постоянными времени, то получим

$$W_{оп}(p) = \frac{1}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}. \quad (6.3)$$

Переходная функция объекта, соответствующая передаточной функции (6.3), определяется выражением

$$x = 1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_2}}$$

и представляет собой монотонную кривую (рис. 6.2), характерной точной которой является точка перегиба, соответствующая моменту изменения знака второй производной. Изменение знака второй производной происходит в момент времени

$$t_{п} = \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln\left(\frac{T_1}{T_2}\right).$$

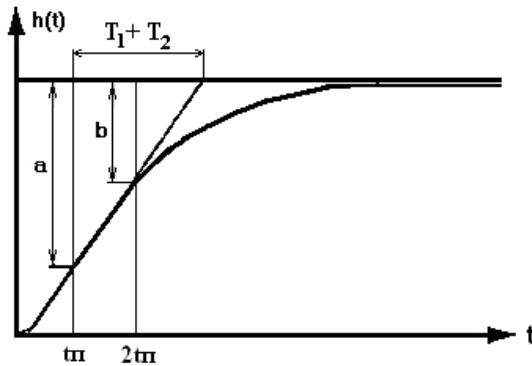


Рис. 6.2. Переходная функция элемента, состоящего из двух аperiodических звеньев, соединенных последовательно

Значение выходной координаты в точке перегиба определяется соотношением

$$x_{\text{п}} = 1 - \frac{T_1 + T_2}{T_1} e^{-\frac{t_{\text{п}}}{T_1}}.$$

При определении параметров элемента, состоящего из двух аperiodических звеньев, соединенных последовательно, по его переходной функции используется равенство величины подкасательной функции $1 - x$ в точке ее перегиба $t_{\text{п}}$ сумме постоянных времени $T_1 + T_2$ аperiodических звеньев (рис. 6.3):

$$\frac{dx}{dt} = \frac{e^{-\frac{t_{\text{п}}}{T_1}} - e^{-\frac{t_{\text{п}}}{T_2}}}{T_1 - T_2}.$$

Пользуясь соотношением

$$T_1 e^{-\frac{t_{\text{п}}}{T_2}} = T_2 e^{-\frac{t_{\text{п}}}{T_1}}, \quad (6.4)$$

определенным из уравнения $\frac{d^2 x}{dt^2} = 0$,

Очевидно, вычислять отношение $\frac{T_1}{T_2}$ по формуле (6.6) невозможно.

Поэтому для вычисления постоянных времени пользуются специальным графиком, что вызывает некоторые неудобства.

Более удобен следующий метод вычисления постоянных времени.

Сумма постоянных времени $T_1 + T_2$ находится описанным выше способом. Далее, пользуясь уравнением (6.4), находим

$$1 - x(2t_n) = \frac{T_1^2 + T_1 T_2 + T_2^2}{T_1^2} e^{-2\frac{t_n}{T_1}}. \quad (6.7)$$

Введем обозначения $a = 1 - x_n$ и $b = 1 - x(2t_n)$ (см. рис. 6.2).

Из выражений (6.5) и (6.7) получаем (принимая, что $T_1 > T_2$)

$$\frac{T_1}{T_1 + T_2} = 0,5 + \sqrt{\frac{b}{a^2} - 0,75}. \quad (6.8)$$

Правило определения постоянных времени двух аperiodических звеньев, соединенных последовательно, по их переходной функции можно сформулировать следующим образом. Проводится касательная в точке перегиба переходной функции и определяется сумма постоянных времени, равная по своей величине подкасательной кривой $1 - x(t)$, где $x(t)$ – переходная функция звеньев. Далее находится величина b , равная динамической ошибке в момент времени $t = 2t_n$, где t_n – абсцисса точки перегиба, a – динамическая ошибка в момент времени $t = t_n$. Отношение большей постоянной времени к сумме постоянных времени находится по формуле (6.8).

Передаточные функции объектов с запаздыванием для расчета параметров динамической настройки принимают обычно в виде инерционного звена первого порядка с запаздыванием:

$$W_{ин}(p) = \frac{k_{ин}}{(T_{ин}p + 1)} e^{-\tau_{ин}p},$$

где $k_{ин}$ – коэффициент усиления инерционного участка объекта регулирования;

$\tau_{ин}$ и $T_{ин}$ – соответственно время запаздывания и постоянная времени инерционного участка, численные значения которых зависят от метода аппроксимации.

Вначале проводится касательная АВ к переходной характеристике инерционного участка (см. рис. 6.3). Затем участок аб общий для касательной и кривой делится на две равных части. В результате определяется середина участка аб в точке с. Из точки с проводим перпендикуляр. Полученный отрезок СВ обозначаем как T_k – величина подкасательной. Из точки В проводим перпендикуляр к оси времени. Отрезок ВD равен коэффициенту усиления участка $k_{ин}$. Отрезок DA обозначим как T_a – постоянная времени; ОА – время запаздывания τ_a . Для расчета численных значений постоянных времени инерционного участка $T_{ин}$, $\sigma_{ин}$ и условного времени запаздывания τ_y используют следующие формулы:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ин} &= 0,104 T_a = AE ; \\ T_{ин} &= T_k - \sigma_{ин} = CB - AE ; \\ \tau_y &= \tau_a - \sigma_{ин} = OA - EA . \end{aligned} \right\}$$

Искомая передаточная функция имеет следующий вид:

$$W_{ин}(p) = \frac{k_{ин}}{(T_{ин}p + 1)(\sigma_{ин}p + 1)} e^{-\tau_y p} = \frac{k_{ин}}{T_k p + 1} e^{-\tau_y p} ,$$

где $T_k = T_{ин} + \sigma_{ин}$.

Рассмотрим несколько методов получения численных значений $\tau_{ин}$ и $T_{ин}$:

1. Методика аппроксимации Купфмюллера.

Провести касательную АВ к переходной характеристике инерционного участка (рис. 6.4).

Опустить перпендикуляр на ось времени. Полученные при этом отрезки обозначим: ОА = τ_a – время запаздывания, АС = T_a – время разгона.

Тогда искомая передаточная функция

$$W_{ин1}(p) = \frac{k_{ин}}{T_a p + 1} e^{-\tau_a p} .$$

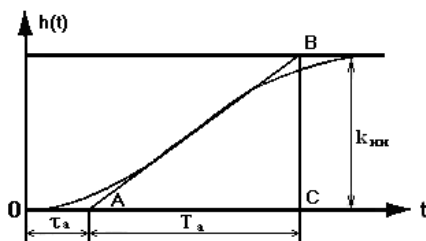


Рис. 6.4. Методика обработки переходной характеристики инерционного участка объекта методом Купфмюллера

2. Методика аппроксимации Гурецкого:

Провести касательную АВ к переходной характеристике инерционного участка (рис. 6.5).

Провести горизонталь до пересечения с переходной характеристикой на уровне $h(t) = 0,632 \cdot k_{ин}$ в точке С.

Опустить перпендикуляр CD на ось времени. Полученные при этом отрезки обозначим: $OA = \tau_a$ – время запаздывания, $AD = T_0$ – постоянная времени.

Искомая передаточная функция имеет вид

$$W_{ин2}(p) = \frac{k_{ин}}{T_0 p + 1} e^{-\tau_a p}.$$

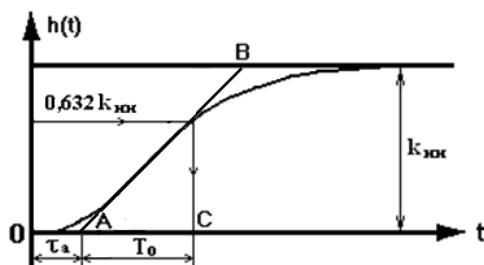


Рис. 6.5. Методика аппроксимации переходной характеристики по методу Гурецкого

3. Методика аппроксимации Ротача.

Провести касательную АВ к переходной характеристике инерционного участка (рис. 6.6).

Найти условную точку перегиба С.

Определить координаты точки перегиба С ($OD = t_n$, $OE = \Delta h_n$).

Опустить перпендикуляр ВМ на ось времени.

Полученную подкасательную обозначить $DM = T_p$.

Рассчитать величину запаздывания

$$\tau_p = t_n - \ln \frac{T_a}{T_p},$$

где $T_a = AM$.

Искомая передаточная функция имеет вид

$$W_{инз}(\rho) = \frac{k_{ин}}{T_p \rho + 1} e^{-\tau_p \rho}.$$

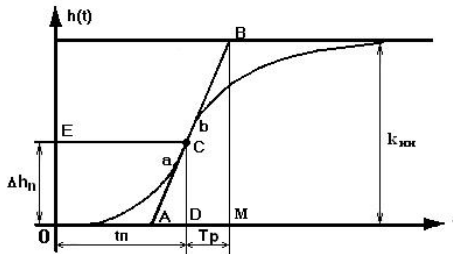


Рис. 6.6. Методика аппроксимации переходной характеристики по методу Ротача

Задание

1. Определить численные значения коэффициента усиления и постоянных времени опережающего участка по переходной характеристике, снятой со стенда, для исследования динамики изменения параметров систем отопления и горячего водоснабжения в процессе регулирования.

2. Определить численные значения коэффициента усиления, постоянных времени и условного времени запаздывания инерционного участка по переходной характеристике, снятой со стенда, для исследования динамики изменения параметров систем отопления и горячего водоснабжения в процессе регулирования.

Контрольные вопросы

1. Преимущества и недостатки определения динамики объекта регулирования с помощью переходных характеристик.
2. Какие методы аппроксимации переходных характеристик объекта регулирования знаете?
3. С какой целью необходимо определение численных значений коэффициентов передаточной функции объекта регулирования?

**ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ОБЪЕКТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ
В ВИДЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ
ИНЕРЦИОННЫХ ЗВЕНЬЕВ n -ГО ПОРЯДКА**

Цель работы: 1. Изучить методику определения динамических характеристик объектов регулирования.

2. Определить параметры оптимальной динамической настройки ПИД-регулятора различными методами.

Динамика объекта представлена в виде передаточной функции n -го порядка

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{(T_{об}p+1)^n}, \quad (7.1)$$

где $k_{об}$ – коэффициент усиления объекта регулирования;

$T_{об}$ – постоянная времени объекта регулирования;

n – степень уравнения.

Разложим знаменатель формулы (7.1) и получим

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{(T_{об}p+1)^n} = \frac{k_{об}}{1+a_1p+a_2p^2+\dots}. \quad (7.2)$$

Передаточная функция (7.2) при степени приближения $m = 1$ примет вид

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{(T_{об}p+1)^n} = \frac{k_{об}}{1+a_1p+a_2p^2+\dots} = \frac{k_{об} \cdot e^{-t_{31}p}}{1+b_1p},$$

где t_{31} соответствует условному времени запаздывания τ_y , а b_{11} – постоянной времени объекта регулирования T_K (4) с запаздыванием:

$$W_{об}^*(p) = \frac{k_{об} \cdot e^{-\tau_y p}}{T_K p + 1}.$$

Передаточная функция регулятора выглядит следующим образом:

$$W_p(p) = \frac{T_\Phi p + 1}{W_{об}(p)(T_{зд} + \tau_y)p}; \quad T_\Phi = \frac{0,5\tau_y}{1 + \frac{T_{зд}}{\tau_y}}$$

где $T_{зд}$ – заданное время разгона.

Если подставить в передаточную функцию регулятора передаточную функцию $W_{об}(p)$ и условное время запаздывания $\tau_y = 0$, то получим

$$T_\Phi = 0, \quad W_p(p) = \frac{a_2 p^2 + a_1 p + 1}{k_{об} T_{зд} p},$$

что представляет собой передаточную функцию ПИД-регулятора.

Настройку ПИД-регулятора можно получить двумя способами:

$$1. W_p(p) = \frac{T_{и}}{k_{об} T_{зд}} \frac{(T_{и} p + 1)(T_{д} p + 1)}{T_{и} p},$$

где $a_1 = T_{и} + T_{д}$ и $a_2 = T_{д} \cdot T_{и}$.

Время интегрирования $T_{и} = \frac{a_1 + \sqrt{a_1^2 - 4a_2}}{2}$; время дифференци-

рования $T_{д} = \frac{a_1 - \sqrt{a_1^2 - 4a_2}}{2}$; коэффициент усиления регулятора

$$k_p = \frac{T_{и}}{k_{об} T_{зд}}.$$

Если подставить значения постоянных времени a_1 и a_2 через порядок уравнения n , то получим

$$T_{и} = \frac{n + \sqrt{n(2-n)}}{2} T_{об};$$

$$T_{д} = \frac{n - \sqrt{n(2-n)}}{2} T_{об}.$$

При $n > 2$ получаем корень из отрицательного числа. Так как параметры настройки регулятора не могут быть комплексными, то число под корнем необходимо брать по модулю и исследовать применимость такого допущения.

2. Передаточная функция ПИД-регулятора запишется следующим образом:

$$W_p(p) = \frac{a_1}{k_{об} T_{зд}} \left(1 + \frac{1}{a_1 p} + \frac{a_2}{a_1} p \right),$$

где $a_1 = T_{и}$, $a_2 = T_{д} \cdot T_{и}$;

$$k_p = \frac{a_1}{k_{об} T_{зд}}, \quad T_{д} = \frac{a_2}{a_1}.$$

Если подставить значения постоянных времени a_1 и a_2 через порядок уравнения n , то получим

$$T_{и} = T_{об} \cdot n.$$

Так как зачастую передаточная функция объекта заранее не известна, то существуют методы определения параметров a_1 и a_2 опытным путем из графика переходной характеристики объекта.

Для нахождения коэффициента a_1 необходимо найти площадь между кривой переходной характеристики объекта при коэффициенте усиления, равном 1, и прямой $1(t)$:

$$a_1 = \int_0^{\infty} [1 - h(t)] dt.$$

Для нахождения коэффициента a_2 вводится относительное время $\theta = \frac{t}{a_1}$, тогда

$$a_2 = \int_0^{\infty} [1 - h(t)] (1 - \theta) a \theta.$$

Для проверки правильности формул необходимо подставить в них переходную функцию реального объекта. Для объекта вида

$$W_{об}(\rho) = \frac{k_{об}}{(T_{об}\rho + 1)^n}$$

переходная функция имеет вид:

$$h(t) = k_{об} \left[1 - e^{-\frac{t}{T_{об}}} \sum_{n=0}^{m-1} \frac{t^n}{T_{об}^n \cdot n!} \right].$$

Данная методика сложна в применении, так как расчет коэффициента a_1 не вызовет сложностей, а расчет a_2 будет трудоемким. Для нахождения переходной функции объекта регулирования по графику можно использовать аппроксимацию передаточной характеристики по методу БНТУ с дальнейшим использованием обратного преобразования Лапласа.

Для передаточной функции вида $W_{об}(\rho) = \frac{e^{-\tau y \rho}}{(T_1 \rho + 1)(\sigma \rho + 1)}$ переходная функция имеет вид

$$h(t) = k_{об} \left[1 - \frac{T_1}{T_1 - \sigma} e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{\sigma}{T_1 - \sigma} e^{-\frac{t}{\sigma}} \right],$$

а $e^{-\tau y \rho}$ по теореме запаздывания преобразовывается в смещение графика по оси времени вправо на время τ_y .

Коэффициенты a_1 и a_2 можно также определить с помощью дополнительных построений на графике переходной характеристики объекта и с использованием дополнительных графиков зависимостей промежуточных величин $h(t_2)$, λ и от порядка уравнения n .

Значение коэффициента a_1 определяется по переходной характеристике объекта регулирования. Для этого на оси $h(t)$ находим точку А с координатами (0; 0,6321). Проводим параллельно оси t прямую до пересечения с кривой в точке В. Затем опускаем перпендикуляр ВС на ось t и получаем значение времени t_1 . Полученный отрезок ОС соответствует значению коэффициента a_1 . После этого

находим $t_2 = \frac{t_1}{2} = \frac{a_1}{2}$. По значению t_2 определяем значение $h(t_2)$.

По рис. 7.2 и $h(t_2)$ определяем показатель степени n . Также значение $h(t_2)$ можно рассчитать по формуле

$$h(t_2) = \left[1 - \left(1 - 0,6321^n \right)^2 \right]^n$$

и по рис. 7.2 определить n , если первоначально задан только график переходной характеристики.

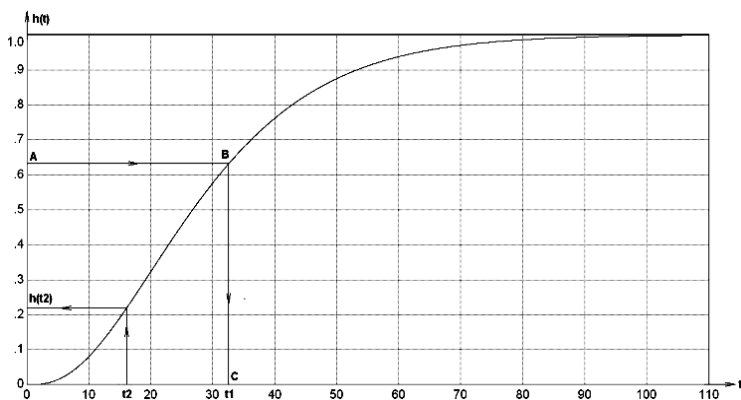


Рис. 7.1. График переходной характеристики объекта регулирования в виде последовательно соединенных звеньев n -го порядка

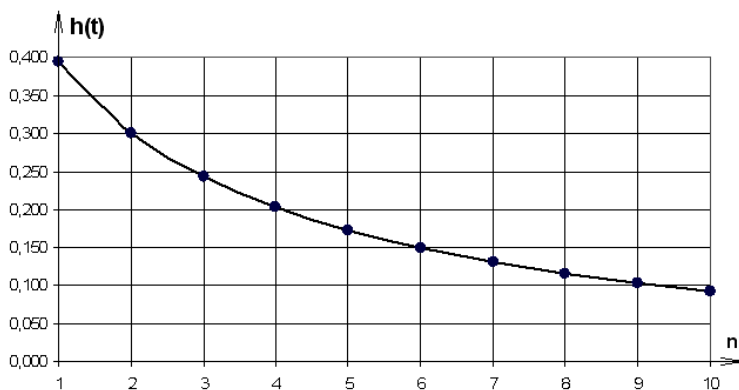


Рис. 7.2. График для определения порядка дифференциального уравнения

Если порядок уравнения известен, то можно определить коэффициент λ по формуле $n = \frac{1}{72} \left(5 + \frac{4}{2\lambda - 1} \right)^2 - \frac{1}{8}$. По этому уравнению была построена зависимость $\lambda = f(n)$ (рис. 7.3). По рис. 7.3 можно определить значение λ в зависимости от порядка уравнения.

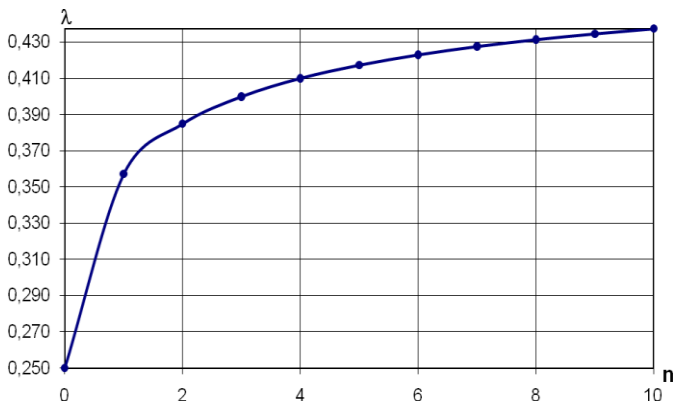


Рис. 7.3. Зависимость λ от порядка уравнения n

Для расчета параметров динамической настройки ПИД-регулятора

$W_p(p) = \frac{a_1}{k_{об} T_{зд}} \left(1 + \frac{1}{a_1 p} + \frac{a_2}{a_1} p \right)$ необходимо определить три пара-

метра: время интегрирования T_i ; время дифференцирования T_d ; коэффициент усиления k_p . Для этого используем формулы:

$$a_1 = T_i = T_{об} \cdot n;$$

$$a_2 = T_d \cdot T_i; \quad \lambda = \frac{a_2}{a_1^2} \Rightarrow a_2 = \lambda \cdot a_1^2, \text{ где } \lambda \leq 0,5 \Rightarrow T_d = \lambda \cdot a_1;$$

$$k_p = \frac{a_1}{k_{об} T_{зд}}.$$

При понижении порядка уравнения до первого с запаздыванием, при степени приближения $m = 1$, передаточная функция объекта регулирования запишется в следующем виде:

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{(T_{об}p+1)^n} = \frac{k_{об}}{1+a_1p+a_2p^2+\dots} = \frac{k_{об} \cdot e^{-t_{31}p}}{1+b_1p},$$

где $t_{31} + b_{11} = a_1 = \text{const}$. Время разгона $T_{зд}$ равна времени условного запаздывания, т.е. $T_{зд} = t_{31} = \tau_y$. Отсюда находим $t_{31} = a_1 - \sqrt{a_1^2 - 2a_2}$. С учетом того, что $a_1 = t_{31} + b_{11} = \text{const}$, определяем b_{11} . Находим коэффициент усиления регулятора k_p .

Для определения параметров динамической настройки ПИД-регулятора по методу полной компенсации в общем виде (МПК ОБ) необходимо использовать следующие расчетные формулы:

1. Передаточная функция регулятора

$$W_p(p) = \frac{k_p(T_{и}p+1) \cdot (T_{д}p+1)}{T_{и}p}.$$

2. Время дифференцирования $T_{д} = \frac{0,5\tau}{1 + \frac{T_{зд}}{\tau}}$, время разгона:

1) $T_{зд} = \tau_y;$

2) $T_{зд} = 0,5\tau_y.$

3. Время интегрирования $T_{и} = b_{11}$.

4. Коэффициент усиления регулятора $k_p = \frac{b_{11}}{2k_{об}t_{31}}$.

Задание

Необходимо определить параметры оптимальной динамической настройки ПИД-регулятора следующими методами:

1. Путем понижения степени уравнения и нахождением соответствующих параметров t_{31} и b_{11} .

2. По методу полной компенсации в общем виде при условии $T_{зд} = \tau_y$.

3. По методу полной компенсации в общем виде при условии $T_{зд} = 0,5\tau_y$.

Таблица 7.1

Вариант	Параметры объекта		
	$T_{об}$	$k_{об}$	n
1	10	1,1	2
2	50	1,5	4
3	30	1	6
4	60	1,4	5
5	100	1,2	3
6	80	1,6	7

В отчете должна быть представлена табл. 7.2 и сделаны выводы: какой метод предпочтителен из условия $k_d \cdot T_d \rightarrow \min$.

Таблица 7.2

	T_i	T_d	K_p	K_d	$T_d \cdot K_d$
<i>Метод 1</i>					
<i>Метод 2</i>					
<i>Метод 3</i>					

Контрольные вопросы




1. Особенности определения параметров передаточной функции объектов регулирования методом площадей.
2. По какому методу рассчитывались параметры оптимальной динамической настройки ПИД-регулятора?



ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ФУНКЦИЙ РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ РТМ-03А






Цель работы: 1. Изучить режимы работы и режимы регулирования РТ.

2. Изучить программирование архива температур.
3. Изучить программирование функции «предел отопления».

Режимы работы и режимы регулирования РТ


РТ имеет два режима работы – «**Автоматический**» и «**Ручной**». Выбор режима «**Ручной**» выполняется кнопкой . Выбор режима работы «**Автоматический**» выполняется кнопкой , при этом включается один из режимов регулирования. Выбор режима регулирования в автоматическом режиме работы выполняется с помощью кнопки . При нажатии этой кнопки последовательно переключаются режимы регулирования. Установленный режим отображается в меню «**Основное**».


В режиме работы «**Ручной**» можно управлять регулирующими клапанами, насосами, устройствами подпитки вторичного контура. Каждый контур регулирования может быть переведен в режим работы «**Ручной**» независимо от режима работы других контуров регулирования. Управление исполнительными устройствами осуществляется с помощью кнопок  и . Для ручного управления необходимо выполнить следующие действия:


- 1) установить ручной режим работы (кнопка );
- 2) выбрать в начальном меню индикации раздел «**Ручное**», нажать кнопку ;
- 3) кнопкой  выбрать устройство для ручного управления;
- 4) с помощью кнопок  и  выполнить управление регулирующими клапанами, насосами, устройствами подпитки вторичного контура.


В режиме работы «**Автоматический**» для каждого контура регулирования устанавливается свой режим регулирования. В режиме работы «**Автоматический**» управление исполнительными устройствами выполняет РТ по внутреннему алгоритму.


В режиме работы «**Автоматический**» выполняются следующие режимы регулирования:

 – режим «**СТОП**». В этом режиме отопление отключено, клапан закрыт, насос выключен. Если установлена функция «защита от замерзания» РТ проводит контроль наружной температуры и температуры теплоносителя. При возникновении угрозы замораживания трубопроводов включается разогрев системы теплоснабжения. В режиме «**СТОП**» может выполняться ежедневная прокрутка насосов. Режим используется для отключения отопления на некоторое время, определяемое пользователем, но с работающими защитными функциями.

 – **постоянно нормальный** режим. В этом режиме поддерживается постоянная температура, заданная пользователем (температура горячей воды, температура теплоносителя или температура в помещении);



 – **постоянно пониженный 1**;




 – **постоянно пониженный 2**. В режимах «**постоянно пониженный 1**» и «**постоянно пониженный 2**» поддерживается постоянная температура горячей воды, температура теплоносителя или температуры в помещении, сниженные на заданную величину;

 – **программный** режим. В этом режиме начинается выполнение недельной и годовой программ, ранее установленных пользователем. Программа включает в себя команды, переключающие в заданное время режимы регулирования контура, включает и выключает насос.


Программирование архива температур

Архив температур позволяет отследить температуры за определенный интервал времени. Для программирования архива температур необходимо выполнить следующие действия:

1) перейти в основное меню программирования. Для этого нажать сочетание кнопок: установка параметров температурного графика  и переключение режимов регулирования .

2) в основном меню программирования кнопками  и  выбрать меню «Архив», нажать . Меню «Архив» имеет вид:

Архив температур
Архив давлений

3) в меню «Архив» выбрать меню «Архив температур», нажать . Меню «Архив» имеет вид:

Датчики – указываем номера датчиков необходимые для архивирования температур.

Датчики	Период
Упр-ие	Стереть

Выбор датчиков	12345678 +++++++
----------------	---------------------

Период – устанавливаем период архивирования:

интервал записи	архива	10 мин
-----------------	--------	--------

Упр-ие – установить функцию **пуск** «+» для включения архивирования. В процессе работы эта функция может быть выключена для приостановки архивирования. Через некоторое время функция может быть включена для продолжения архивирования. Для разрешения работы «по кругу» необходимо включить функцию **цикл** «+». Если функция **цикл** «-», то по окончании буфера архива архивирование будет остановлено. Если функция **цикл** «+», то по окончании буфера программирования РТ начнет запись архива температур с начальной точки.

Упр-ие архивом	пуск + цикл +
----------------	---------------

Стереть – выполнить сброс архива. При этом устанавливается начальная точка архива. Ранее запрограммированные значения температур при этом теряются. Сброс архива с потерей информации выполняется также при изменении номеров архивируемых датчиков температуры и периода архивирования.

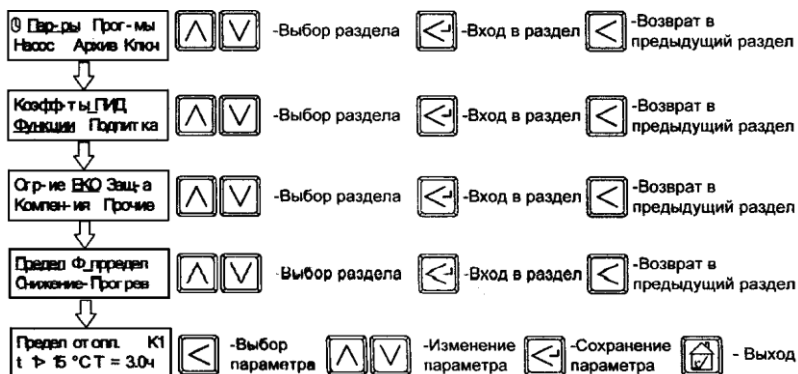
Программирование функции «предел отопления»

Функция «предел отопления» используется:

- для включения и выключения системы отопления по температуре от указанного датчика температуры;

- для защиты системы отопления или трубопровода от замораживания по температуре от указанного датчика температуры.

Для включения функции «**предел отопления**» необходимо выполнить следующие действия:



В меню «ЭЖО» кнопками и выбрать меню «Ф_Предел», нажать и установить параметр «Предел» – **Включена**. Сохранить значение параметра кнопкой . Меню «Ф_Предел» имеет вид:

Ф-ции предел К1
Предел Выключена

Функция «Пр-раб» в меню «Ф_Предел» указывает, что должен делать РТ в случае срабатывания функции «**предел отопления**». Если «Пр-раб» выключено, РТ после срабатывания функции «**предел отопления**» закрывает клапан. Если «Пр-раб» включено, РТ после срабатывания функции «**предел отопления**» открывает клапан. Функция используется в двух вариантах.

Предел отопл. К1
t 3> 15 °C T=3.0 ч

Предел отопл. К1
t 3<-15 °C T=3.0 ч

Вариант 1. Настройка в меню «Предел»: датчик температуры 3 – наружный термометр. В меню «Ф_Предел» функция «Пр-раб» выключена. В этом случае при наружной температуре выше 15 °C РТ через время $T = 3$ ч закроет регулирующий клапан, прекратит регулирование. При снижении температуры наружного воздуха ниже 15 °C РТ через время $T = 3$ ч возобновит регулирование.

Вариант 2. Настройка в меню «Предел»: датчик температуры 3 – наружный термометр. В меню «Ф_Предел» функция «Пр-раб»

включено. В этом случае при наружной температуре ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ РТ через время $T = 3\text{ ч}$ откроет регулирующий клапан, прекратит регулирование. При увеличении температуры наружного воздуха выше $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ РТ через время $T = 3\text{ ч}$ возобновит регулирование.

Задание

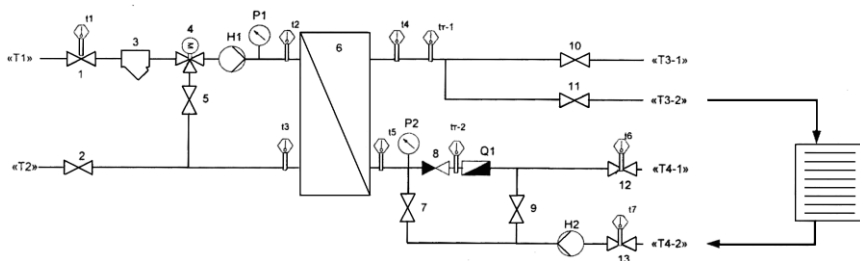


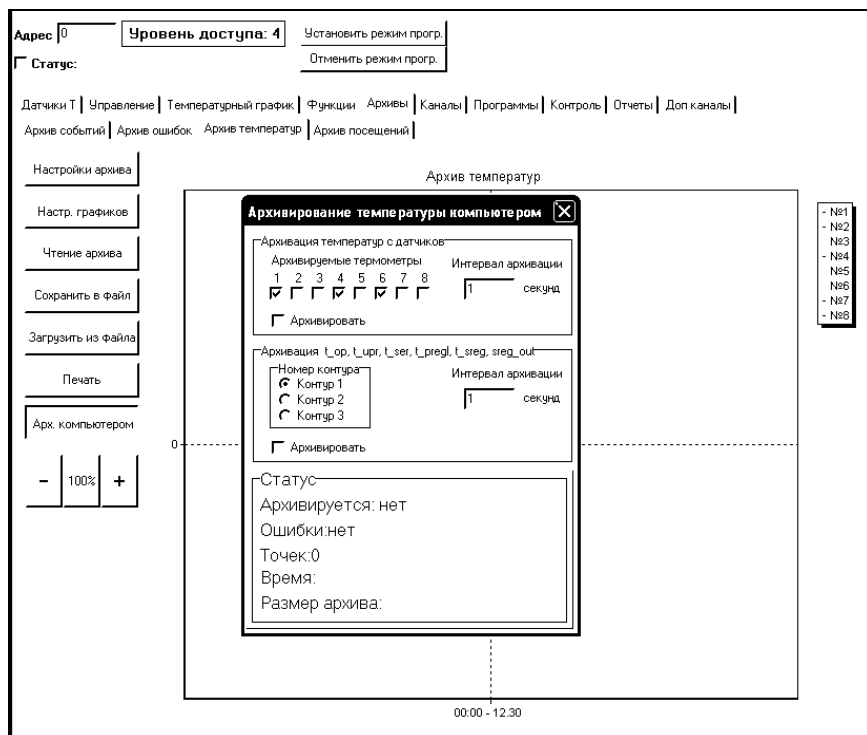
Рис. 8.1. Схема лабораторной установки

1. Начать архивировать температуру в соответствии с вариантом.
2. Включить тумблеры «Насос 1» и «Насос 2».
3. Установить функцию «предел отопления» по соответствующим датчикам температуры.
4. Установить режим «Программный» на компьютере.
5. Внести в отчет график изменения температуры по соответствующим датчикам температуры («Чтение архива»).
6. Выключить тумблеры «Насос 1» и «Насос 2».

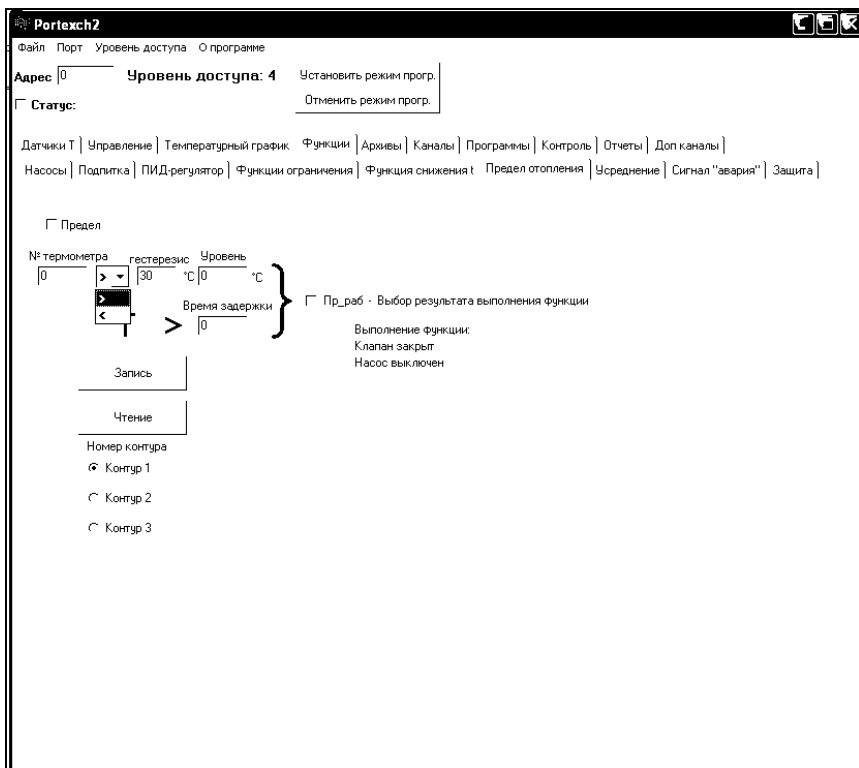
Вариант	№ датчика температуры для архива	Время архивирования, мин	№ датчика для функции «предел отопления»	Время ожидания срабатывания функции, ч
1	1, 2, 3, 7	15	2	0,1
2	4, 5, 6, 7	15	7	0,1
3	2, 4, 6, 7	15	3	0,1
4	5, 3, 1, 7	15	4	0,1

Войти в программу для работы с регулятором РТМ -03А. Выбрать закладку «Установить режим программирования». Выбрать закладку «Архивы». Выбрать закладку «Арх. компьютером» и

установить в полях номера датчиков, необходимых для архивирования. После установления всех значений необходимо нажать на закладку «ЗАПИСЬ»



Выбрать закладку «Функции». Выбрать закладку «Предел отопления». Установить «√» в поле «Предел». Внести согласно варианту данные: номер датчика температуры; уровень срабатывания; время срабатывания. Гистерезис – это зона нечувствительности. Значение гистерезиса – 2 °С. После установления всех значений необходимо нажать на закладку «ЗАПИСЬ». После чего нажать закладку «Отменить режим программирования». Для проверки, правильно ли внесены изменения в работу системы, необходимо нажать на закладку «ЧТЕНИЕ». Для установления режима «Программный» войти в закладку «Управление».



Примечание: Перед началом проведения работ проверьте, открыт или закрыт регулирующий клапан, так как это связано с выбором знака в процессе регулирования температуры. Следует помнить, что если регулирующий клапан закрыт, то необходимо установить знак «<». И наоборот, если регулирующий клапан открыт, то следует установить знак «>».

Контрольные вопросы

1. Назовите режимы работы РТ.
2. Назовите режимы регулирования РТ.
3. Каким образом осуществляется программирование архива температур?
4. Каким образом осуществляется программирование функции «предел отопления»?

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТОПЛЕНИЯ ПО ТГ

Цель работы: 1. Изучить возможные типы контуров регулирования.

2. Изучить программирование типа контура регулирования.

3. Изучить программирование параметров для работы системы регулирования отопления по ТГ.

Типы контуров регулирования

- **тип контура регулирования 1 – ГВС:** РТ поддерживает заданную (постоянную) температуру теплоносителя (горячей воды);




- **тип контура регулирования 2 – ОТОПЛЕНИЕ:** РТ поддерживает температуру теплоносителя в соответствии с отопительной кривой ТГ в зависимости от температуры наружного воздуха;

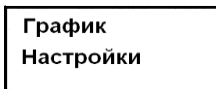
- **тип контура регулирования 3 – ОТОПЛЕНИЕ:** РТ поддерживает температуру в помещении;




- **тип контура регулирования 4 – ОТОПЛЕНИЕ:** РТ поддерживает температуру теплоносителя в соответствии с отопительной кривой ТГ в зависимости от температуры наружного воздуха с коррекцией по температуре в помещении.

Просмотр типа контура регулирования

В процессе работы РТ регулирует температуру теплоносителя и формирует управление исполнительными устройствами в зависимости от установленного типа контура регулирования по информации от набора датчиков температуры. Для каждого типа контура регулирования необходим свой обязательный набор датчиков температуры. При неработоспособности одного из своих обязательных датчиков температуры РТ формирует аварийные типы контура регулирования. В идеале установленный тип контура регулирования и рабочий тип контура совпадают. Для просмотра типа контура регулирования необходимо выполнить следующие действия:

1) в начальном меню индикации кнопками  и  выбрать меню «Система» и нажать кнопку . Меню «Система» имеет вид:



2) в меню «Система» кнопками  и  выбрать меню «Настройка», нажать . Меню «Настройка» имеет вид:

K1 – тип первого контура 1/1, установлен тип контура 1, рабочий тип контура 1;

K2 – тип второго контура 2/2, установлен тип контура 2, рабочий тип контура 2;


K3 – 0/0 контур отсутствует.








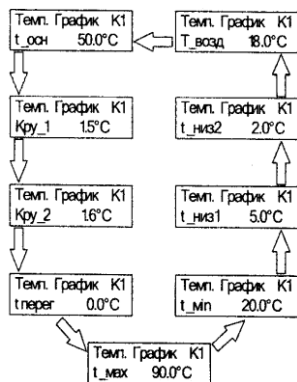
Примечание: в случае когда цифры (например, 2/2) совпадают, РТ работает нормально, в случае несовпадения (например, 2/9) – РТ работает в аварийном режиме, следовательно, следует проверить ошибки и предупреждения и принять меры по их устранению.

Программирование параметров для работы системы регулирования отопления по ТГ

Для системы регулирования отопления по ТГ используется тип контура регулирования 2. Для настройки регулирования отопления по ТГ необходимо выполнить следующие действия:

1) перейти в меню установки параметров ТГ. Для этого в начальном меню работы РТ нажать кнопку . Меню установки параметров ТГ имеет следующий вид:

Выбранный параметр подчеркнут. Перебор параметров осуществляется по кругу – кнопка . Изменение параметров – кнопки  и . Сохранение параметров – . Выход из меню – .



Для работы системы регулирования отоплением по ТГ устанавливаются следующие параметры:

а) $t_{осн}$ – температура основания;

- б) **Кру1** – крутизна первого участка;
- в) **Кру2** – крутизна второго участка;
- г) t_{\max} – максимальная температура теплоносителя;
- д) t_{\min} – минимальная температура теплоносителя;
- е) $t_{\text{перег}}$ – температура перегиба.

Назначение коэффициентов ТГ:

- $t_{\text{осн}}$ – температура основания ТГ – температура наружного воздуха, при которой начинается подъем ТГ, т.е. если температура наружного воздуха $t_{\text{н}}$ больше температуры основания $t_{\text{осн}}$, РТ поддерживает минимальную температуру теплоносителя ($t_{\text{T}} = t_{\min}$); если температура наружного воздуха $t_{\text{н}}$ меньше температуры основания $t_{\text{осн}}$, РТ увеличивает температуру теплоносителя в соответствии с отопительной кривой ТГ до тех пор, пока температура наружного воздуха не будет меньше K_{\max} , РТ будет поддерживать максимальную температуру теплоносителя (t_{\max}). Вид температурного графика показан на рис. 9.1;

- **Кру1** – крутизна первого участка отопительной кривой (первый участок отопительной кривой – это диапазон температур наружного воздуха от температуры основания до температуры перегиба);

- **Кру2** – крутизна второго участка отопительной кривой (второй участок отопительной кривой – это диапазон температур наружного воздуха от температуры перегиба до K_{\max}). Крутизна первого и второго участка определяет, на какую величину изменится температура теплоносителя t_{T} с изменением температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$;

- t_{\max} – максимальная температура теплоносителя. Ограничивает значение максимальной температуры теплоносителя ТГ;

- t_{\min} – минимальная температура теплоносителя. Ограничивает значение минимальной температуры теплоносителя ТГ;

- $t_{\text{перег}}$ – температура перегиба. Наружная температура начала второго участка крутизны ТГ;

- K_{\max} – температура наружного воздуха для t_{\max} ;

- $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха;

- t_{T} – температура теплоносителя.

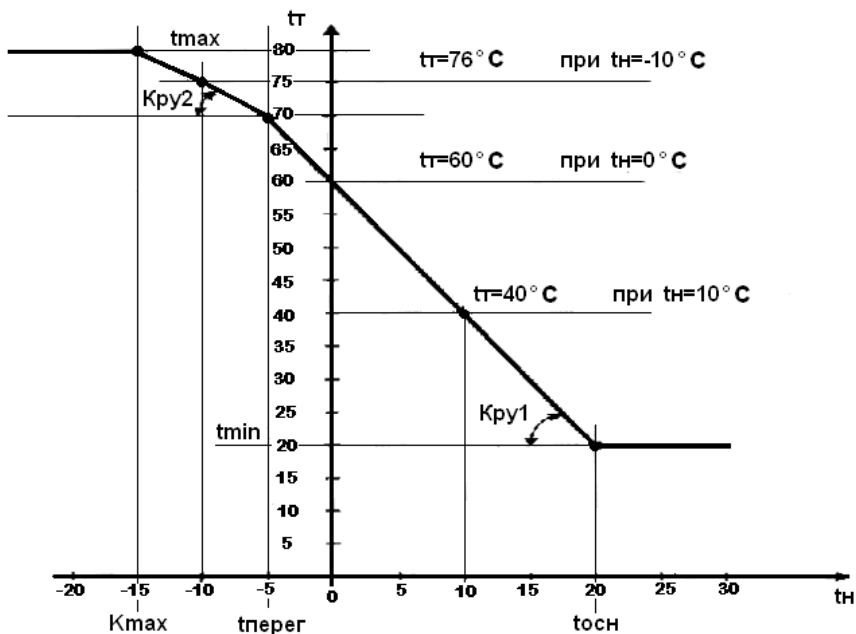
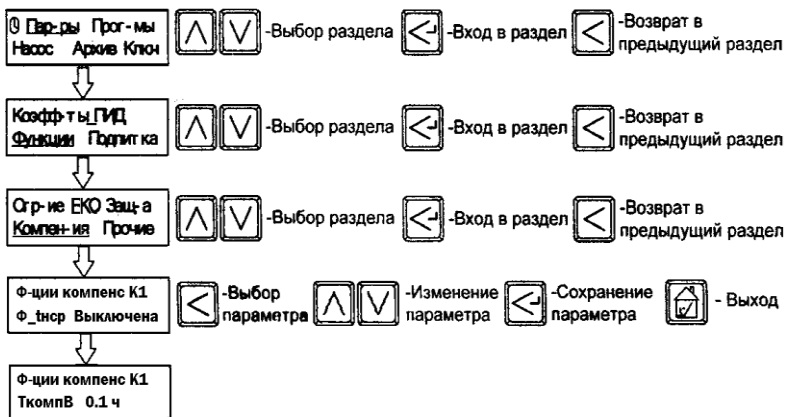


Рис. 9.1. Температурный график

Программирование функции «усреднение наружной температуры»

Функция позволяет при расчете ТГ использовать усредненную температуру наружного воздуха. Это позволяет уменьшить колебания температуры теплоносителя, подаваемого на здание, использовать аккумулированное зданием тепло. Для включения функции «усреднение наружной температуры» необходимо в меню «Компен-ия» установить параметр «Ф_тнспр» – Включена. Для работы функции «усреднение наружной температуры» необходимо установить следующие параметры: «ТкомпВ» – время усреднения наружной температуры.



Задание

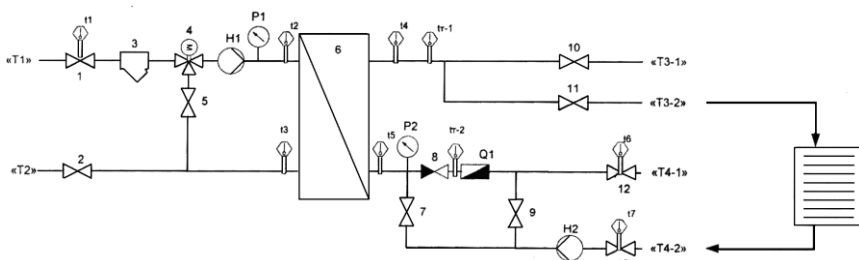


Рис. 9.2. Схема лабораторной установки

1. Начать программирование параметров для работы системы регулирования отопления по ТГ в соответствии с вариантом.
2. Включить тумблеры «Насос 1» и «Насос 2».
3. Установить функцию «усреднение наружной температуры» в соответствии с вариантом.
4. Установить режим регулирования «постоянно пониженный 1» или «постоянно пониженный 2», в которых поддерживается постоянная температура горячей воды, температура теплоносителя или температура в помещении, сниженные на заданную величину.
5. Внести в отчет ТГ в соответствии с вариантом задания.
6. Выключить тумблеры «Насос 1» и «Насос 2».

Вариант	t _{осн}	t _{max}	t _{min}	Кру1	Кру2	К _{max}	К _п	t _{перег}	Т _{компВ, ч}
1	18	45	25	0,2	4,5	-13	31	-10	0,15
2	20	60	24	1,5	0,7	-20	46	5	0,2
3	21	53	28	0,7	1,2	-5	36	9	0,17
4	19	48	23	0,2	1,0	-15	25	7	0,14
5	22	58	26	1,0	0,4	-22	51	-2	0,19

Войти в программу для работы с регулятором РТМ-03А. Выбрать закладку «Установить режим программирования». Выбрать закладку «Управление». В окне «Тип контура» выберите установленный тип контура – **К2 «График»**, рабочий – **К2 «График»**. После установления типа контура необходимо нажать на закладку «ЗАПИСЬ».

The screenshot shows the Portexch2 software interface. At the top, there are menu items: "Файл", "Порт", "Уровень доступа", and "О программе". Below the menu, there are fields for "адрес" (0) and "Уровень доступа: 4", with buttons for "Установить режим прогр." and "Отменить режим прогр.". A navigation bar includes "Датчики Т", "Управление", "Температурный график", "Функции", "Архивы", "Каналы", "Программы", "Контроль", "Отчеты", and "Доп каналы".

The main area is titled "Установка режимов работы контуров" and is divided into three columns for "Контур 1", "Контур 2", and "Контур 3". Each column contains a vertical stack of icons: a power button, a target icon, a moon icon, a sun icon, a clock icon, and a hand icon. Below each stack is a "Считать" button.

To the right, the "Тип контура" section shows settings for three circuits:

- Установленный: K1 (Нет контура), K2 (График), K3 (Нет контура)
- Рабочий: K1 (Нет контура), K2 (Нет контура), K3 (Нет контура ГВС, График)

 A scrollable list shows options: "по t в помещении", "График с кор по t помещ", "По t обработки", and "Дата". A "Использовать время и дату компьютера" checkbox is checked. A digital clock shows "0:00:00" and a calendar for "Июль 2005 г." is displayed.

The "Настройки портов контроллера" section shows settings for "Порт №1" and "Порт №2", including speed (2400, 4800, 9600, 19200) and network address (0). "Чтение" and "Запись" buttons are present for each port.

At the bottom, there are "Чтение" and "Запись" buttons for the current settings, and a "Прг" button. A "Блокировка кнопок" section has checkboxes for "Пароль" and "Диск".

At the bottom left, there is a section for "Идентификация контроллера" with fields for "Имя:", "Заводской номер:", "Режим:", "Версия ПО:", and "Код контроллера:", each with "Чтение" and "Запись" buttons.

The bottom status bar shows "Сегодня: 26.05.2008".

Перейдите по закладке «Температурный график». Внесите параметры в соответствии с вариантом. Измените контур регулирования на «Контур 2». После установления параметров необходимо нажать на закладку «ЗАПИСЬ КОЭФФИЦИЕНТОВ».

Portexch2
 файл Порт Уровень доступа О программе

адрес: 0 **Уровень доступа: 4** Установить режим прогр.
 Статус: Отменить режим прогр.

Датчики Т | Управление | **Температурный график** | Функции | Архивы | Каналы | Программы | Контроль | Отчеты | Доп каналы

Выбор графика

Мои графики

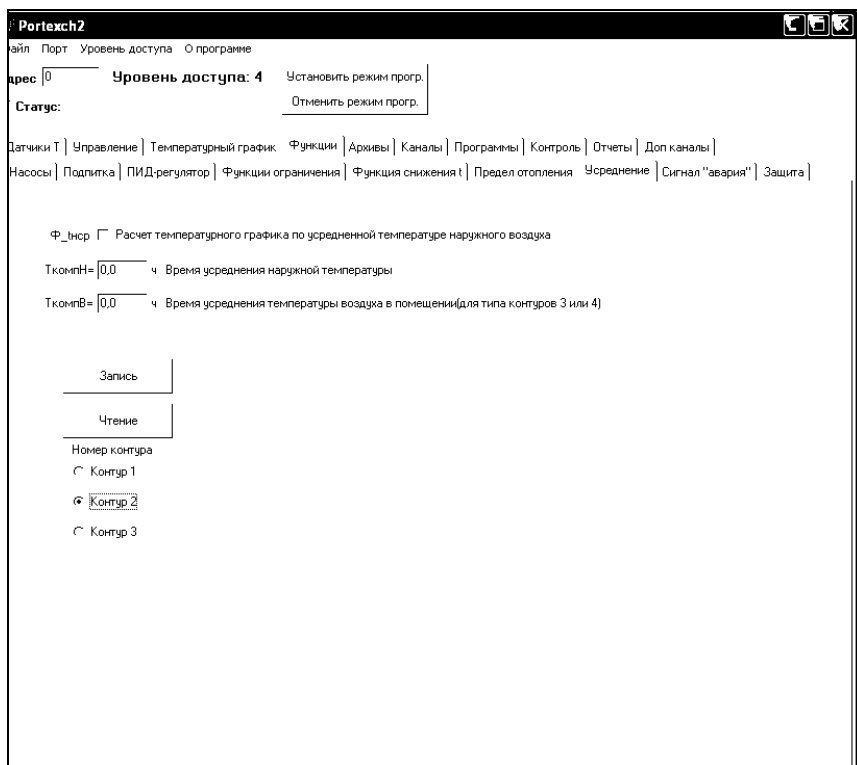
$t_{осн} = 18$ (-30 - 30) °С - Температура основания (Температура ГВС)
 $t_{мин} = 25$ (0 - 150) °С - Минимальная температура теплоносителя
 $t_{max} = 140$ (0 - 150) °С - Максимальная температура теплоносителя
 $t_n = -10$ (-30 - 30) °С - Наружная t, перехода на Кру2
 Кру1 = 1 (0-10) - Крутизна первого участка температурного графика
 Кру2 = 6,7 (0-10) - Крутизна второго участка температурного графика
 $t_{max} = -23$ (-30 - 30) °С - Температура наружного воздуха для t max
 $t_n = 53$ (0-150) - температура теплоносителя при tн равной tн

$t_{возд} = 18$ (0 - 40) °С - Заданная t воздуха в помещении
 $t_{низ1} = 1$ Температура снижения командой НИ.31
 $t_{низ2} = 1$ Температура снижения командой НИ.32

Номер контура
 Контур 1
 Контур 2
 Контур 3

Для включения функции «Усреднение наружной температуры» необходимо перейти на закладку «Функции» и выбрать подраздел «Усреднение». Установить «√» в поле «Расчет температурного графика по усредненной температуре наружного воздуха». Установить «Время усреднения наружной температуры» в соответствии с вариантом. Изменить контур регулирования на «Контур 2». После установления всех значений необходимо нажать на закладку «ЗАПИСЬ». После чего нажать закладку «Отменить режим программирования». Для проверки, правильно ли внесены изменения

в работу системы, необходимо нажать на закладку «**ЧТЕНИЕ**». Для установления режима «**постоянно пониженный 1**» или «**постоянно пониженный 2**» войдите в закладку «**Управление**».



Контрольные вопросы

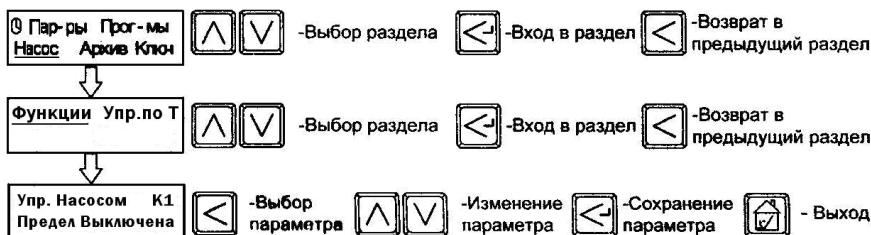
1. С какой целью осуществляется программирование настроечных параметров регулятора по ТГ?
2. Каким образом можно выбрать тип контура регулирования?
3. В чем сущность программирования параметров для работы системы регулирования отопления по ТГ?

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НАСТРОЕЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ И ФУНКЦИЙ НАСОСА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГВС

Цель работы: 1. Изучить настроечные коэффициенты и функции насоса.

2. Изучить программирование функции насоса.

При подготовке РТ к работе возможно изменение значений коэффициентов и функций насоса для каждого контура регулирования. Для перехода в меню программирования коэффициентов и функций насоса необходимо:



Выбор номера контура осуществляется кнопкой . Перебор параметров – . Изменение параметров – кнопки и . Сохранение параметров – кнопка . Выход из меню – кнопка .

Перечень коэффициентов и функций насоса:

1. «**Предел**» – функция «работа насоса по пределу отопления»;
2. «**Н_темп**» – функция «работа насоса по температуре»;
3. «**Резерв**» – функция «резервирования насоса»;
4. «**Охрана**» – функция «защита насоса от сухого хода»;
5. «**РезВр**» – функция «работа насоса по времени»;
6. «**СбрОш**» – функция «сброс ошибок насоса»;
7. «**Трез**» – время работы насосов;
8. «**Твкл**» – задержка на включение насоса (с);
9. «**Твыкл**» – задержка на выключение насоса (с);
10. «**Прокр**» – функция «прокрутка насосов»;
11. «**Тпрокт**» – время включения прокрутки насосов.

Программирование функции «работа насоса по температуре»

Функция управляет насосами по температуре. Для включения функции «**работа насоса по температуре**» необходимо установить параметр «**Н_темп**» – **Включена**.

Для работы функции «**работа насоса по температуре**» нужно установить следующие параметры в меню **Упр. По_Т**:

- 1) номер датчика температуры;
- 2) уровень срабатывания;
- 3) время срабатывания.

Насос по темп K1 t 3 < 15°C T=3c
--

Пример. Насос включится через три секунды при снижении температуры, определенной по датчику 3 ниже 15 °С.

Программирование функции «работа насоса по времени»

Функция управляет насосами по заданному интервалу времени. Для включения функции «**работа насоса по времени**» необходимо установить параметр «**РезВр**» – **Включена**. Для работы функции «**работа насоса по времени**» нужно установить следующие параметры: «**Трез**» – интервал работы насосов (ч).

Задание

1. Выполнить программирование функции «работа насоса по температуре».
2. Выполнить программирование функции «работа насоса по времени».

Вариант	№ датчика температуры	Твкл, с	Трез, ч
1	7	15	0,1
2	3	20	0,1
3	4	25	0,1
4	1	10	0,1

Последовательность действий:

Первый способ:

1. Войти в режим программирования.
2. Выбрать раздел «**Насос**».
3. Выбрать подраздел «**Функции**». В подразделе «**Функции**» установить следующие параметры: «**Н_темп**» – **Включена**. Выйти из подраздела «**Функции**».

4. Выбрать подраздел «Упр По Т». Установить в подразделе следующие параметры: а) № датчика температуры; б) уровень срабатывания; в) время срабатывания.

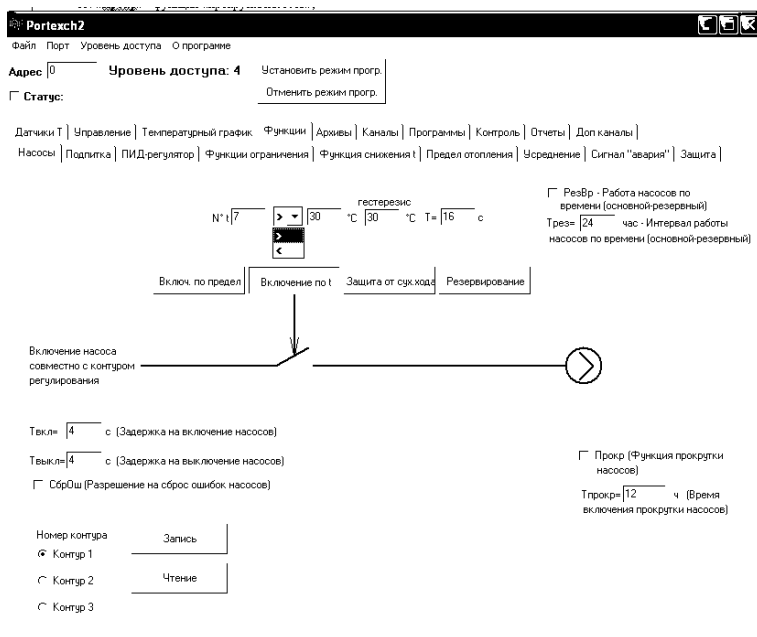
5. Выйти в основное меню.

Второй способ:

Пункты 1, 2, 3 первого способа совпадают.

4. Войти в программу для работы с регулятором РТМ-03А. Выбрать закладку «Установить режим программирования». Выбрать закладку «Функции». Выбрать закладку «Насосы». Установить режим «Включение по t». Внести согласно варианту данные: номер датчика температуры; уровень срабатывания; время срабатывания. Гистерезис – это зона нечувствительности. Значение гистерезиса – 2 °С. Установить «v» в поле «РезВр» – Работа насосов по времени. В поле «Трез» установить значение времени согласно варианту.

После установления всех значений необходимо нажать на закладку «ЗАПИСЬ». После чего нажать закладку «Отменить режим программирования». Для проверки правильно ли внесены изменения в работу системы, необходимо нажать на закладку «ЧТЕНИЕ».



Контрольные вопросы

1. Назовите настроечные коэффициенты насоса систем отопления и ГВС.
2. Укажите функции насоса систем отопления и ГВС.
3. Каким образом осуществляются программирование функций и работа насоса по температуре?
4. Каким образом осуществляются программирование функций и работа насоса по времени?

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования: справочное пособие / Г.Т. Кулаков. – Минск: Вышэйшая школа, 1984. – 192 с.
2. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования / Г.Т. Кулаков. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 135 с.
3. Кузьмицкий, И.Ф. Теория автоматического управления: учебное пособие для студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» / И.Ф. Кузьмицкий, Г.Т. Кулаков. – Минск: БГТУ, 2006. – 486 с.
4. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования: в 2 ч. / сост.: В.А. Дубровский [и др.]. – Киев: Наукова думка, 1976. – Ч. 1. – 940 с.
5. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнев. – 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.: ил.
6. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов / В.Я. Ротач. – 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 400 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Правила техники безопасности и противопожарные требования при проведении лабораторных работ	3
Введение	4
Особенности проведения эксперимента по снятию переходных характеристик	6
<i>Лабораторная работа № 1</i>	
Изучение работы стенда для исследования динамики систем отопления и горячего водоснабжения в процессе регулирования с последующей передачей основных технологических параметров на ПК	9
<i>Лабораторная работа № 2</i>	
Изучение принципа действия регулятора температуры РТМ-03А	15
<i>Лабораторная работа № 3</i>	
Изучение способов подключения и взаимодействия регулятора температуры РТМ-03А с ПЭВМ	28
<i>Лабораторная работа № 4</i>	
Изучение принципа действия теплосчетчиков	43
<i>Лабораторная работа № 5</i>	
Динамические характеристики идеального и реального ПИД-регуляторов	57
<i>Лабораторная работа № 6</i>	
Изучение экспериментальных методов определения динамических характеристик объектов регулирования с помощью переходных характеристик	65
<i>Лабораторная работа № 7</i>	
Изучение экспресс-методов идентификации объектов регулирования в виде последовательного соединения инерционных звеньев n-го порядка	75

<i>Лабораторная работа № 8</i>	
Изучение основ программирования функций регулятора температуры РТМ-03А	83
<i>Лабораторная работа № 9</i>	
Изучение основ программирования настроечных параметров для работы системы регулирования отопления по ТГ	90
<i>Лабораторная работа № 10</i>	
Изучение основ программирования настроечных коэффициентов и функций насоса систем отопления и ГВС	98
Литература	102

Учебное издание

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Лабораторные работы
для студентов специальности
1-53 01 04 «Автоматизация и управление
теплоэнергетическими объектами на ТЭС»
на стенде-тренажере систем автоматизации отопления
и горячего водоснабжения

С о с т а в и т е л и :

КУЛАКОВ Геннадий Тихонович
ГОРЕЛЬШЕВА Марина Леонидовна
ВОЮШ Николай Викторович

Редактор Л.Н. Шалаева
Технический редактор О.В. Дубовик
Компьютерная верстка О.В. Дубовик

Подписано в печать 27.11.2009.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 6,05. Уч.-изд. л. 4,77. Тираж 100. Заказ 1.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.