ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

Аграрно-технологический факультет

Кафедра эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка

АВТОМАТИКА

Методические указания

Тирасполь, 2016

УДК 681.5(072):631.171(072)
ББК З96р30+П07р30
А22

Составитель
А.Н. Попескул, ст. преп.

Рецензенты:
В.М. Погорлецкий, канд. физ.-мат. наук, доц., зав. каф. электроэнергетики и электротехники инженерно-технического института
Ф.М. Ерхан, д-р. техн. наук, проф. каф. технических систем и электрооборудования в АПК

Автоматика: Методические указания / Сост. А.Н. Попескул. –
А22 Тирасполь, 2016. – 40 с.

Методические указания составлены в соответствии с утвержденным учебным планом и программой по дисциплине «Автоматика» для выполнения контрольной работы для студентов 3 курса заочной формы обучения направления 35.03.06 «Агроинженерия» профилей «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в АПК», «Электрооборудование и электротехнологии».

УДК 681.5(072):631.171(072)
ББК З96р30+П07р30

Рекомендовано Научно-методическим советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко

© Попескул А.Н., составление, 2016

Введение

Автоматизация производственных процессов — применение технических средств и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в этих процессах. Автоматизация облегчает умственный труд человека, освобождает его от сбора информации, ее обработки, исполнения принятого решения.

Для получения информации о ходе производственного процесса применяют *датчики* — элементы автоматики, преобразующие самые разные физические величины (размеры, температуру, давление, расход, скорость, уровень, влажность и т. д.) в некоторый сигнал, удобный для последующей обработки в автоматическом устройстве или ЭВМ. Затем этот сигнал обрабатывается: сравнивается с другими сигналами, анализируются его изменения. В результате обработки информационных сигналов вырабатываются исполнительные сигналы, которые и воздействуют на технологический процесс. Эти сигналы в *исполнительных элементах* автоматики преобразуются в механическое воздействие, перемещающее деталь или инструмент, закрывающее или открывающее кран, включающее или отключающее нагревательную установку и т. п. Так как это воздействие требует значительной энергии, то, как правило, обработка информационных сигналов предусматривает их усиление.

Таким образом, системы автоматики состоят из датчиков, усилительно-преобразовательных и исполнительных элементов.

Настоящие методические указания предназначены для выполнения контрольной работы студентами заочного отделения по дисциплине «Автоматика». Целью выполнения контрольной работы является решение задач по расчету элементов автоматических систем. Контрольная работа состоит из шести заданий. В каждом задании представлено краткое описание рассчитываемого элемента, порядок его расчета, приведены все необходимые формулы и справочные данные для правильного и точного решения. В приложении 2 приведены варианты исходных данных ко всем пяти заданиям. Номер варианта определяют по приложению 1 в зависимости от последних двух цифр номера зачетной книжки.

В результате выполнения контрольной работы студенты научатся определять расчетные параметры представленных элементов автоматики, уяснить принцип их работы.

Также выполнение контрольной работы позволит студенту уяснить порядок оформления расчетно-пояснительной документации. При правильном решении и оформлении контрольной работы преподаватель производит допуск студента к зачету.

Порядок оформления контрольной работы

Контрольная работа оформляется в письменном виде от руки в тетради на 12 или 18 листов в обычную клетку. Обложка тетради должна быть с однотонным светлым фоном. Не использовать тетради с темным или цветным пестрым фоном, а также с фоном, содержащим фотографии и рисунки машин, животных, героев комиксов и других объектов.

Запись на титульном листе оформляется от руки следующим образом:

Контрольная работа
по автоматике
студента з/о группы №___
Ф.И.О

Вначале контрольной работы приводится таблица 1 выбранных вариантов исходных данных ко всем шести заданиям с указанием полного номера своей зачетной книжки.

Таблица 1

Варианты исходных данных

№ зачетки (полный)	Номер задания					
	Задание №1	Задание №2	Задание №3	Задание №4	Задание №5	Задание №6
	Номер варианта исходных данных					

Таблицу 1 заполняют на основании приложения 1 в зависимости от последних двух цифр номера зачетной книжки.

Исходные данные к заданиям выбираются по приложению 2 согласно таблице 1. Каждому заданию соответствует отдельный вариант исходных данных.

Не путать номер зачетной книжки и номера вариантов исходных данных.

При оформлении каждого задания обязательно записывать номер задания, его полное название и условие. Оформление заданий производится в строгом соответствии с указаниями, приведенными под заголовками «Порядок выполнения задания». Строго придерживаться приведенного порядка, соблюдая нормальную нумерацию пунктов, записывая полностью их названия. Остальной текст также записывается полностью. Сокращения слов не допускаются, кроме случаев с написанием аббревиатур.

В условии обязательно приводить рисунки и схемы рассчитываемых устройств. Для хорошей наглядности и лучшего восприятия, требуемые рисунки изображать достаточного размера, соблюдая пропорции по длине и ширине, а также установленные обозначения и формы линий (примеры требуемых рисунков приведены в пунктах «Общие сведения»).

Текст и формулы писать разборчиво и красиво.

Формулу записывать ниже предыдущего текста, делая отступ на 1-1,5 клетки. Последующий текст ниже формулы также записывать, отступая 1-1,5 клетки.

При написании формул вначале записывается ее буквенное выражение и обязательно номер в нормальном порядке у правого поля. Ниже формула записывается с подставленными цифрами, в конце ставится равно и приводится ответ с обязательным указанием единиц измерения. Если формула не помещается в одну строку допускается перенос ее элементов, при этом в конце ставится очередной математический знак, а в нижней строке продолжение формулы начинается с того же знака.

Обязательно писать сноски пояснений элементов формулы и указывать номера приложений, откуда взяты справочные данные.

Задание №1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

Общие сведения

Тензометрические датчики применяют для измерения упругих деформаций (измерения растяжения или сжатия тел), а также для измерения крутящих и изгибающих моментов, возникающих на поверхности различных деталей при их механической нагрузке. В основу работы их положен тензоэффект, заключающийся в изменении активного сопротивления проводника под действием механических напряжений и деформаций. Тензодатчики, используемые в автоматическом контроле, дают возможность следить за деформациями и напряжениями при статических и динамических нагрузках.

Основным элементом проволочного тензодатчика является константановая проволока диаметром 0,015–0,05 мм, сложенная в виде петлеобразной решетки (спирали) между двумя склеенными полосками тонкой бумаги или пленки (рис. 1).

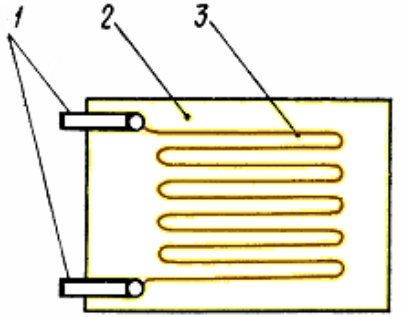


Рис.1. Проволочный тензодатчик: 1 – контактные выводы; 2 – подложка; 3 – чувствительный элемент

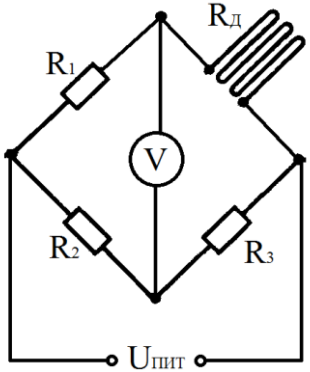


Рис. 2. Схема включения тензодатчика

Для измерения деформации чувствительный элемент (проволока) 3 с бумажной подложкой 2 прикрепляют к поверхности исследуемой детали с помощью специальных смол. К концам проволоки прикрепляют выводы 1, изготовленные из

медной фольги, при помощи которых тензопреобразователь подключают к измерительной схеме (Рис. 2).

Относительное изменение сопротивления $\Delta R_Д$ линейно зависит от изменения длины Δl:

$$\frac{\Delta R_Д}{R_{Д0}} = k_T \cdot \frac{\Delta l}{l_0} \qquad (1.1)$$

где k_T – коэффициент тензочувствительности (0,5…2,5);

Обычно тензометрические датчики наклеивают на упругие элементы пружинных манометров и включают в мостовые измерительные схемы (рис.2) [3].

Порядок выполнения задания

Тензодатчик с начальным сопротивлением $R_{Д0}$ (Ом) и длиной l_0 (мм) наклеен на мембрану деформационного манометра и включен в схему неуравновешенного моста с сопротивлениями R_1=R_2= R_3 (Ом). К мосту приложено напряжение $U_{ПИТ}$ (В). При воздействии давления p (кПа) длина датчика стала l_1 (мм). Определить какое напряжение U_V (В) будет показывать вольметр, включенный в измерительную диагональ моста и силу тока I_1 (А) в измерительной диагонали. Также определить изменившееся сопротивление датчика $R_{Д1}$ (Ом) и его чувствительность $k_Ч$ (Ом/кПа). При какой длине l_2 (мм) датчика ток в измерительной диагонали будет равен нулю (I_2 = 0)?

Известно (см. приложения 1 и 2):

1) Начальное сопротивление датчика $R_{Д0}$ = _____Ом;
2) Начальная длина датчика l_0 = _____мм;
3) Конечная длина датчика l_1 = _____мм;
4) Сопротивления моста R_1 = R_2= _____Ом;
   R_3 = _____Ом;
5) Напряжение питания $U_{ПИТ}$ = _____В;
6) Коэффициент тензочувствительности $k_Т$ = _____;
7) Рабочее давление p = _____кПа.

Решение

1) Из формулы (1.1) определяем изменение сопротивления датчика:

$$\Delta R_{Д1} = R_{Д0} \cdot k_T \cdot \frac{l_1 - l_0}{l_0}, \text{ Ом} \qquad (1.2)$$

2) Определяем значение сопротивления датчика при воздействии давления:

$$R_{Д1} = R_{Д0} + \Delta R_{Д1}, \text{ Ом} \qquad (1.3)$$

3) Определяем чувствительность датчика по формуле:

$$k_Ч = \frac{|\Delta R_{Дl}|}{p}, \text{ Ом/кПа} \qquad (1.4)$$

4) Определяем показание вольтметра в измерительной диагонали моста:

$$U_V = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_{Д1}} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \cdot U_{ПИТ}, \text{ В} \qquad (1.5)$$

5) Определяем силу тока в измерительной диагонали моста:

$$I_1 = \frac{U_{ПИТ} \cdot (R_2 \cdot R_{Д1} - R_1 \cdot R_3)}{R_1 \cdot R_{Д1} \cdot (R_2 + R_3)}, \text{ А} \qquad (1.6)$$

6) Определяем значение сопротивления датчика при силе тока, равной нулю ($I_2 = 0$):

$$\frac{R_{Д2}}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} \qquad (1.7)$$

Откуда получим:

$$R_{Д2} = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3, \text{ Ом} \qquad (1.8)$$

7) Определяем длину датчика при силе тока, равной нулю ($I_2 = 0$):

$$\Delta l_2 = \frac{\Delta R_{Д2} \cdot l_0}{R_{Д0} \cdot k_T} = \frac{(R_{Д2} - R_{Д0}) \cdot l_0}{R_{Д0} \cdot k_T}, \text{ мм} \qquad (1.9)$$

$$l_2 = \Delta l_2 + l_0, \text{ мм} \qquad (1.10)$$

Задание №2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

Общие сведения

Потенциометрический датчик преобразует механические перемещения в изменения сопротивления реостата. Потенциометрический датчик представляет собой реостат, включенный по схеме потенциометра. Расчет потенциометра сводится к расчету сопротивлений: определяются размер каркаса для намотки, диаметр провода обмотки, количество витков, шаг намотки [5].

Потенциометрический датчик угловых перемещений состоит из каркаса *1* с обмоткой *2*, по которой скользит ползунок *3*. Для съема сигнала с перемещающегося движка служит добавочная щетка *4*, скользящая по токосъемному кольцу 5.

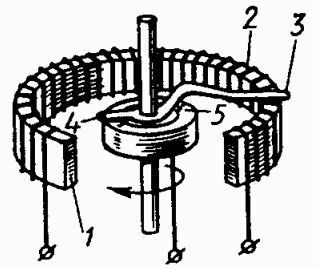


Рис. 3. Потенциометрический датчик угловых перемещений:
1 – каркас, 2 – обмотка, 3 – ползунок, 4 – добавочная щетка, 5 – токосъемное кольцо

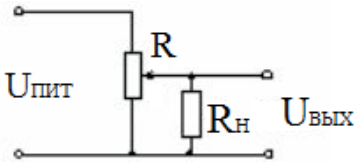


Рис. 4. Схема включения потенциометрического датчика под нагрузкой

Порядок выполнения задания

Определить основные параметры потенциометрического датчика, если известно (см. приложение 2):

1) Рабочее сопротивление нагрузки R_H = _____ Ом;

2) Максимальная погрешность $\chi_{мах}$ = _____ %;
3) Средний диаметр каркаса D = ____ мм;
4) Угол поворота ползунка α = ____ ^{0};
5) Толщина каркаса B = _____ мм;
6) Разрешающая способность датчика δ_P = _____ %;
7) Удельное сопротивление материала провода
ρ = _____$\cdot 10^{-6}$ Ом·мм^2/м

Решение

1) Рабочая длина каркаса:

$$L = \frac{\alpha \cdot D \cdot \pi}{360}, \text{ мм} \qquad (2.1)$$

где α – угол поворота ползунка, град;
D – средний диаметр каркаса, мм.

2) Минимальное число витков:

$$n = \frac{100}{\delta_P}, \text{ витков} \qquad (2.2)$$

где δ_P – разрешающая способность датчика, %.

3) Шаг намотки провода датчика:

$$\tau = \frac{L}{n}, \text{ мм} \qquad (2.3)$$

4) Диаметр провода с изоляцией:

$$d_П = \tau - 0{,}015, \text{ мм} \qquad (2.4)$$

5) Коэффициент нагрузки:

$$\beta = \frac{1 - \frac{\chi_{MAX}}{100}}{4 \cdot \frac{\chi_{MAX}}{100}} \qquad (2.5)$$

где $\chi_{мах}$ - максимальная погрешность, %.

6) Полное сопротивление датчика:

$$R = \frac{R_H}{\beta}, \text{ Ом} \qquad (2.6)$$

7) Высота каркаса:

$$H = \frac{\pi \cdot R \cdot d_П^2 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot \rho \cdot n} - B \cdot 10^{-3}, \text{ м} \qquad (2.7)$$

где ρ – удельное сопротивление материала провода, Ом·мм^2/м;

B – толщина каркаса, мм;

$d_П$ – диаметр провода, мм.

Задание №3 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОГО РАСХОДОМЕРА (ТЕРМОАНЕМОМЕТРА)

Общие сведения

Тепловые расходомеры служат для измерения небольших расходов практически любых сред. Наиболее распространены термоанемометры. Действие термоанемометров основано на изменении температуры рабочего тела металлического или полупроводникового терморезистора, нагретого протекающим током в зависимости от скорости обтекающего его потока [3].

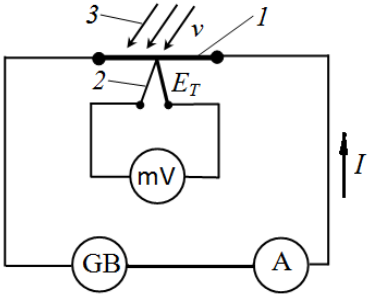


Рис. 5. Схема термоанемометра с термопарой:
1 – нить, 2 – термопара, 3 – поток жидкости или газа,
GB – гальваническая батарея, A – амперметр, mV – миливольтметр

Температуру нити термоанемометра t_H можно измерять либо непосредственно с помощью миниатюрных термопар**,** либо путем измерения сопротивления в мостовых схемах**.** Расчетное уравнение имеет вид:

$$I^2 R_H = \frac{k_\gamma (t_H - t_П)}{v \cdot \psi} \qquad (3.1)$$

где I – сила тока в цепи нити, А;

R_H – сопротивление нити, Ом;

v – скорость потока, м/с;

k_γ и ψ - коэффициенты, определяемые при градуировке термоанемометра;

$t_П$ – температура потока, ºС;

Порядок выполнения задания

Температуру нити термоанемометра измеряют с помощью термопары. Определить сопротивление R_H, температуру t_H и коэффициент рассеяния b нити термоанемометра, если известно (см. приложение 2):

1) Тип термопары _____;

2) Термо-ЭДС термопары E_T =_____мВ;

3) Ток в цепи термоанемометра I = _____ А*;*

4) Напряжение батареи $U_Б$ = _____ В

5) Температура потока $t_П$ = _____ºС;

6) Скорость потока v = _____ м/с;

7) Коэффициенты: k_V = _____*;*

Ψ = _____

Решение

1) По таблице 3.1 для заданного типа термопары при термо-*ЭДС* E_T определяем соответствующую температуру, которая и будет равна температуре нити $t_Н$ (ºС):

$t_Н$ = _____ ºС

Таблица 3.1

Градуировочные таблицы основных промышленных термопар при температуре холодных спаев t_0 = 0 ºС

Температура $t_Н$, ºС	Тип термопары		
	ТПП термо-эдс E_T, мВ	ТХА термо-эдс E_T, мВ	ТХК термо-эдс E_T, мВ
0	0	0	0
100	0,640	4,10	6,95
200	1,421	8,13	14,66
300	2,311	12,21	22,91
400	3,244	16,40	31,49
500	4,211	20,65	40,16
600	5,214	24,91	49,02
700	6,251	29,15	57,77
800	7,323	33,32	66,42
900	8,429	37,37	–
1000	9,569	41,32	–

Правило выбора температуры $t_Н$, если в таблице нет соответствующего значения E_T:

$$t_H^X = t_{H2}^{Изв} - \frac{(E_{T2}^{Изв} - E_T^X)\cdot(t_{H2}^{Изв} - t_{H1}^{Изв})}{E_{T2}^{Изв} - E_{T1}^{Изв}}, {}^0\text{C} \quad (3.2)$$

где $t_{H2}^{Изв}$ – большее известное значение температуры из таблицы 1 при соответствующем большем известном значении термо-эдс $E_{T2}^{Изв}$;

$t_{H1}^{Изв}$ – меньшее известное значение температуры из таблицы 1 при соответствующем меньшем известном значении термо-эдс $E_{T1}^{Изв}$;

$E_T^X = E_T$ – заданное значение термо-эдс, мВ

2) Из формулы (1) определяем сопротивление нити:

$$R_H = \frac{k_V(t_H - t_П)}{\nu\cdot\psi\cdot I^2}, \text{ Ом} \quad (3.3)$$

3) Коэффициент рассеяния b определяем из следующей формулы:

$$t_H = t_П + \frac{U_Б \cdot I}{b}, \ ^0\text{C} \qquad (3.4)$$

Тогда получим:

$$b = \frac{U_Б \cdot I}{t_H - t_П}, \ \text{Вт/К} \qquad (3.5)$$

Задание №4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФЕРРОРЕЗОНАНСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Общие сведения

Феррорезонансный стабилизатор напряжения служит для стабилизации переменного напряжения.

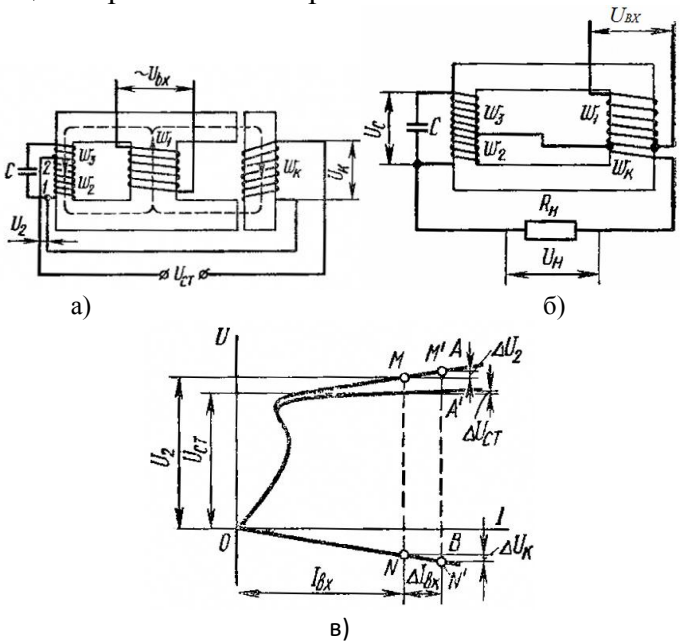


Рис. 6. Разновидности феррорезонансных стабилизаторов (а и б) и их характеристики (в)

На рис. 6*а* представлен феррорезонансный стабилизатор напряжения, выполненный на Ш-образном трехстержневом

сердечнике, на котором расположены четыре обмотки. На первичную обмотку w_1, помещенную на среднем стержне подается стабилизируемое напряжение U_{BX}. На левом насыщенном стержне с малым сечением помещена вторичная обмотка w_2,образующая вместе с конденсатором С резонансный контур, с которого снимается стабилизированное напряжение U_2. Для уменьшения величины емкости конденсатора на левом стержне располагается обмотка w_3. На правом ненасыщенном подвижном стержне находится компенсационная обмотка w_K, которая включена последовательно и встречно с контурной обмоткой, а поэтому ее напряжение направлено против напряжения в контуре. Регулировать напряжение на компенсационной обмотке можно путем перемещения подвижного стержня, благодаря которому изменяется воздушный зазор в магнитной системе. Компенсационная обмотка предназначена для повышения точности стабилизации [1].

При работе стабилизатора происходит взаимодействие магнитных потоков, создаваемых напряжениями обмоток. Магнитные потоки катушек увеличивают или ослабляют магнитные потоки друг друга. В результате происходит регулирование и поддержание постоянного значения напряжения на выходе стабилизатора.

Принцип действия стабилизатора, изображенного на рисунке 6б аналогичен работе 3-х стержневого стабилизатора.

Порядок выполнения задания

Определить основные параметры феррорезонансного стабилизатора напряжения, если известно (см. приложение 2):

1) Номинальная мощность стабилизатора P_H = _____ Вт;
2) Номинальное напряжение стабилизации U_H = _____ В;
3) Входное напряжение U_{BX} = _____ В;
4) Допустимое рабочее напряжение конденсатора
   U_{PK} = _____В.
5) Допустимая плотность тока в проводе σ = ____ А/мм^2

Решение

1) Активное сечение стали ненасыщенного стержня:

$$S_{CT1} = 1{,}1 \cdot \sqrt{P_H}\ , \text{см}^2 \qquad (4.1)$$

где P_H – номинальная мощность стабилизатора, Вт.

2) Активное сечение стали насыщенного стержня:

$$S_{CT2} = 0{,}6 \cdot S_{CT1}, \text{см}^2 \qquad (4.2)$$

3) Число вольт на один виток первичной обмотки:

$$e_0 = 0{,}022 \cdot S_{CT1}, \text{В} \qquad (4.3)$$

4) Напряжение на конденсаторе:

$$U_C = 0{,}65 \cdot U_{PK}, \text{В} \qquad (4.4)$$

где U_{PK} – допустимое рабочее напряжение конденсатора, В.

5) Емкость конденсатора

$$C = \frac{13000 \cdot P_H}{U_C^2}, \text{мкФ} \qquad (4.5)$$

6) Число витков обмоток стабилизатора:

а) первичная обмотка

$$W_1 = \frac{U_{BX}}{e_0} \qquad (4.6)$$

б) вторичная обмотка

$$W_2 = \frac{1{,}43 \cdot U_H}{e_0} \qquad (4.7)$$

в) компенсационная обмотка

$$W_K = 0{,}25 \cdot W_2 \qquad (4.8)$$

г) дополнительная обмотка:

$$W_3 = \frac{U_C}{e_0} - W_2 \qquad (4.9)$$

7) Ток в обмотках:

а) $I_1 = \dfrac{2 \cdot P_H}{U_{BX}}$, А (4.10)

б) $I_3 = \dfrac{1{,}5 \cdot P_H}{U_H}$, А (4.11)

в) $I_K = I_H = \dfrac{P_H}{U_H}$, А (4.12)

г) $I_2 = \sqrt{I_K^2 + I_3^2}$, А (4.13)

8) Диаметр провода обмоток:

а) $d_1 = \sqrt{\dfrac{4 \cdot I_1}{3{,}14 \cdot \sigma}}$, мм (4.14)

б) $d_3 = \sqrt{\dfrac{4 \cdot I_3}{3{,}14 \cdot \sigma}}$, мм (4.15)

в) $d_K = \sqrt{\dfrac{4 \cdot I_K}{3{,}14 \cdot \sigma}}$, мм (4.16)

г) $d_2 = \sqrt{\dfrac{4 \cdot I_2}{3{,}14 \cdot \sigma}}$, мм (4.17)

где σ – допустимая плотность тока, А/мм^2

Задание №5 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Общие сведения

В ряде случаев исполнительное устройство систем автоматики должно перемещаться на расстояние порядка нескольких миллиметров с усилием в несколько десятков ньютонов. К таким устройствам относятся различные клапаны, защелки, мощные выключатели (контакторы). Для привода подобных устройств вместо громоздких и дорогих электродвигателей с редукторами успешно применяют тяговые электромагниты [4].

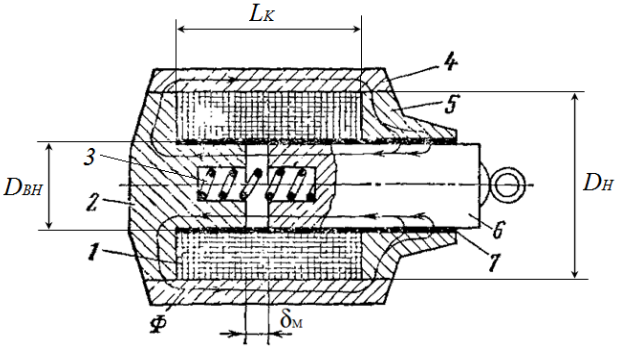


Рис. 7. Электромагнит броневого типа:
1 – обмотка; 2 – сердечник; 3 – пружина; 4 – корпус; 5 – защитная крышка; 6 – якорь; 7 – трубка

В отличие от магнитных систем реле электромагниты чаще выполняют броневого типа (рис.7). Обмотка 1, как броней, защищена корпусом 4, который служит одновременно ярмом электромагнита. Конструкция электромагнита выполнена так, чтобы сечение магнитопровода по всей длине магнитной линии оставалось приблизительно постоянным. Якорь 6 электромагнита для уменьшения трения и предотвращения залипания перемещается внутри тонкостенной латунной трубки 7. Для снижения намагничивающей силы (н. с.) паразитного воздушного (немагнитного) зазора, равного толщине трубки 7, передняя крышка электромагнита имеет «воротничок» 5. Увеличенная

площадь «воротничка позволяет магнитному потоку пройти паразитный зазор со значительно меньшей индукцией, чем в остальной части магнитопровода, и, следовательно, с малой потерей н. с. обмотки.

В нормальном (обесточенном) состоянии якорь 6 отводится возвратной пружиной 3 в крайнее правое положение. При достижении тока срабатывания $I_{СРБ}$ якорь притягивается к сердечнику 2**,** приводя движение, связанное с ним устройство.

Порядок выполнения задания

Рассчитать конструктивные параметры электромагнита переменного тока, если известно (см. приложение 2):

1) Необходимое усилие электромагнита Q = _____ кг;
2) Напряжение питания U = _____ В;
3) Ход якоря $X_Я$ = _____ мм;
4) Значение магнитной индукции
   B_M = _____ $\cdot 10^{-4}$ Вб/мм^2;
5) Допустимая плотность тока в проводнике
   σ = _____ А/мм^2

Решение

1) Расчетное усилие электромагнита [6]:

$$Q_P = (1{,}1 \ldots 1{,}15)Q, \text{ кг} \qquad (5.1)$$

2) Магнитный зазор:

$$\delta_M = X_Я + (0{,}1 \ldots 0{,}5), \text{ мм} \qquad (5.2)$$

3) Сечение сердечника электромагнита определяется по формуле:

$$S = \frac{Q_P}{2{,}01 \cdot 10^5 \cdot B_M^2}, \text{ мм}^2 \qquad (5.3)$$

4) Число витков провода катушки определяется по формуле:

$$w = \frac{200 \cdot \sqrt{2} \cdot U_P}{2 \cdot \pi \cdot f_Э \cdot B_M \cdot S} \qquad (5.4)$$

где $f_Э$ = 50 Гц – частота сети, Гц;

U_P – расчетное эффективное напряжение сети, при котором должно быть обеспечено расчетное усилие электромагнита:

$$U_P = (0{,}75 \ldots 1{,}0)U, \text{ В} \qquad (5.5)$$

5) Индуктивное сопротивление электромагнита:

$$R_L = \frac{9{,}8 \cdot 10^{-7} \cdot S \cdot w^2}{\delta_M}, \text{ Ом} \qquad (5.6)$$

6) Эффективное значение тока:

$$I = \frac{U}{R_L} \sqrt{1 + 0{,}5 \cdot \left(\frac{X_я}{\delta_M} \right)^2}, \text{ А} \qquad (5.7)$$

7) Диаметр провода обмотки катушки без изоляции определяется по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{1{,}27 \cdot I}{\sigma}}, \text{ мм} \qquad (5.8)$$

где σ – допустимое значение плотности тока, А/мм^2.

8) Расчетное сечение обмотки (поперек витков):

$$S_{ОБ} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot w}{4 \cdot K_з}, \text{ мм}^2 \qquad (5.9)$$

где $K_{ЗС}$ – коэффициент заполнения сечения катушки, который выбирается в зависимости от условий намотки катушки и диаметра провода: $K_{ЗС}$ = 0,75.

9) Размеры катушки:

а) Внутренний диаметр катушки:

$$D_{ВН} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}, \text{ мм} \qquad (5.10)$$

б) Наружный диаметр катушки:

$$D_H = 2 \cdot D_{BH}, \text{ мм} \qquad (5.11)$$

в) Длина катушки

$$L_K = \frac{2 \cdot S_{OБ}}{D_H - D_{BH}}, \text{ мм} \qquad (5.12)$$

10) Средняя длина одного витка катушки:

$$L_{CP} = \pi \cdot \frac{D_H + D_{BH}}{2}, \text{ мм} \qquad (5.13)$$

11) Активное сопротивление катушки определяется по формуле:

$$R_0 = 0{,}0023 \cdot w \cdot 10^{-3} \cdot \frac{4 \cdot L_{CP}}{\pi \cdot d^2}, \text{ Ом} \qquad (5.14)$$

12) Мощность, затрачиваемая на нагрев, определяется:

$$P = I^2 \cdot R_0, \text{ Вт} \qquad (5.15)$$

13) Проверка правильности расчета электромагнита производится по коэффициенту охлаждения.

Коэффициент охлаждения рассчитывается по формуле:

$$K_{OXЛ} = \frac{S_{ПОВ}}{P} \qquad (5.16)$$

где $S_{ПОВ}$ – площадь поверхности катушки, мм^2:

$$S_{ПОВ} = \pi \cdot D_H \cdot L_K, \text{ мм}^2 \qquad (5.17)$$

Значение коэффициента охлаждения должно быть:

$$K_{OXЛ} \geq 1000 \text{ мм}^2/\text{Вт}.$$

Задание №6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ДВУХПОЗИЦИОННОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ

6.1. Общие сведения

На рис. 8 представлена система автоматического регулирования температуры с двухпозиционным регулятором [2].

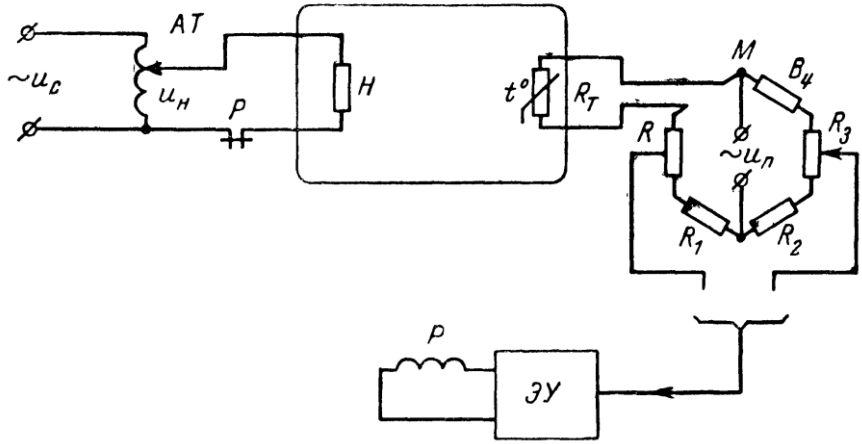


Рис. 8. Система двухпозиционного автоматического регулирования температуры с неполным оттоком энергии

При включении регулятора через размыкающий контакт реле *Р* на нагревательный элемент *Н* объекта регулирования подается напряжение с автотрансформатора *АТ*. Когда температура объекта меньше заданной, измерительный мост *М* разбалансирован и на вход электронного усилителя *ЭУ* подается переменное напряжение в противофазе с питающим его анодным напряжением и на выходе *ЭУ* напряжение будет равно нулю. Когда температура достигнет заданного значения, то благодаря увеличению величины сопротивления термометра сопротивления R_T, измерительный мост будет сбалансирован. При дальнейшем увеличении температуры на выходе измерительного моста появится переменное напряжение, совпадающее по фазе с анодным напряжением *ЭУ*. Это напряжение будет усиливаться электронным усилителем и подаваться на реле *Р*. Когда выходное

напряжение *ЭУ* достигнет величины напряжения срабатывания U_{CP} реле *Р*, реле срабатывает и нагревательный элемент *Н* отключается. Температура объекта начнет уменьшаться. Также будет уменьшаться выходное напряжение *ЭУ*. При уменьшении этого напряжения до величины напряжения отпускания U_{OT} реле, реле отпустит и через его контакт возобновится подача энергии в объект. Заданное значение регулируемой величины устанавливается путем перемещения движка сопротивления R_3.

Рассмотрим двухпозиционное регулирование объектов без самовыравнивания при отсутствии запаздывания в системе.

Структурная схема системы автоматического регулирования с двухпозиционным регулятором представлена на рис. 9.

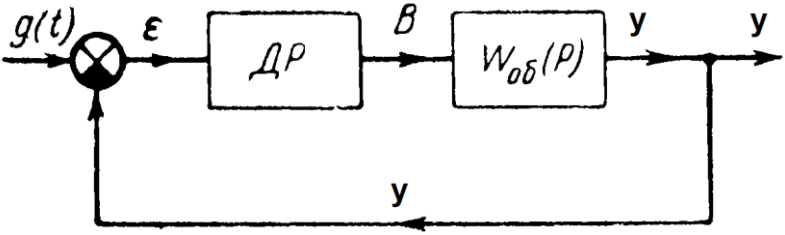


Рис. 9. Структурная схема системы с двухпозиционным регулятором:
$W_{ОБ}(p)$ – передаточная функция объекта регулирования;
ДР – двухпозиционный регулятор

Объект без самовыравнивания при отсутствии запаздывания имеет передаточную функцию:

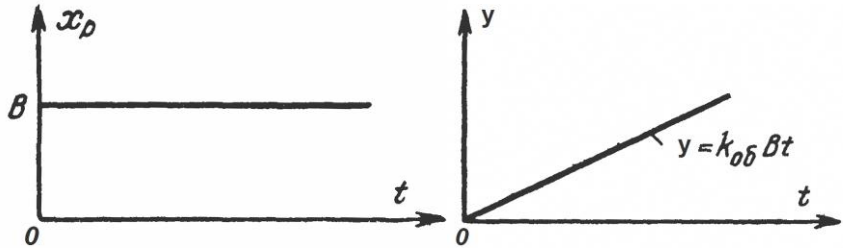
$$W_{ОБ}(p) = \frac{k_{ОБ}}{p} \qquad (6.1)$$

где $k_{ОБ}$ – коэффициент передачи объекта регулирования;
p – дифференциальный оператор;

При поступлении на вход объекта от регулятора величины $x_P = B$ (рис. 6.3*а*) выходная регулируемая величина *y* (рис. 6.3*б*), будет изменяться по прямой:

$$y = k_{ОБ} \cdot B \cdot t \qquad (6.2)$$

где B – регулирующее воздействие;
t – время.



а) б)

Рис. 10. Переходные функции объекта без самовыравнивания при отсутствии запаздывания

Если двухпозиционный регулятор имеет симметричную статическую характеристику (рис. 11) с зоной неоднозначности, то переключение (регулятора будет происходить при достижении регулируемой величиной граничных значений зоны неоднозначности (рис. 12).

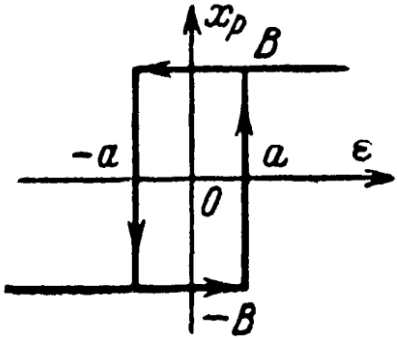


Рис. 11. Симметричная статическая характеристика двухпозиционного регулятора: от $-a$ до $+a$ – зона неоднозначности регулятора

Если в системе установившийся процесс регулирования симметричен относительно заданного значения (рис. 11), то, длительности положительного t_1 и отрицательного t_2 импульсов регулирования будут равны ($t_1 = t_2$) (рис. 12).

Если регулятор имеет несимметричную статическую характеристику с зоной неоднозначности, то длительности положительного и отрицательного импульсов не будут равны ($t_1 \neq t_2$).

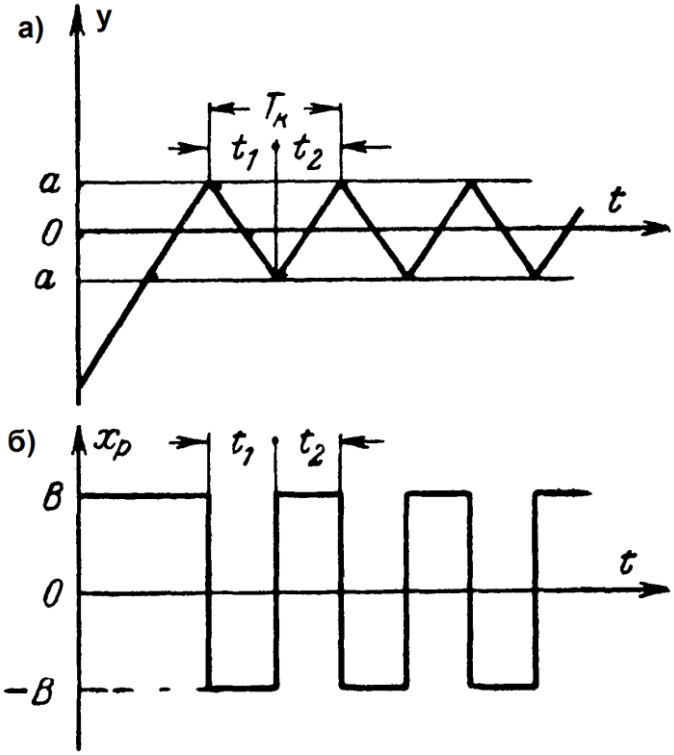


Рис. 12. Переходные процессы в системе (а) и регуляторе (б) объекта без самовыравнивания при отсутствии запаздывания

Каждый объект регулирования характеризуется постоянной времени *T*, которая является показателем инерционности объекта и подразумевает время от начала изменения выходной регулируемой величины до момента достижения некоторого установившегося значения регулируемого параметра.

6.2. Порядок выполнения задания

Определить параметры настройки двухпозиционного регулятора температуры с симметричной характеристикой при отсутствии запаздывания, если известно (см. приложение 2):

1) Количество тепла, выделяемое нагревателем в единицу времени:

Q_H = _____ кДж/с;

2) Заданная температура на объекте регулирования:

Θ_0 =_____ ºС;

3) Зона неоднозначности регулятора:

$2a$ = _____ ºС;

4) Коэффициент передачи объекта регулирования:

$k_{ОБ}$ = _____ с·ºС/кДж;

5) Постоянная времени объекта регулирования:

T = _____ сек;

Решение

1) Определяем количество энергии Q_0, необходимое для поддержания заданного значения температуры:

$$Q_0 = \frac{\Theta_0}{k_{ОБ}}, \text{ кДж/с} \qquad (6.3)$$

2) Определяем регулирующее воздействие регулятора:

$$B = \frac{Q_H - Q_0}{Q_0} \qquad (6.4)$$

3) Определяем значение зоны неоднозначности в относительных единицах $2a_{отн}$:

$$2a_{ОТН} = \frac{2a}{\Theta_0} \qquad (6.5)$$

Далее используем упрощенный метод расчета параметров регулятора.

4) Определяем длительность импульсов регулятора:

$$t_1 = t_2 = \frac{2a_{ОТН} \cdot T}{k_{ОБ} \cdot B}, \text{ с} \qquad (6.6)$$

5) Определяем период колебаний регулятора T_K:

$$T_K = \frac{4a_{ОТН} \cdot T}{k_{ОБ} \cdot B}, \text{ с} \qquad (6.7)$$

6) Частота переключений регулятора:

$$n = \frac{k_{ОБ} \cdot B}{2a_{ОТН} \cdot T}, \text{ пер/с} \qquad (6.8)$$

7) Определяем диапазон колебаний регулируемой величины от заданного значения:

а) в относительных единицах $\Delta y_{ОТН}$:

$$\Delta y_{ОТН} = 2a_{ОТН} \qquad (6.9)$$

б) в абсолютных единицах Δy:

$$\Delta y = \Delta y_{ОТН} \cdot \Theta_0, \ ^0\text{C} \qquad (6.10)$$

Литература

1. Квартин М.И. Электромеханические и магнитные устройства автоматики. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1979. – 352 с.

2. Клюев А.С. Двухпозиционные автоматические регуляторы и их настройка. – М.: Энергия, 1967. – 104 с.

3. Кривоносов А.И., Новиков П.Н., Кауфман В.Я. Задачник по контрольно-измерительным приборам и автоматике. – М.: Агропромиздат, 1990. – 160 с.

4. Миловзоров В.П. Электромагнитные устройства автоматики: учебник для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1983. – 408 с.

5. Фридман Г.М. Методические указания для студентов по проведению практических работ по дисциплине «Основы автоматики». – Уфа, 2004. – 58 с.

6. Разработка конструкции электромагнита
http://www.support17.com/component/content/91.html?task=view

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Выбор вариантов исходных данных в зависимости от последних двух цифр номера зачетки

№ зачетки	Номер задания					
	Зд.1	Зд.2	Зд.3	Зд.4	Зд.5	Зд.6
	Номер варианта исходных данных					
00	1	50	49	48	47	46
01	2	1	50	49	48	47
02	3	2	1	50	49	48
03	4	3	2	1	50	49
04	5	4	3	2	1	50
05	6	5	4	3	2	1
06	7	6	5	4	3	2
07	8	7	6	5	4	3
08	9	8	7	6	5	4
09	10	9	8	7	6	5
10	11	10	9	8	7	6
11	12	11	10	9	8	7
12	13	12	11	10	9	8
13	14	13	12	11	10	9
14	15	14	13	12	11	10
15	16	15	14	13	12	11

№ зачетки	Номер задания					
	Зд.1	Зд.2	Зд.3	Зд.4	Зд.5	Зд.6
	Номер варианта исходных данных					
16	17	16	15	14	13	12
17	18	17	16	15	14	13
18	19	18	17	16	15	14
19	20	19	18	17	16	15
20	21	20	19	18	17	16
21	22	21	20	19	18	17
22	23	22	21	20	19	18
23	24	23	22	21	20	19
24	25	24	23	22	21	20
25	26	25	24	23	22	21
26	27	26	25	24	23	22
27	28	27	26	25	24	23
28	29	28	27	26	25	24
29	30	29	28	27	26	25
30	31	30	29	28	27	26
31	32	31	30	29	28	27

Приложение 1 (продолжение)

№ зачетки	Номер задания					
	Зд.1	Зд.2	Зд.3	Зд.4	Зд.5	Зд.6
	Номер варианта исходных данных					
32	33	32	31	30	29	28
33	34	33	32	31	30	29
34	35	34	33	32	31	30
35	36	35	34	33	32	31
36	37	36	35	34	33	32
37	38	37	36	35	34	33
38	39	38	37	36	35	34
39	40	39	38	37	36	35
40	41	40	39	38	37	36
41	42	41	40	39	38	37
42	43	42	41	40	39	38
43	44	43	42	41	40	39
44	45	44	43	42	41	40
45	46	45	44	43	42	41
46	47	46	45	44	43	42
47	48	47	46	45	44	43
48	49	48	47	46	45	44

№ зачетки	Номер задания					
	Зд.1	Зд.2	Зд.3	Зд.4	Зд.5	Зд.6
	Номер варианта исходных данных					
49	50	49	48	47	46	45
50	46	47	50	1	2	3
51	47	48	1	2	3	4
52	48	49	2	3	4	5
53	49	50	3	4	5	6
54	50	1	4	5	6	7
55	1	2	5	6	7	8
56	2	3	6	7	8	9
67	3	4	7	8	9	10
58	4	5	8	9	10	11
59	5	6	9	10	11	12
60	6	7	10	11	12	13
61	7	8	11	12	13	14
62	8	9	12	13	14	15
63	9	10	13	14	15	16
64	10	11	14	15	16	17
65	11	12	15	16	17	18

Приложение 1 (продолжение)

№ зачетки	Номер задания					
	Зд.1	Зд.2	Зд.3	Зд.4	Зд.5	Зд.6
	Номер варианта исходных данных					
66	12	13	16	17	18	19
67	13	14	17	18	19	20
68	14	15	18	19	20	21
69	15	16	19	20	21	22
70	16	17	20	21	22	23
71	17	18	21	22	23	24
72	18	19	22	23	24	25
73	19	20	23	24	25	26
74	20	21	24	25	26	27
75	21	22	25	26	27	28
76	22	23	26	27	28	29
77	23	24	27	28	29	30
78	24	25	28	29	30	31
79	25	26	29	30	31	32
80	26	27	30	31	32	33
81	27	28	31	32	33	34
82	28	29	32	33	34	35

№ зачетки	Номер задания					
	Зд.1	Зд.2	Зд.3	Зд.4	Зд.5	Зд.6
	Номер варианта исходных данных					
83	29	30	33	34	35	36
84	30	31	34	35	36	37
85	31	32	35	36	37	38
86	32	33	36	37	38	39
87	33	34	37	38	39	40
88	34	35	38	39	40	41
89	35	36	39	40	41	42
90	36	37	40	41	42	43
91	37	38	41	42	43	44
92	38	39	42	43	44	45
93	39	40	43	44	45	46
94	40	41	44	45	46	47
95	41	42	45	46	47	48
96	42	43	46	47	48	49
97	43	44	47	48	49	50
98	44	45	48	49	50	1
99	45	46	49	50	1	2

Приложение 2

Исходные данные к заданию №1

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
$R_{Д0}$, *Ом*	330	500	340	520	360	420	450	650	540	560
l_0, *мм*	50	55	30	35	40	45	60	65	70	75
l_1, *мм*	55	67	50	40	60	50	78	72	77	83
R_1=R_2, *Ом*	500	450	400	420	600	650	700	470	520	610
R_3, *Ом*	600	550	350	380	650	700	610	530	480	570
$U_{ПИТ}$, *В*	15	12	13	20	24	30	14	15	28	13
k_T	2	1,5	0,5	2,5	0,9	1,7	2,1	2	0,7	1,1
p, кПа	5	10	15	22	18	14	7	9	13	8
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
$R_{Д0}$, *Ом*	620	320	470	490	610	580	380	640	430	280
l_0, *мм*	80	85	90	95	30	40	70	55	35	60
l_1, *мм*	85	95	100	100	42	50	84	68	47	68
R_1=R_2, *Ом*	680	420	540	630	460	670	510	450	550	470
R_3, *Ом*	600	480	450	550	510	730	610	350	650	540
$U_{ПИТ}$, *В*	22	25	12	24	17	20	18	26	15	30
k_T	0,8	1,8	1,2	2,3	0,5	2,1	2,5	1,4	0,8	0,7
p, кПа	25	11	20	6	17	12	19	23	16	21
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
$R_{Д0}$, *Ом*	500	340	520	360	420	450	650	540	560	620
l_0, *мм*	30	35	40	45	60	65	70	75	80	85
l_1, *мм*	40	60	50	78	72	77	83	85	95	100
R_1=R_2, *Ом*	600	650	700	470	520	610	680	420	540	630
R_3, *Ом*	700	610	530	480	570	600	480	450	550	510
$U_{ПИТ}$, *В*	14	15	28	13	22	25	12	24	17	20
k_T	2	0,7	1,1	0,8	1,8	1,2	2,3	0,5	2,1	2,5
p, кПа	13	8	25	11	20	6	17	12	19	23
Вариант	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
$R_{Д0}$, *Ом*	320	470	490	610	580	380	640	430	280	330
l_0, *мм*	90	95	30	40	70	55	35	60	50	55
l_1, *мм*	100	42	50	84	68	47	68	55	67	50
R_1=R_2, *Ом*	460	670	510	450	550	470	500	450	400	420
R_3, *Ом*	730	610	350	650	540	600	550	350	380	650
$U_{ПИТ}$, *В*	18	26	15	30	15	12	13	20	24	30
k_T	1,4	0,8	0,7	2	1,5	0,5	2,5	0,9	1,7	2,1
p, кПа	16	21	5	10	15	22	18	14	7	9

Исходные данные к заданию №1 (продолжение)

Вариант	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**
$R_{Д0}$, *Ом*	580	380	640	430	280	520	360	420	450	650
l_0, *мм*	30	40	70	55	35	35	40	45	60	65
l_1, *мм*	100	42	50	84	68	40	60	50	78	72
$R_1=R_2$, *Ом*	540	630	460	670	510	470	600	650	700	470
R_3, *Ом*	480	450	550	510	730	650	540	700	610	530
$U_{ПИТ}$, *В*	22	25	12	24	17	26	15	30	14	15
k_T	8	0,8	1,8	1,2	2,3	2,5	1,4	0,8	0,7	2
p, кПа	13	8	25	11	20	12	19	23	16	21

Исходные данные к заданию №2

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
R_H, Ом	4400	4200	4300	4500	4600	4450	4250	4350	4550	4650
$\chi_{мах}$, %	2,0	3,0	2,7	2,3	2,1	4,7	1,5	2,5	3,5	4
D, мм	50	55	47	52	49	25	30	42	60	45
α, °	330	300	290	250	280	300	320	310	260	340
B, мм	1,8	2,5	1,5	2,3	2,0	4,5	2,8	3,0	3,2	4,0
δ_P, %;	0,2	0,22	0,23	0,25	0,21	0,21	0,3	0,24	0,28	0,26
$\rho \cdot 10^{-6}$, Ом·мм^2/м	0,49	0,42	0,4	0,41	0,5	0,43	0,47	0,45	0,48	0,4
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
R_H, Ом	4700	4750	4800	4850	4900	4950	5000	4000	4100	3900
$\chi_{мах}$, %	4,5	2,4	3,2	2,2	5,0	1,8	1,2	4,5	4,3	3,7
D, мм	28	57	35	54	23	37	32	51	40	33
α, °	270	290	320	250	280	310	320	260	270	340
B, мм	3,4	4,2	5,0	4,4	4,8	3,8	3,6	4,6	3,5	3,0
δ_P, %;	0,2	0,23	0,27	0,24	0,3	0,29	0,21	0,25	0,28	0,26
$\rho \cdot 10^{-6}$, Ом·мм^2/м	0,44	0,46	0,49	0,41	0,42	0,47	0,45	0,5	0,43	0,48
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
R_H,Ом	4200	4300	4500	4600	4450	4250	4350	4550	4650	4700
$\chi_{мах}$, %	2,7	2,3	2,1	4,7	1,5	2,5	3,5	4	4,5	2,4
D, мм	52	49	25	30	42	60	45	28	57	35
α, °	280	300	320	310	260	340	270	290	320	250
B, мм	4,5	2,8	3,0	3,2	4,0	3,4	4,2	5,0	4,4	4,8
δ_P, %;	0,3	0,24	0,28	0,26	0,2	0,23	0,27	0,24	0,3	0,29
$\rho \cdot 10^{-6}$, Ом·мм^2/м	0,45	0,48	0,4	0,44	0,46	0,49	0,41	0,42	0,47	0,45

Исходные данные к заданию №2 (продолжение)

Вариант	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
$R_Н$,Ом	4750	4800	4850	4900	4950	5000	4000	4100	3900	4400
$\chi_{мах}$, %	3,2	2,2	5,0	1,8	1,2	4,5	4,3	3,7	2,0	3,0
D, мм	54	23	37	32	51	40	33	50	55	47
α, °	280	310	320	260	270	340	330	300	290	250
B, мм	3,8	3,6	4,6	3,5	3,0	1,8	2,5	1,5	2,3	2,0
$\delta_Р$, %;	0,21	0,25	0,28	0,26	0,2	0,22	0,23	0,25	0,21	0,21
$\rho \cdot 10^{-6}$, Ом·мм^2/м	0,5	0,43	0,48	0,49	0,42	0,4	0,41	0,5	0,43	0,47
Вариант	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**
$R_Н$,Ом	4950	5000	4000	4100	3900	4500	4600	4450	4250	4350
$\chi_{мах}$, %	2,1	4,7	1,5	2,5	3,5	2,3	2,1	4,7	1,5	2,5
D, мм	25	30	42	60	45	52	49	25	30	42
α, °	300	320	310	260	340	340	280	300	320	310
B, мм	4,5	2,8	3,0	3,2	4,0	1,5	2,3	2,0	4,5	2,8
$\delta_Р$, %;	0,26	0,3	0,24	0,28	0,26	0,22	0,23	0,25	0,21	0,21
$\rho \cdot 10^{-6}$, Ом·мм^2/м	0,43	0,48	0,45	0,48	0,4	0,49	0,42	0,4	0,41	0,5

Исходные данные к заданию №3

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Тип термопары	ТПП	ТХА	ТХК	ТПП	ТХА	ТХК	ТХА	ТПП	ТХК	ТХК
E_T, мВ	6,5	10,5	55	4,5	17,2	42	25	3,5	16	25
I, А	2,5	2,8	2,9	1,4	2,1	2,0	1,8	1,9	3,5	2,6
$U_Б$, В	12	15	13	20	30	28	22	17	20	24
$t_П$, ºС	30	25	35	20	10	15	18	22	28	22
v, м/с	4	3,5	3	4,5	5	2	2,1	2,5	3,8	4,2
k_V	0,085	0,1	0,08	0,09	0,095	0,07	0,075	0,1	0,08	0,09
Ψ	0,5	0,55	0,58	0,48	0,51	0,45	0,53	0,56	0,49	0,5
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Тип термопары	ТХА	ТПП	ТХА	ТХК	ТПП	ТПП	ТХА	ТХК	ТХА	ТХК
E_T, мВ	20	2,8	22,5	35	4,0	2,5	11,5	45	28	51
I, А	2,3	1,5	3,2	1,4	1,8	3,1	2,0	2,3	1,4	3,1
$U_Б$, В	14	18	25	30	23	13	27	15	24	26
$t_П$, ºС	28	33	15	18	10	18	35	10	21	31

Исходные данные к заданию №3 (продолжение)

Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
v, м/с	2,3	3,3	4,7	2,5	3,8	3,0	2,8	3,3	3,1	4,0
k_V	0,08	0,095	0,07	0,095	0,07	0,075	0,085	0,075	0,09	0,1
Ψ	0,47	0,52	0,49	0,53	0,54	0,51	0,45	0,47	0,57	0,51
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Тип термопары	ТХА	ТХК	ТПП	ТХА	ТХК	ТХА	ТПП	ТХК	ТХК	ТХА
E_T, мВ	19	30,8	8,5	37,5	22	35	6,8	60	13,3	40
I, А	2,9	1,4	2,1	2,0	1,8	1,9	3,5	2,6	2,3	1,5
$U_Б$, В	20	30	28	22	17	20	24	14	18	25
$t_П$, ºС	10	15	18	22	28	22	28	33	15	18
v, м/с	2	2,1	2,5	3,8	4,2	2,3	3,3	4,7	2,5	3,8
k_V	0,075	0,1	0,08	0,09	0,08	0,095	0,07	0,095	0,07	0,075
Ψ	0,56	0,49	0,5	0,47	0,52	0,49	0,53	0,54	0,51	0,45
Вариант	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
Тип термопары	ТПП	ТХА	ТХК	ТПП	ТПП	ТХА	ТХК	ТХА	ТХК	ТПП
E_T, мВ	8,0	32,5	40,4	9,2	7,5	8,5	9,5	10	38,1	7,0
I, А	3,2	1,4	1,8	3,1	2,0	2,3	1,4	3,1	2,5	2,8
$U_Б$, В	30	23	13	27	15	24	26	12	15	13
$t_П$, ºС	10	18	35	10	21	31	30	25	35	20
v, м/с	3,0	2,8	3,3	3,1	4,0	4	3,5	3	4,5	5
k_V	0,085	0,075	0,09	0,1	0,085	0,1	0,08	0,09	0,095	0,07
Ψ	0,47	0,57	0,51	0,5	0,55	0,58	0,48	0,51	0,45	0,53
Вариант	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**
Тип термопары	ТХА	ТХК	ТПП	ТХА	ТХК	ТХА	ТПП	ТХК	ТХК	ТХА
E_T, мВ	40,4	9,2	7,5	8,5	9,5	19	30,8	8,5	37,5	22
I, А	3,1	2,0	2,3	1,4	3,1	1,4	2,1	2,0	1,8	1,9
$U_Б$, В	15	24	26	12	15	28	22	17	20	24
$t_П$, ºС	31	30	25	35	20	22	28	22	28	33
v, м/с	3,5	3	4,5	5	2	2,3	3,3	4,7	2,5	3,8
k_V	0,09	0,095	0,07	0,075	0,1	0,07	0,095	0,07	0,075	0,085
Ψ	0,45	0,53	0,56	0,49	0,5	0,54	0,51	0,45	0,47	0,57

Исходные данные к заданию №4

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
P_H, Вт	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
U_H, В	170	180	190	200	220	210	150	160	50	70
U_{BX}, В	180	200	250	230	255	240	200	187	80	96
U_{PK}, В	500	400	450	600	550	580	480	430	250	280
σ, А/мм^2	1,6	2,0	1,8	1,4	1,6	1,5	1,7	1,9	1,1	1,2
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
P_H, Вт	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
U_H, В	90	140	110	60	130	80	100	120	40	30
U_{BX}, В	135	155	115	92	140	115	118	127	66	42
U_{PK}, В	330	350	300	230	430	250	220	270	180	150
σ, А/мм^2	1,3	2,1	1,4	1,8	1,5	2,0	1,1	1,9	1,7	1,3
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P_H, Вт	65	77	83	94	108	113	126	137	144	153
U_H, В	177	192	182	211	209	215	158	143	64	86
U_{BX}, В	193	210	230	245	241	235	184	197	96	102
U_{PK}, В	410	480	620	530	430	450	340	280	210	340
σ, А/мм^2	1,8	1,4	1,6	1,5	1,7	1,9	1,1	1,2	1,3	2,1
Вариант	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
P_H, Вт	168	172	186	199	211	207	216	237	243	256
U_H, В	105	130	97	76	118	92	85	113	50	20
U_{BX}, В	124	168	128	84	151	127	136	147	91	50
U_{PK}, В	170	310	240	150	235	215	255	290	185	110
σ, А/мм^2	1,4	1,8	1,5	2,0	1,1	1,9	1,7	1,3	1,6	2,0
Вариант	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**
P_H, Вт	83	94	108	113	126	180	190	200	210	220
U_H, В	211	209	215	158	143	60	130	80	100	120
U_{BX}, В	241	235	184	197	96	140	115	118	127	66
U_{PK}, В	450	340	280	210	340	250	220	270	180	150
σ, А/мм^2	1,1	1,2	1,3	2,1	1,4	1,1	1,9	1,7	1,3	1,8

Исходные данные к заданию №5

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Q, кг	2,4	5,0	3,3	2,8	4,2	5,5	4,5	5,8	3,8	3,5
U, В	220	210	150	90	140	110	120	130	170	100
$X_я$, *мм*	11	12	4	8	15	14	7	5	13	6
$B_M \cdot 10^{-4}$, Вб/мм^2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
σ, А/мм^2	1,6	2,0	1,8	1,4	1,4	1,5	1,7	1,9	1,8	1,5
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Q, кг	4,8	2,5	6,0	5,3	2,8	2,1	2,0	4,0	2,3	3,1
U, В	180	60	190	50	80	70	160	200	30	40
$X_я$, *мм*	9	10	8,5	5,5	9,5	6,5	7,5	4,5	10,5	12,5
$B_M \cdot 10^{-4}$, Вб/мм^2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	0,45	0,55
σ, А/мм^2	1,7	2,2	2,1	2,0	1,1	1,2	2,0	1,4	1,3	1,5
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Q, кг	5,0	3,3	2,8	4,2	5,5	4,5	5,8	3,8	3,5	4,8
U, В	155	93	142	109	125	133	171	105	186	64
$X_я$, *мм*	15,5	14,2	7,3	5,4	13,7	6,2	9,5	10,1	8,2	5,8
$B_M \cdot 10^{-4}$, Вб/мм^2	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55
σ, А/мм^2	1,8	2,1	1,3	2,2	2,2	2,1	2,0	1,1	1,2	2,0
Вариант	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
Q, кг	2,5	6,0	5,3	2,8	2,1	2,0	4,0	2,3	3,1	2,4
U, В	192	57	83	65	155	197	35	48	215	177
$X_я$, *мм*	9,9	6,8	7,9	4,1	10,7	12,2	11,5	12,6	4,7	8,7
$B_M \cdot 10^{-4}$, Вб/мм^2	1,65	1,75	1,85	1,95	2,05	2,15	0,48	0,53	0,67	0,71
σ, А/мм^2	1,4	1,3	1,7	1,6	2,0	1,8	2,1	1,4	1,6	1,5
Вариант	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**
Q, кг	2,8	4,2	5,5	4,5	5,8	5,3	2,8	2,1	2,0	4,0
U, В	109	125	133	171	105	65	155	197	35	48
$X_я$, *мм*	13,7	6,2	9,5	10,1	8,2	10,7	12,2	11,5	12,6	4,7
$B_M \cdot 10^{-4}$, Вб/мм^2	0,84	0,99	1,12	1,28	1,33	1,46	1,59	1,62	1,77	1,81
σ, А/мм^2	2,0	1,1	1,2	2,0	1,4	2,1	1,4	1,6	1,5	1,7

Исходные данные к заданию №6

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Q_H, кДж/с	6	13	8	25	11	20	12	19	23	16
Θ_0 , °С	200	450	600	550	580	480	430	250	280	330
$2a$, °С	3	4	10	5	6	7	2	4,5	5,5	6,5
$k_{ОБ}$, с·°С/кДж	50	64	76	32	95	28	62	17	20	24
T , сек	150	90	140	110	120	130	170	100	180	60
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Q_H, кДж/с	16	21	5	10	15	22	18	14	7	9
Θ_0 , °С	350	300	230	430	250	220	270	180	150	410
$2a$, °С	2,5	3,5	15	20	4	5	3	2,5	7	6,5
$k_{ОБ}$, с·°С/кДж	30	23	83	77	25	14	26	20	35	53
T , сек	190	50	80	70	160	200	30	40	155	93
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Q_H, кДж/с	13	8	25	11	20	6	17	12	19	23
Θ_0 , °С	480	620	530	430	450	340	280	210	340	470
$2a$, °С	3	3,5	4	4,5	8,2	9,6	7,8	5,2	4,3	3,7
$k_{ОБ}$, с·°С/кДж	60	110	28	42	27	57	24	34	18	25
T , сек	142	109	125	133	171	105	186	64	192	57
Вариант	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**
Q_H, кДж/с	25	11	20	6	17	12	19	23	16	21
Θ_0 , °С	310	240	150	235	215	255	290	185	110	450
$2a$, °С	4,1	4,4	5,6	5,3	6,2	6,4	2,4	18	14	15,3
$k_{ОБ}$, с·°С/кДж	14	38	14	40	23	33	27	15	10	26
T , сек	83	65	155	197	35	48	215	177	109	125
Вариант	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**
Q_H, кДж/с	5	10	15	22	18	14	7	9	13	8
Θ_0 , °С	235	184	197	96	140	115	118	127	66	180
$2a$, °С	4,8	5,1	12,6	11,3	10,4	11	5	6	7	2
$k_{ОБ}$, с·°С/кДж	75	35	18	5	15	9	22	17	7	24
T , сек	133	171	105	65	155	197	35	48	220	210

Оглавление

Введение ……3

Порядок оформления контрольной работы……5

Задание №1 Расчет параметров тензометрического датчика……6

Задание №2 Определение основных параметров потенциометрического датчика……..……..9

Задание №3 Расчет параметров теплового расходомера (термоанемометра)……11

Задание №4 Определение основных параметров феррорезонансного стабилизатора напряжения…...14

Задание №5 Расчет параметров электромагнитного исполнительного устройства……..……...18

Задание №6 Определение параметров настройки двухпозиционного регулятора температуры..……....22

Литература……28

Приложения……...29

Учебное издание

АВТОМАТИКА

Методические указания

Издается в авт. редакции

Компьютерная верстка *А.Н. Попескул*

Набор *А.Н. Попескул*

Усл. печатных листов – 2,5. Тираж 20 экз.