

**Министерство сельского хозяйства РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»**

Инженерный факультет

Кафедра энергетических средств и технического сервиса

АВТОМАТИКА

Методические указания

по выполнению лабораторных работ для студентов
направления подготовки 35.03.06 – Агроинженерия

**Вологда - Молочное
2018**

УДК 631.3-52(07)
ББК 40.7
А22

С о с т а в и т е л и :

канд. техн. наук, доцент кафедры энергетических средств и технического
сервиса **А.В. Палицын**,
ст. преподаватель кафедры энергетических средств и технического сервиса
И.И. Иванов

Р е ц е н з е н т ы :

д-р экон. наук, профессор кафедры энергетических средств и технического
сервиса **В.Н. Острецов**,
канд. техн. наук, доцент кафедры энергетических средств и технического
сервиса **Ф.А. Киприянов**

А22 **Автоматика:** Методические указания / Сост. А.В. Палицын,
И.И. Иванов. – Вологда–Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА,
2018. – 47 с.

Методические указания для лабораторных занятий по дисциплине «Автоматика» предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА.

УДК 631.3-52(07)
ББК 40.7

© Палицын А.В., Иванов И.И., 2018
© ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Содержание методических указаний соответствует действующим программам по курсу «Автоматика» и включает четыре лабораторных работы по следующим разделам: «Исследование статических характеристик потенциометрических датчиков», «Изучение статических и динамических характеристик датчиков температуры», «Изучение принципов управления микроклиматом в животноводческом помещении», «Исследование разгонных характеристик звеньев АСУ (апериодическое звено 1-го порядка)».

Работы содержат теоретическую и экспериментальную части. С теоретическим разделом студенты должны ознакомиться в период подготовки к работе, затем приобретенные теоретические навыки закрепляются соответствующими измерениями, выполняемыми в экспериментальной части работы. Для самоконтроля и оценки усвоения пройденного материала студентами, служат контрольные вопросы, приводимые после каждой лабораторной работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование статических характеристик потенциметрических датчиков

1. Цель работы.

Целью работы является: изучение принципа действия конструкций, электрических схем включения потенциметрических преобразователей, проведение экспериментальных исследований статических характеристик потенциметрических преобразователей угловых перемещений; синтез и воспроизведение простейших функциональных зависимостей.

2. Общие сведения.

Потенциметрический измерительный преобразователь или датчик, представляет собой переменное электрическое сопротивление, величина напряжения которого определяется положением токосъёмного контакта [1].

Потенциметрические измерительные преобразователи (ПИП) широко используются в устройствах и системах автоматики, вычислительной технике. Применяются в автопилотах, электрических топливомерах и расходомерах, дистанционных термометрах, в различных измерительных схемах и устройствах. В вычислительных устройствах используются функциональные потенциметрические преобразователи для выполнения математических операций [2].

К достоинствам ПИП относится: простота конструкции, малые габариты и масса, возможность получения линейных статических характеристик, возможность работы на переменном и постоянном токе, малое переходное сопротивление, низкий температурный коэффициент сопротивления (ТКС).

Недостатками этих элементов следует считать: наличие скользящего контакта, который может стать причиной отказов, погрешность от нагрузки. Небольшой коэффициент преобразования и высокий порог чувстви-

тельности, ограниченность скорости линейного перемещения, наличие шумов.

В большинстве случаев ПИП служат в качестве датчиков угловых и линейных перемещений. На рис. 1.1, 1.2 - показаны конструкции ПИП, на рис. 1.3 и 1.4 – электрические схемы включения.

На каркас 1 из изоляционного материала намотана с равномерным шагом проволока 2. Изоляция проволоки на верхней грани каркаса зачищается и по металлу проволоки скользит щетка 3.

Принцип действия датчика с непрерывной намоткой состоит в следующем. К зажимам потенциометра прикладывается напряжение постоянного или переменного тока неизменной величины. При перемещении щетки потенциометра выходное напряжение меняется пропорционально входной величине X (линейное или угловое перемещение).

Для режима холостого хода $R_H = \infty$ статическая характеристика датчика линейна, так как справедливо соотношений:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U}{R} \cdot r \quad (1.1)$$

где U - напряжение питания потенциометра; R – сопротивление обмотки; r - сопротивление части обмотки, приходящейся на длину перемещения X щетки потенциометра.

Учитывая, что $r/R = x/l$, где l – общая длина обмотки, получим:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U}{l} \cdot x = k \cdot x, \quad (1.2)$$

где k – коэффициент преобразования потенциометра.

Для потенциометра углового перемещения при отсутствии нагрузки:

$$U_{\text{вых}} = k \cdot \varphi, \quad (1.3)$$

где φ – угол поворота щетки потенциометра.

В соответствии с формулами (1.3) и (1.2) на рис. 1.5. построена статическая характеристика ПИП.

Рассмотренные ПИП являются одноктактными элементами (или неререверсивными).

В системах автоматики обычно используются двухтактные ПИП, реагирующие на знак входного сигнала. На рис. 1.6 приведены различные схемы двухтактных ПИП, а на рис. 1.7 статические характеристики: I - для схем а и б (рис.1.6), II - для схем в, г (рис.1.6).

Источниками погрешностей потенциметрических преобразователей являются:

зона нечувствительности, непостоянство диаметра провода, удельного сопротивления и шага намотки, люфт, трение, величина нагрузки.

Активная нагрузка создает дополнительную неравномерность статической характеристики. На рис. 1.8 изображены статические характеристики двухтактных ПИП при различных коэффициентах нагрузки η :

$$\eta = \frac{R_n}{R}, \quad (1.4)$$

где R_n - сопротивление нагрузки, R – сопротивление потенциметра.

На рис. – 1.9 - статические характеристики одноктактных ПИП.

Электрическая схема включения потенциметрического преобразователя с нагрузкой и эквивалентные схемы приведены на рис. 1-10 – рис. 1.12.

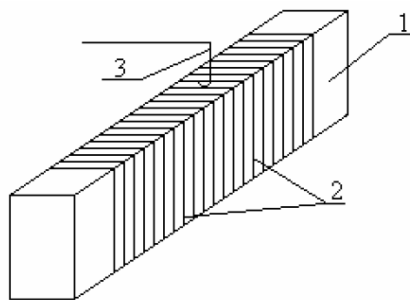


Рис. 1.1. Потенциметрический измерительный преобразователь линейного перемещения

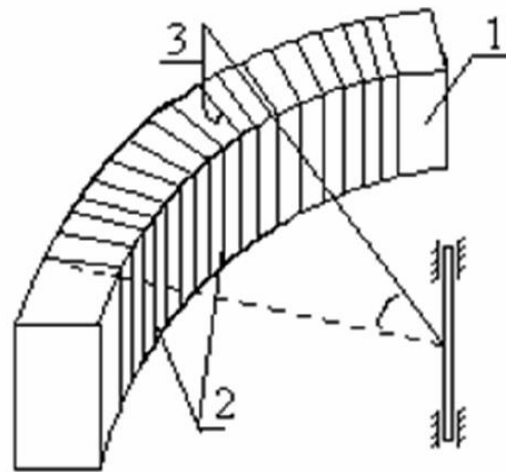


Рис. 1.2. Потенциометрический измерительный преобразователь углового перемещения

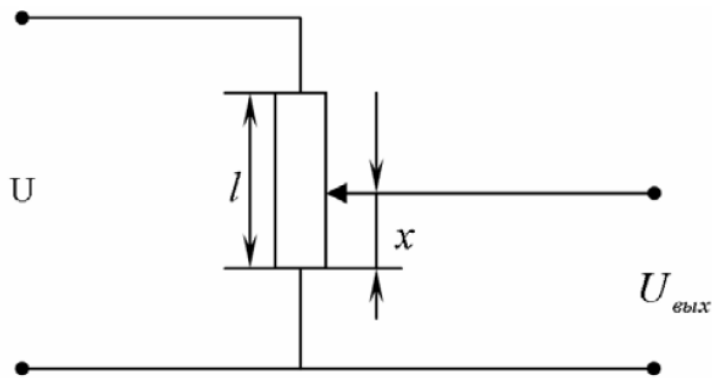


Рис. 1.3. Электрическая схема включения ПИП линейного перемещения

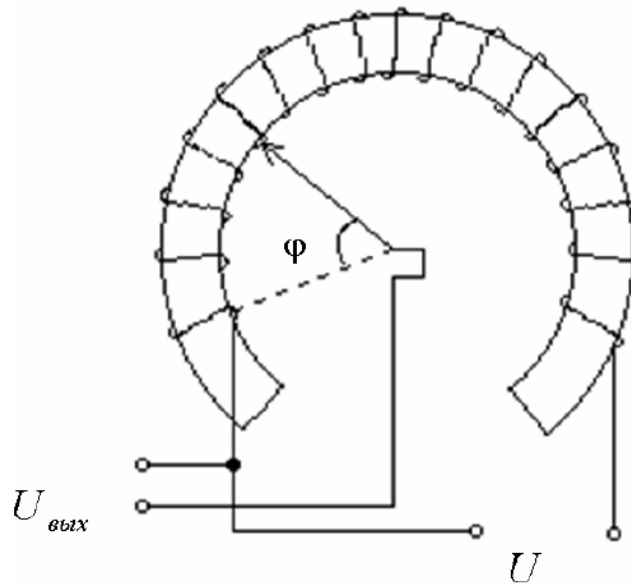


Рис. 1.4. Электрическая схема включения ПИП углового перемещения

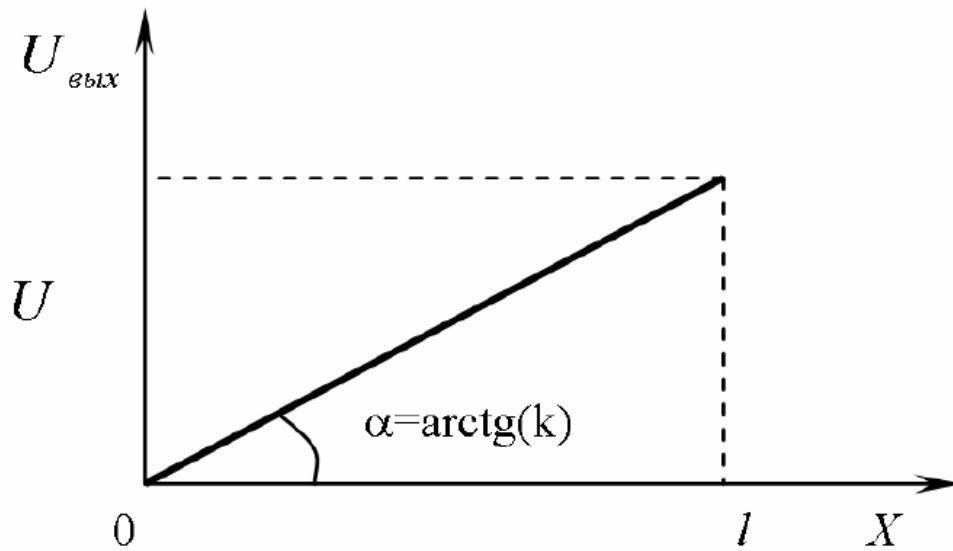


Рис. 1.5. Статическая характеристика ПИП

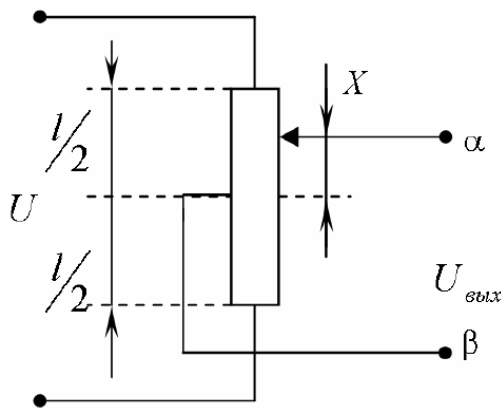


Рис 1.6 а

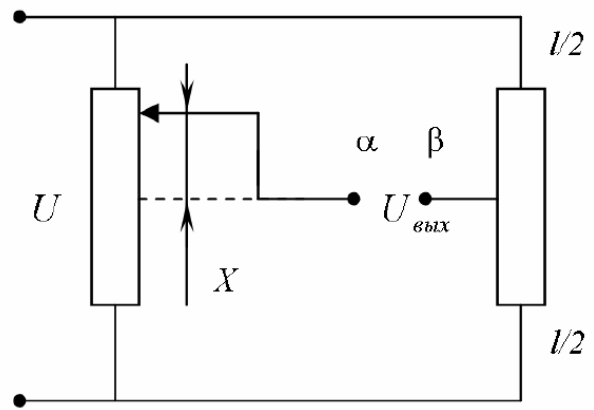


Рис. 1.6 б

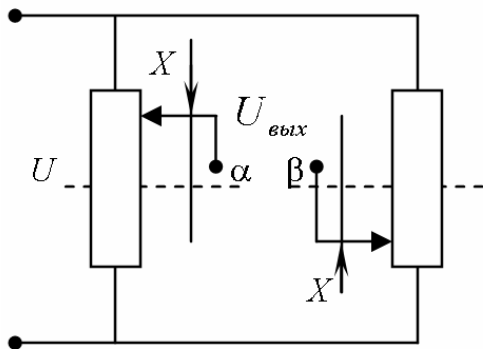


Рис. 1.6 в

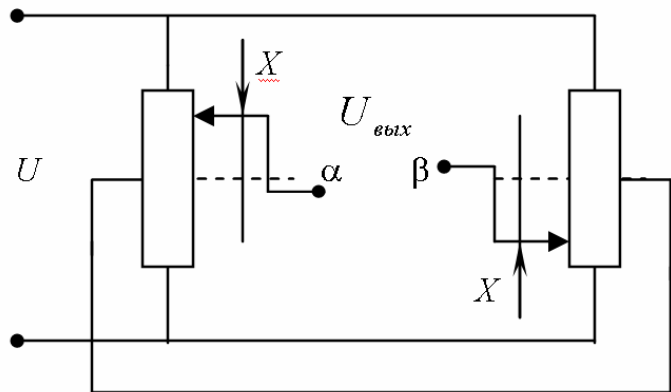


Рис. 1.6 г

Рис 1.6. Схемы двухтактных ПИП.

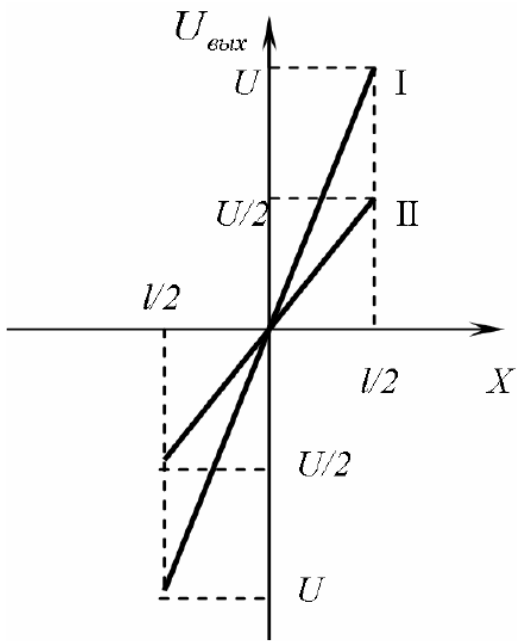


Рис 1.7 Статическая характеристика двухтактных ПИП.

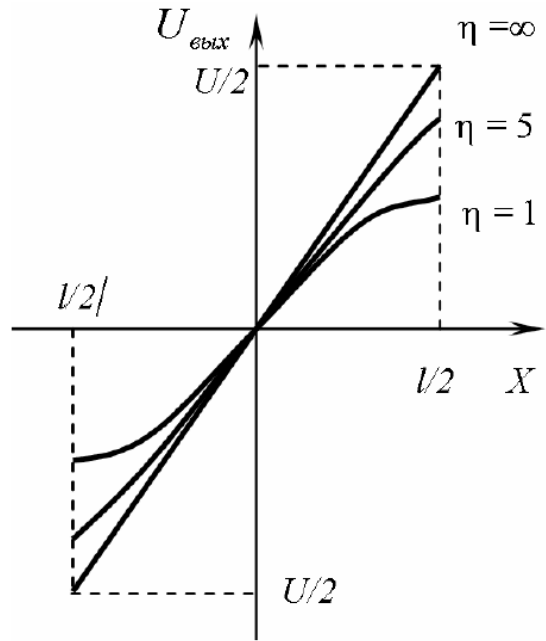


Рис 1.8 Статическая характеристика двухтактных ПИП с учётом

погрешности от нагрузки

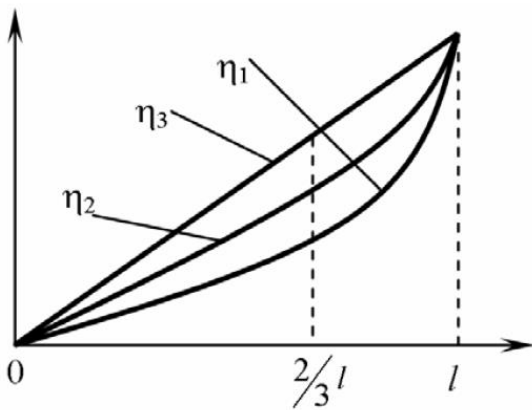


Рис 1.9 Статическая характеристика одно-
тактных ПИП при различном коэффициенте η
($\eta_1 = 1, \eta_2 = 5, \eta_3 = \infty$) ($\eta_1 < \eta_2 < \eta_3$)

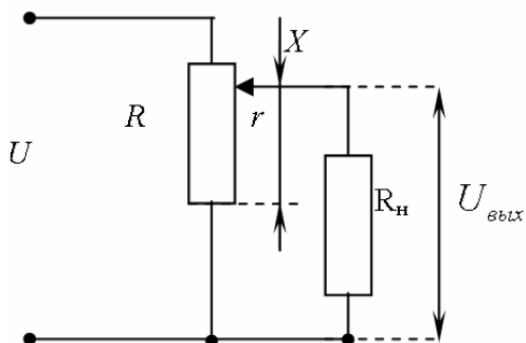


Рис 1.10 Схема ПИП с нагрузкой.

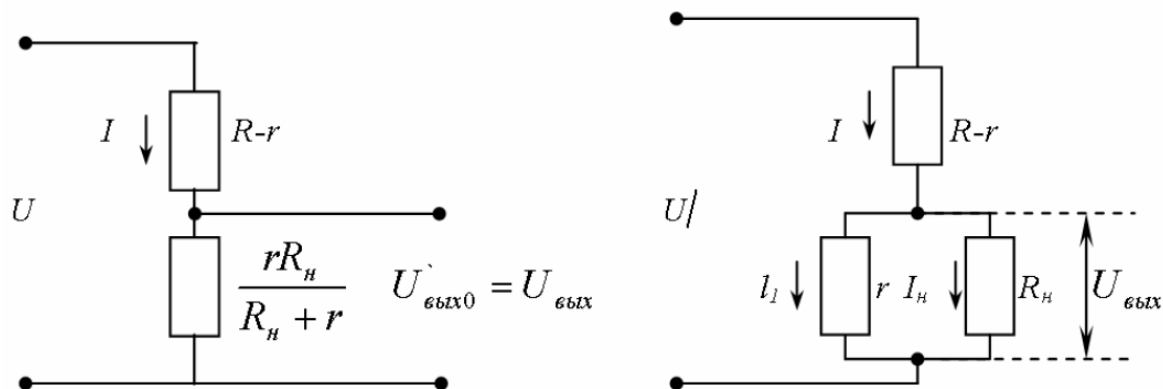


Рис 1.11, 1.12. Эквивалентные схемы ПИП с нагрузкой

В автоматических и вычислительных системах часто используются ПИП, у которых связь между входной и выходной величинами описывается функциональной зависимостью вида:

$$U_{\text{вых}} = \{k \cdot x^2, k \cdot \ln x, k \cdot \sin x, k \cdot \sqrt{x}\} \quad (1.5)$$

Такие преобразователи называются функциональными, наиболее часто для их изготовления используют каркас различной конфигурации (рис.1.13) или отдельные участки линейного потенциометра шунтируют сопротивлениями различной величины (рис. 1.14).

Для определения профиля каркаса функционального потенциометрического преобразователя, используется выражение (h_x - высота каркаса в точке x):

$$h_x = \frac{dU_{\text{вых}}}{dx} \quad (1.6)$$

где h_x - высота каркаса в точке x , k - коэффициент, равный $k = \frac{RIS}{2Vp\omega}$, R -сопротивление,

l - длина намотки, S - площадь поперечного сечения намоточного провода, ρ - удельное сопротивление, ω -количество витков намотки.

Статическая характеристика секционированного потенциометра имеет вид, соответствующий рис. 1.15.

Сопротивление отдельной секции R_i определяется по формуле [2]:

$$R_i = \frac{R_{шi} \cdot r}{R_{шi} + r} \quad (1.7)$$

где $R_{шi}$ – сопротивление шунта к секции, r – величина сопротивления секции потенциометра.

Выходное напряжение при положении щётки на участке i -ой секции равно:

$$U_{\text{ВЫХ}}^i = \sum_{k=1}^{i-1} U_k + I \frac{R_{шi}}{R_{шi} + r} \cdot r_{xi}, \quad (1.8)$$

где U_k – падение напряжения на k -ой секции, I – ток, протекающий через секционированный потенциометр, r_{xi} – часть сопротивления i -ой секции, причём $r_{xi} = (r/l)x_i$, r , l – сопротивление и длина намотки, x_i – положение щётки потенциометра i -ой секции.

Таким образом:

$$U_{\text{ВЫХ}}^i = \sum_{k=1}^{i-1} U_k + I \frac{R_{шi}}{R_{шi} + r} \cdot \frac{r}{l} \cdot X_i = \sum_{k=1}^{i-1} U_k + k_i \cdot x_i, \quad (1.9)$$

где k_i – коэффициент преобразования i -ой секции потенциометра.

Следует заметить, что коэффициент преобразования K_i , определяющий наклон характеристики на отдельных участках, зависит от величины сопротивления $R_{шi}$, следовательно, изменяя $R_{шi}$, можно добиться различного наклона отрезков ломаной и реализовать, требуемую функциональную зависимость.

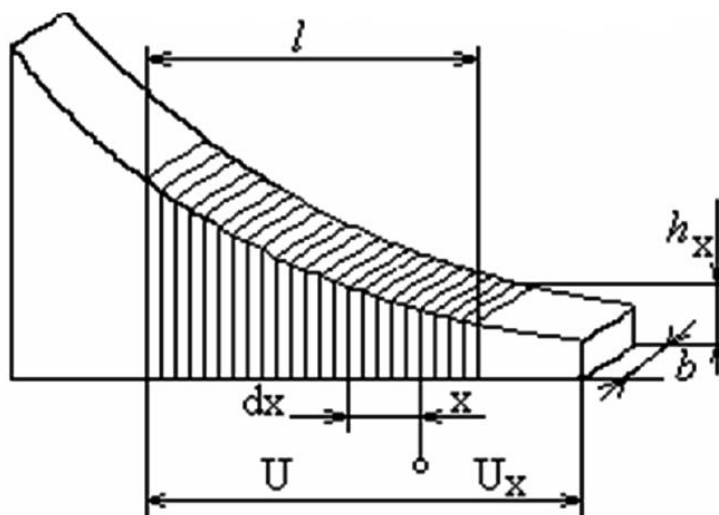


Рис. 1.13. Конфигурация каркаса функционального потенциометра.

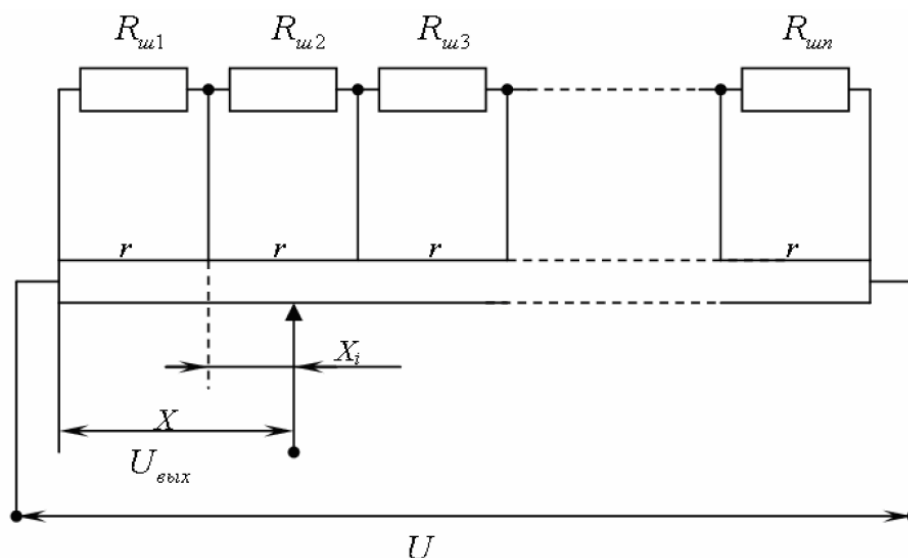


Рис. 1.14. Секционированный потенциометр

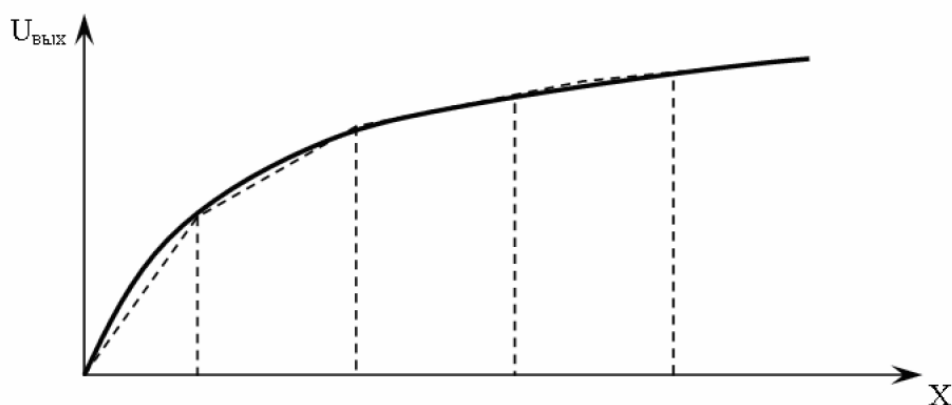


Рис. 1.15. Статическая характеристика секционированного потенциометра

3 Экспериментальная часть

Цель эксперимента: исследование статических характеристик ПИП угловых перемещений при разных нагрузках; синтез функционального преобразователя.

Лабораторная установка выполнена в виде стенда, на котором смонтированы:

- исследуемый потенциометр RP1 с набором регулированных шунтов $R_{ш1} \div R_{ш8}$ и гнездами XS8÷XS16 для подключения измерительного прибора к каждой секции потенциометра;

- R1 – регулятор напряжения питания;

- вспомогательный потенциометр RP2 (гнезда XS17, XS18, XS19);

- переключатели:

- SA1 – включение постоянного напряжения питания и измерительного прибора В;

SA2 – переключатель режимов работы 1 и 2 (соответственно «настройка» и «работа»);

SA3 – переключатель режимов работы 1 и 2 (режим измерения напряжения и сопротивления соответственно);

SA4 ÷ SA7 – переключатели шунтов;

SA8 – включение напряжения питания ($U = 12\text{В}$, $f = 400\text{Гц}$.);

SA9 – включение постоянного напряжения питания RP1;

SA10 – переключатель нагрузочных сопротивлений $R_{н1}$, $R_{н2}$, $R_{н3}$, $R_{н4}$;

SA11 – переключатель поочередного подключения сопротивлений шунтов $R_{ш1}$ ÷ $R_{ш8}$ для измерения их величины;

SA12 – переключатель направления движения щетки потенциометра RP1, жестко связанный со шкалой.

- гнезда:

XS1, XS2 – для подключения измерительного прибора (B7-16) для снятия статических характеристик RP1;

XS3, XS4 – для подключения измерительного прибора (B7-16) для поочередного измерения величины сопротивлений шунтов $R_{ш1}$ ÷ $R_{ш8}$;

XS6, XS7 – для подключения генератора (ГЗ-109), используемого в качестве источника питания для лабораторного стенда.

XS5 – для реализации схемы двухтактного ПИП (Схема со “средней точкой”);

XS8 ÷ XS15 – для измерения сопротивлений секций ПИП (RP1);

XS17 ÷ XS19 – для исследования характеристик вспомогательного ПИП (RP2);

Данная установка позволяет использовать статические характеристики потенциометрического измерительного и функционального преобразователей, синтезировать по заданной характеристике функциональный преобразователь.

1.3.1 Подготовка стенда и проверка его работоспособности

Включить мультиметр и подготовить его к работе в соответствии с выпиской из инструкции.

Подсоединить мультиметр к клеммам XS1 – XS2. Включить мультиметр. Установить режим измерения нажатием клавиш “ – V” и “20”. Вклю-

чить питание стенда выключателем SA1 (“сеть”), SA8, SA9. Переключатель SA2 установить в положение “настройка”.

Вращением ручки регулятора напряжения питания R1 установить напряжение по заданию преподавателя. Контроль осуществляется по мультиметру.

После установки заданного напряжения перевести переключатель SA2 в положение “работа”.

Убедитесь по показаниям мультиметра, что при изменении положения переключателя SA12 выходное напряжение исследуемого потенциометра RP1 изменяется.

1.3.2 Исследование статической характеристики линейного потенциометра

Переключатель нагрузочных сопротивлений SA10 установить в положение Rxx (холостой ход). Переключатели SA4 ÷ SA7 установить в положение “выкл”. Мультиметр подсоединить к клеммам XS1 – XS2.

Изменяя угловое положение щётки потенциометра с помощью переключателя SA12, измерить величину выходного напряжения при фиксированных значениях углов поворота α . Результаты исследований занести в таблицу 1.1.

Эксперимент повторить при различных нагрузочных сопротивлениях ($R_{н1}$, $R_{н2}$, $R_{н3}$).

Данные занести в таблицу 1.1.

Построить семейство статических характеристик исследуемого потенциометра при различных $R_{нi}$.

Таблица 1.1 – Исследование статической характеристики

$\alpha, ^\circ$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
$U_{\text{вых } xx}, R_{xx}$												
$U_{\text{вых}2}, R_{н1}$												
$U_{\text{вых}3}, R_{н2}$												
$U_{\text{вых}4}, R_{н3}$												

Используя полученные данные (таблица 1.1) рассчитать $\Delta U_{\text{вых}i} = f(\alpha)$, где: $\Delta U_{\text{вых}i} = U_{\text{вых}i1} - U_{\text{вых}i}$, $i = 1, 2, 3$.

Построить графики и сделать выводы о величине нагрузки.

1.3.3 Исследование статической характеристики линейного потенциометрического преобразователя со средней точкой

Переключатель SA10 установить в положение Rxx. Переключатели SA4÷SA7 установить в положение “выкл.”. Мультиметр подсоединить к клеммам XS1÷XS5 или XS2÷XS5 (в зависимости от полярности сигнала).

Изменяя угловое положение щетки потенциометра RP1 с помощью переключателя SA12, измерить величину выходного напряжения при фиксированных значениях углов поворота α . Результаты занести в таблицу 1.2. Эксперимент повторить в режимах подключения не менее 2-х нагрузочных сопротивлений к исследуемому потенциометру RP1 (по заданию преподавателя). Построить статические характеристики ПИП со средней точкой.

Таблица 1.2 – Исследование статической характеристики

$U_{\text{ВЫХ}}$ α	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
$U_{\text{ВЫХ XX}}$												
$U_{\text{ВЫХ}}, R_{\text{н}i}$												

1.3.4 Исследование функционального преобразователя

Подготовить потенциометр RP1 к реализации функциональной зависимости. Переключатель нагрузочных сопротивлений SA10 установить в положение Rxx. Переключатель SA3 в положение “2”, что соответствует режиму измерения сопротивления шунтов.

Переключатели SA4 ÷ SA7 в состояние “выкл”, т. е. $ш1 ш8 R \div R$ отключены от секций RP1.

Перевести мультиметр в режим измерения сопротивлений в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Подсоединить вольтметр к клеммам XS4 – XS5, нажатием клавиш “КЛ” и “2” или “20”.

Переключатель SA11 установить в положение “Г”, изменяя положение ручки $R_{ш1}$ установить его значение в соответствии с заданным преподавателем вариантом таблицы 1.3. Величина сопротивления контролируется по мультиметру. Поочередно переключая SA11, аналогичным образом установить значения.

Таблица 1.3 – Сопротивление шунтов

№	$R_{шi}, \text{Ком}$							
	$R_{ш1}$	$R_{ш2}$	$R_{ш3}$	$R_{ш4}$	$R_{ш5}$	$R_{ш6}$	$R_{ш7}$	$R_{ш8}$
1	0,01	0,10	0,40	0,80	1,20	2,50	4	6
2	10	8	6	4	2,5	1,2	0,80	0,40
3	0,05	0,90	1,40	3	4	5	5	6
4	10	10	10	6	3	2	1	0,60

После регулировки $R_{ш1} \div R_{ш8}$ перевести переключатели SA4 ÷ SA7 в положение “вкл”, что соответствует подключению $R_{ш1} \div R_{ш8}$ к секциям RP1. Таким образом потенциометр RP1 подготовлен к реализации функциональной зависимости. Для снятия статической характеристики секционированного потенциометрического преобразователя следует переключатель SA3 перевести в положение “Г”. Вольтметр В7-И6 подготовить к режиму измерения “Измерение напряжения” и подсоединить к клеммам XS1– XS2. Переключателем SA12 задаться различными значениями угла поворота и измерить величину выходного напряжения. Результаты измерения занести в таблицу 1.4 и построить график.

Статическая характеристика воспроизводит один из вариантов (таблица 1.4) функциональной зависимости $U_{вых} = f(\alpha)$

Таблица 1.4 –Исследование статической характеристики функционального потенциометра

$\alpha, ^\circ$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
$U_{\text{вых}}, \text{В}$												

1.3.5 Синтез функционального преобразователя

В соответствии с теоретическими сведениями п.1.2 и экспериментальными исследованиями (п.1.3) показана возможность реализации функциональной зависимости методом секционирования потенциометрического измерительного преобразователя [2].

Синтез преобразователя осуществляется в соответствии с заданием, функциональная зависимость представлена графически.

Вначале необходимо провести кусочно-линейную аппроксимацию заданной кривой. Результатом кусочно-линейной аппроксимации является замена кривой ломаной линией, состоящей из 8 отрезков (по числу секций потенциометра). Точки излома ломаной совпадают с точками подключения шунтов к секциям потенциометра.

После предварительной обработки графика, приступить к расчёту эквивалентных сопротивлений секций потенциометра, при этом следует измерить величину сопротивления каждой секции потенциометра R_c используя клеммы XS8÷ XS16. Измерить максимальные величины сопротивления шунтов и результаты свести по форме таблицы 1.3.

Внутри каждой секции определить величину приращения выходного напряжения $\Delta U_{\text{вых}i}$ по формуле:

$$\Delta U_{\text{вых}i} = U_{\text{вых}i+1} - U_{\text{вых}i}, \quad (1.10)$$

где $U_{\text{вых}i}$, $U_{\text{вых}i+1}$ - величины напряжений в начальной и конечной точках данного отрезка.

Данные свести в таблицу 1.5.

Выбрать участок ломаной, имеющий максимальную крутизну, что соответствует максимальному эквивалентному сопротивлению секции потенциометра:

$$R_{\text{ЭКВ } i} = \frac{R_c \cdot R_{\text{ш}i}}{R_c + R_{\text{ш}i}}. \quad (1.11)$$

Рассчитать величину $R_{\text{ЭКВ}i}$ и результаты занести в таблицу 1.4. Сила тока, протекающего через эквивалентные сопротивления секционированного потенциометра, определяется из выражения:

$$I = \frac{\Delta U_1}{R_{\text{ЭКВ } 1}} = \frac{\Delta U_2}{R_{\text{ЭКВ } 2}} = \frac{\Delta U_i}{R_{\text{ЭКВ } i}} = \frac{\Delta U_n}{R_{\text{ЭКВ } n}}. \quad (1.12)$$

Эти отношения позволяют определить величину эквивалентных сопротивлений секций и соответствующие сопротивления шунтов:

$$\begin{aligned} R_{\text{ЭКВ}1} &= R_{\text{ЭКВ}i} \cdot \frac{\Delta U_1}{\Delta U_i}, & R_{\text{ш}1} &= \frac{R_c \cdot R_{\text{ЭКВ}1}}{R_c - R_{\text{ЭКВ}1}}, \\ R_{\text{ЭКВ}2} &= R_{\text{ЭКВ}i} \cdot \frac{\Delta U_2}{\Delta U_i}, & R_{\text{ш}2} &= \frac{R_c \cdot R_{\text{ЭКВ}2}}{R_c - R_{\text{ЭКВ}2}}, \\ R_{\text{ЭКВ}n} &= R_{\text{ЭКВ}i} \cdot \frac{\Delta U_n}{\Delta U_i}, & R_{\text{ш}n} &= \frac{R_c \cdot R_{\text{ЭКВ}n}}{R_c - R_{\text{ЭКВ}n}}. \end{aligned} \quad (1.13)$$

Рассчитать по приведённым формулам $R_{\text{ш}i}$ и $R_{\text{ЭКВ}i}$ и результаты занести в таблицу 1.5.

Таблица 1.4 содержит исходные данные для реализации заданной функциональной зависимости. Установить полученные значения $R_{\text{ш}1} - R_{\text{ш}8}$, используя мультиметр, по методике изложенной ранее. После синтеза функционального потенциометра провести экспериментальные исследования при $R_{\text{сх}}$. Результаты эксперимента занести в таблицу по форме 1.5, по-

строить графики – заданные и экспериментальные. Сравнить графики.
Сделать выводы.

Таблица 1.5 – Расчётные данные для секционированного потенциометра

№ секции	1	2	3	4	5	6	7	8
$\alpha, ^\circ$								330
$\Delta U_{\text{вых}i}, \text{В}$								
$R_{\text{эКВ}i}, \text{КОМ}$								
$R_{\text{ш}i}, \text{КОМ}$								

1.4 Контрольные вопросы

1. Области применения, достоинства и недостатки ПИП.
2. Конструкция и принцип действия простейших ПИП.
3. Способы реализации заданных функциональных зависимостей с помощью ПИП.
4. Схемы включения ПИП.
5. Статическая характеристика простейших ПИП.
6. Влияние нагрузки на статические характеристики ПИП.
7. Статическая характеристика функциональных преобразователей с шунтами.
8. Синтез ПИП
8. Схема лабораторного стенда.
9. Методика исследования простейших ПИП.
10. Методика исследования функциональных преобразователей.
11. Схема суммирования и умножения двух или нескольких величин, выполненных на основе ПИП.
12. Определить максимальную погрешность потенциметрического преобразователя, если его сопротивление $R = 2 \text{ кОм}$, сопротивление нагрузки $R_n = 6 \text{ кОм}$.
13. Определить погрешность от зоны нечувствительности, если длина намотки равна 10 мм, а диаметр провода – 0,1мм.
14. Определить количество витков потенциметрического преобразователя, если длина намотки равна 20 мм, погрешность от зоны нечувствительности - 0,1%
16. Определить максимальную погрешность потенциметрического преобразователя, если длина намотки равна 40 мм, диаметр провода - 0,1мм, собственное сопротивление – 1 Ком, сопротивление нагрузки $R_n = 10 \text{ кОм}$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Изучение статических и динамических характеристик датчиков температуры

1. Цель работы.

Целью работы является изучение основных свойств датчиков, предназначенных для температурных измерений.

2. Общие сведения.

Температура является важным параметром многих технологических процессов. Любой процесс нагревания или охлаждения тела можно разделить на три стадии:

1. Стадия неупорядоченного (до регулярного) режима.
2. Стадия регулярного режима.
3. Стадия теплового равновесия.

При изменении температуры тела наступает такой момент, начиная с которого это изменение не зависит во времени от начального распределения температур в теле. Начиная с этого момента, наступает так называемый регулярный режим изменения температуры. До этого момента имеет место дорегулярный режим, зависящий от начального распределения температур тела.

Первая стадия (дорегулярный режим) протекает практически весьма быстро. Продолжительность этой стадии значительно меньше продолжительности регулярного режима. Стадия теплового равновесия наступает теоретически через бесконечное время, а практически - через конечный достаточно большой промежуток времени. Таким образом, основное время процесса изменения температуры тела занимает регулярный режим.

Термическая инерция термометра заключается в том, что при перенесении термометра из среды с одной температурой в среду с другой температурой, он не мгновенно приобретает температуру второй среды, а

асимптотически приближается к ней. Если температура среды изменяется с течением времени, то в связи с термической инерцией показания термометра будут отличаться от действительной температуры среды на большую или меньшую величину в зависимости от скорости изменения температуры среды, от её свойств и от свойств самого термометра.

Разность θ температур среды t_c и термометра t_n , возникшая вследствие мгновенного изменения температуры среды, изменяется во времени при наступлении регулярного режима по зависимости:

$$\theta = t_c - t_n = C e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} \quad (2.1)$$

где τ_0 - постоянная времени термометра, не зависящая ни от времени, ни от температуры среды

τ - текущее значение времени

C - постоянная, зависящая от формы, размеров и свойств материала термометра.

Дифференцируя это выражение по времени, получаем:

$$\frac{d\theta}{d\tau} = -\frac{1}{\tau_0} C e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} = -\frac{1}{\tau_0} \theta \quad (2.2)$$

или

$$d\theta = -\frac{1}{\tau_0} \theta d\tau \quad (2.3)$$

Решив это уравнение для случая, когда температура среды t_c постоянна, а термометр переносится из среды с другой температурой, имеем:

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} \quad (2.4)$$

где θ_0 - разовое, скачкообразное изменение температуры термометра.

Относительная погрешность изменения температуры, обусловленная инерцией термометра сопротивления, равна:

$$\delta = \frac{\theta}{\theta_0} = e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} \quad (2.5)$$

Зная τ_0 , можно вычислить относительную погрешность измерения температуры для любого момента времени τ .

В государственных стандартах на технические термометры сопротивления оценка тепловой инерции осуществляется по времени, в течение которого термометр нагреется или охладится на 63°C , при начальном температурном перепаде в 100°C . Это время и считается постоянной времени τ_0 термометра.

Температуру термометра можно определить с учётом формул 2.1 и 2.4 как:

$$t_{\text{т}} = t_c - \theta = t_c - \theta_0 e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} \quad (2.6)$$

где t_c - температура среды после мгновенного скачка температуры θ_0 .

Из приведённой зависимости видно, что теоретически температура термометра достигнет температуры среды через бесконечно большой промежуток времени τ . Практически считают, что температура термометра $t_{\text{т}}$ равна температуре среды t_c , когда разность температур $\theta = t_c - t_{\text{т}}$ становится меньше допустимой погрешности измерения температуры $\theta_{\text{доп}}$. Принимая $\theta = \theta_{\text{доп}}$ и обозначая τ через τ_1 из формулы 4 получаем:

$$\tau_1 = \tau_0 \ln \frac{\theta_0}{\theta_{\text{доп}}} \quad (2.7)$$

Величина τ_1 называется временем установления показаний прибора с данным термометром. Как видно, τ_1 существенно зависит от τ_0 , поэтому

для контроля быстроменяющихся тепловых процессов необходимо иметь термометры малоинерционные, т.е. с малым численным значением постоянной времени τ_0 .

2.1. Металлические термометры сопротивления

В практике измерения температур в качестве датчиков температуры широкое распространение получили металлические термометры сопротивления. Действие датчиков основано на свойстве металлов изменять своё сопротивление при изменении температуры. Величина, характеризующая изменение сопротивления этих материалов при изменении температуры, называется температурным коэффициентом сопротивления и представляет собой относительное изменение сопротивления при изменении температуры на 1 градус:

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R \Delta t} \quad (2.8)$$

Большинство чистых материалов имеет температурный коэффициент сопротивления равный (0,004 - 0,006) град⁻¹. Наибольшее распространение для изготовления термометров сопротивления получили платина и медь.

Зависимость сопротивления от температуры $R = f(t)$, для платины не является линейной и в диапазоне от - 50 С до + 660 С выражается уравнением:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^3) \quad (2.9)$$

где R_0 - сопротивление при 0⁰ С, А и В - постоянные величины, зависящие от свойств материала, t - значение измеряемой температуры в ⁰С

Для меди, в диапазоне температур от -50 С до + 180 С сопротивление R находится в линейной зависимости от температуры t и выражается уравнением:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad (2.10)$$

2.2 Полупроводниковые параметры сопротивления

В последние годы широкое применение получают полупроводниковые термометры сопротивления. Они применяются не только для измерения температуры, но и для измерения уровня жидкости, скорости потоков и т.д. Это объясняется тем, что заметное изменение сопротивления полупроводников наступает при колебаниях температуры среды даже на тысячные доли градусов. Сопротивление большинства полупроводников, в отличие от металлов, уменьшается при увеличении температуры, т.е. они имеют отрицательный температурный коэффициент сопротивления, численно равный (0,03 -0,05) град⁻¹. Поэтому полупроводники очень чувствительны к изменению температуры. На рис. 1 показана зависимость $R = f(t)$ для металлов (1) и полупроводников (2).

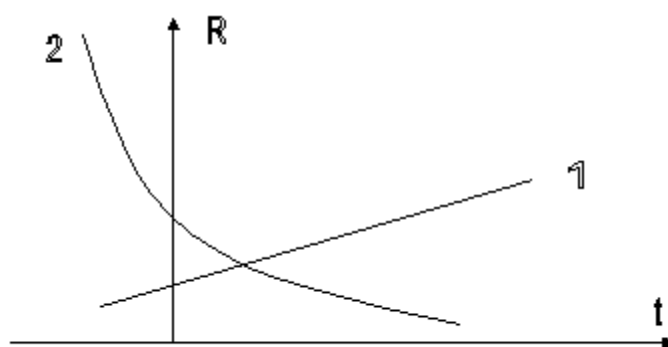


Рис.1

Зависимость между сопротивлением и температурой для широкого класса полупроводников выражается уравнением:

$$R_t = R_{\infty} e^{\frac{B}{T}} \quad (2.11)$$

где R_{∞} - сопротивление полупроводников при постоянной для рассматриваемого класса, B - постоянный коэффициент, зависящий от свойств материала,

T - температура полупроводника в ⁰к, $T = t^{\circ}C + 273,15$

Коэффициенты R_{∞} и B иногда даются в паспорте термистора, а чаще их вычисляют, определив сопротивление термистора при двух различных температурах.

Термисторы, обладая большим внутренним сопротивлением, позволяют использовать их при измерении температуры объектов, удалённых на значительные расстояния, так как сравнительно малое сопротивление подводящих проводов не оказывает существенного влияния на точность измерения. Основным недостатком термисторов является большой разброс параметров, в результате чего необходима настройка измерительных схем при замене термисторов.

4. Производство опыта.

1. Изучить порядок работы со стендом. Установить все ручки в исходное положение.

2. Включить схему лабораторной установки, осуществив подключение датчика к мосту, а нагревательной спирали к источнику тока.

3. Подогревая термометр, снять с помощью моста характеристику $R_t = f(t^0)$

4 Измерение производить через 10^0 С до $t = 95^0$ С. При каждом значении температуры добиваться полной стабилизации показаний моста.

Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

5. Обработка результатов.

1. По данным таблицы 1 построить графики $R_t = f(t^0)$.

2. На основании графиков и данных таблицы 1 определить для заданных значений t статическую K и динамическую K' чувствительность для различных типов датчиков. Результаты занести в таблицу 1.

6. Анализ результатов.

Анализируется зависимость температурного коэффициента сопротивления, чувствительность и инерционность различных датчиков в зависимости от температурного интервала.

Таблица 2.1

Параметр	Значение параметров при температуре						
Y_t							
U							
R_Q							
R^1							
A							
k_d							
J							
Y_t							

7. Контрольные вопросы

1. Как изменяется сопротивление термистора при повышении температуры?
2. Какие факторы влияют на тепловую инерционность термометров сопротивления?
3. Каков физический смысл понятия "время установления"?
4. От чего зависит температурный коэффициент сопротивления ?
5. Каким образом повысить чувствительность медного термометра сопротивления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Изучение принципов управления микроклиматом в животноводческом помещении

1. Цель работы.

Целью работы является изучение основных нормативных показателей микроклимата в животноводческом помещении, методов и средств для их оптимизации.

2. Общие сведения.

Содержание сельскохозяйственных животных в закрытых помещениях животноводческих хозяйств промышленного типа связано со значительными отклонениями параметров и газового состава воздуха от нормальных условий. Поэтому при проектировании животноводческих комплексов наряду с теоретическими зависимостями обычно используют опытные данные, полученные при экспериментальных исследованиях. Опыты по определению влияния параметров окружающей среды на состояние животных и биологические изменения, происходящие в их организме под действием этих параметров, проводят ученые отечественных и зарубежных исследовательских центров. В естественных условиях частые и непредвиденные изменения погоды значительно осложняют проведение экспериментальной работы, в результате увеличивается продолжительность исследований. Сократить сроки проведения экспериментальных исследований можно при создании искусственного климата, имитирующего условия того или иного сезона. Такие условия можно создать в специальной установке, состоящей из климатической камеры, систем жизнеобеспечения животных и управления машинами и аппаратами. Она служит физической моделью животноводческого помещения и позволяет проводить исследования сельскохозяйственных животных в лабораторных условиях.

Микроклимат животноводческих помещений.

Микроклиматом животноводческих помещений называется совокупность физических и химических факторов воздушной среды, сформировавшаяся внутри этих помещений. К важнейшим факторам микроклимата относятся: температура и относительная влажность воздуха, скорость его движения, химический состав, а также наличие взвешенных частиц пыли и микроорганизмов. При оценке химического состава воздуха определяют прежде всего содержание вредных газов: углекислого, аммиака, сероводорода, окиси углерода, присутствие которых снижает сопротивляемость организма к заболеваниям.

Таблица 3.1 – Зоотехнические и зоогигиенические нормативы микроклимата животноводческих помещений (зимний период)

Помещения	Оптимальная температура воздуха, °С.	Относительная влажность воздуха, %.	Оптимальная скорость движения воздуха, м/с.	Предельно допустимое содержание углекислого газа (по объёму), %	Освещённость, лк.
Коровники и здания для молодняка	3	85	0,5	0,25	10-20
Телятники	5	75	0,5	0,25	10-20
Родильное отделение	10	70	0,3	0,25	25-30
Доильные залы	15	70	0,3	0,25	15-25
Свинарники:					
для холостых маток	16	70	0,3	0,25	5-7
Откормочники	14	75	0,3	0,3	2-3
Овчарни для взрослых овец	4	80	0,5	0,3	5
Птичники для кур-несушек:					
напольного содержания	12	65	0,3	0,2	15
клеточного содержания	16	70	0,3	0,2	20-25

Факторами, влияющими на формирование микроклимата, являются также: освещённость, температура внутренних поверхностей ограждаю-

щих конструкций, определяющая точку росы, величина лучистого теплообмена между этими конструкциями и животными, ионизация воздуха и др.

Зоотехнические и санитарно-гигиенические требования по содержанию животных и птицы сводится к тому, чтобы все показатели микроклимата в помещениях строго поддерживались в пределах установленных норм.

Эти нормы назначают с учётом технологических условий и определяют допустимое колебания температуры, относительной влажности воздуха, скорости движения воздушных потоков, а также указывают предельно допустимое содержание в воздухе вредных газов.

При правильном содержании животных и оптимальной температуре воздуха концентрация клоачных газов и количество влаги в воздухе помещения не превышает допустимых величин. В общем случае обработка приточного воздуха включает: очистку от пыли, уничтожение запахов (дезодорация), обезвреживание (дезинфекция), нагревание, увлажнение, осушение, охлаждение. При разработке технологической схемы обработки приточного воздуха стремятся сделать этот процесс наиболее экономичным, а автоматическое регулирование наиболее простым.

Кроме того, помещения должны быть сухими, тёплыми, хорошо освещёнными и изолированными от внешнего шума. В поддержании параметров микроклимата на уровне на уровне зоотехнических и санитарно-гигиенических требований большую роль играют конструкция дверей, ворот, наличие тамбуров, которые в зимнее время открываются при раздаче кормов мобильными кормораздатчиками и при уборке навоза бульдозерами. Помещения часто переохлаждаются, и животные страдают от простудных заболеваний.

Из всех факторов микроклимата наиболее важную роль играет температура воздуха в помещении, а также температура полов и других по-

верхностей, т. к. она непосредственно влияет на терморегуляцию, теплообмен, на обмен веществ в организме и другие процессы жизнедеятельности. Практически под микроклиматом помещений понимают регулируемый воздухообмен, т. е. организованное удаление из помещений загрязненного и подачу в них чистого воздуха через систему вентиляции. С помощью системы вентиляции поддерживают оптимальный температурно-влажностный режим и химический состав воздуха; создают в различные периоды года необходимый воздухообмен; обеспечивают равномерное распределение и циркуляцию воздуха внутри помещений для предотвращения образования «застойных зон»; предупреждают конденсацию паров на внутренних поверхностях ограждений (стены, потолки и др.); создают в животноводческих и птицеводческих помещениях нормальные условия для работы обслуживающего персонала.

Воздухообмен животноводческих помещений как расчётная характеристика представляет собой удельный часовой расход, т. е. подачу приточного воздуха, выраженную в кубических метрах в час и отнесённую к 100 кг живой массы животных. Практикой установлены минимально допустимые нормы воздухообмена для коровников – 17 м³/ч, телятников - 20 м³/ч, свинарников – 15-20 м³/ч на 100 кг живой массы животного, находящегося в рассматриваемом помещении.

Освещённость тоже является важным фактором микроклимата. Естественное освещение наиболее ценно для животноводческих помещений, однако в зимний период, а также поздней осенью его недостаточно. Нормальное освещение животноводческих помещений обеспечивается при соблюдении нормативов естественной и искусственной освещённости. Естественное освещение оценивается световым коэффициентом, выражающим отношение площади оконных проёмов к площади пола помещения. Нормы искусственной освещённости определяются удельной мощностью ламп на 1 м² пола.

Оптимально необходимые параметры тепла, влаги, света, воздуха не постоянны и изменяются в пределах, не всегда совместимых не только с высокой продуктивностью животных и птицы, но иногда и её здоровьем и жизнью. Чтобы параметры микроклимата соответствовали определённому виду, возрасту, продуктивности и физиологическому состоянию животных и птицы при различных условиях кормления, содержания и разведения, его необходимо регулировать с помощью технических средств.

Оптимальный и регулируемый микроклимат – это два различных понятия, которые в то же время взаимосвязаны. Оптимальный микроклимат – цель регулируемый – средство для её достижения. Регулировать микроклимат можно комплексом оборудования.

Влияние химического состава воздуха на продуктивность сельскохозяйственных животных.

Концентрация паров от выделений животных в воздухе помещений сверх допустимой нормы отрицательно сказывается на здоровье и их продуктивности. Её измеряют газоанализаторами. Животные поглощают кислород и выделяют углекислый газ и водяные пары. В 100 объёмных частях воздуха (без водяных паров) содержится: азота 78,13 части, кислорода 20,06 части, гелия, аргона, криптона, неона и других инертных (недействительных) газов 0,88 части, углекислого газа 0,03 части. При оптимальной температуре воздуха 500-килограммовая корова выделяет в сутки 10-15 кг водяных паров.

Находящийся в воздухе в газообразном состоянии азот не используется животными: сколько вдыхает азота столько же и выдыхает. Из всех газов животные усваивают только кислород (O_2). Сравнительно постоянен атмосферный воздух и по содержанию в нём углекислого газа (CO_2) (колебания в пределах 0,025-0,05%). Но в выдыхаемом животными воздухе содержится его значительно больше, чем в атмосфере. Максимально допустимая концентрация CO_2 в скотных дворах 0,25%. В течение часа корова в

среднем выделяет 101-115 л углекислого газа. При увеличении допустимой нормы дыхание и пульс животного сильно учащается, а это, в свою очередь, отрицательно влияет на его здоровье и продуктивность. Поэтому регулярная вентиляция помещений – важное условие нормальной жизнедеятельности.

В воздухе плохо проветриваемых животноводческих помещений можно обнаружить довольно значительную примесь аммиака (NH_3) – газа с едким запахом. Этот ядовитый газ образуется при разложении мочи, кала, грязной подстилки. Аммиак в процессе дыхания оказывает прижигающее действие; он легко растворяется в воде, поглощается слизистыми оболочками носоглотки, верхних дыхательных путей, конъюнктивой глаза, вызывая сильное их раздражение. В таких случаях у животных появляется кашель, чихание слезотечение и другие болезненные явления. Допустимая норма аммиака в воздухе скотных дворов 0,026%.

При гниении кала в результате разложения его в жижеприёмниках и в других местах в воздухе помещений при плохом их проветривании накапливается сероводород (H_2S), представляющий собой сильно ядовитый газ с запахом тухлых яиц. Появление сероводорода в помещении – сигнал о плохом санитарном состоянии животноводческих помещений. Вследствие этого возникает целый ряд нарушений в состоянии организма: воспаление слизистых оболочек, кислородное голодание, нарушение функции нервной системы (паралич дыхательного центра и центра управления кровеносных сосудов) и др.

Влияние физических свойств воздуха на организм животного.

Огромное влияние на организм, в частности на процессы теплообразования, постоянно протекающие во всех клетках тела, оказывает температура окружающей среды. Низкая температура внешней среды усиливает обмен веществ в организме, задерживает отдачу внутреннего тепла; высокая – наоборот. При высокой температуре воздуха отдача организмом

внутреннего тепла во внешнюю среду осуществляется в процессе дыхания через лёгкие, а также путём теплоизлучению через кожу. Во втором случае тепло излучается в форме инфракрасных лучей. При повышении температуры воздуха до температуры тела животного излучение с поверхности кожи прекращается. Поэтому в помещении скотного двора важно поддерживать нормальный микроклимат (табл. 3.1), причём колебания температуры не должны превышать 3°C. Максимальная температура помещений для большинства видов сельскохозяйственных животных не должна превышать 20 °C.

Влажность воздуха определяют гигрометрами. Абсолютная влажность характеризуется количеством водяных паров (г) в 1 м³ воздуха, максимальная влажность – предельным количеством водяных паров, которое может содержаться в 1 м³ воздуха при данной температуре. Влажность может выражаться в процентах – как отношение абсолютной влажности к максимальной. Это относительная влажность, она определяется при помощи психрометров.

Важное значение имеет влажность воздуха в помещении. При высокой влажности и температуре и слабом движении воздуха в помещении сильно сокращается теплоотдача, вследствие чего наступает перегревание организма, а это может привести к тепловому удару. При таких условиях снижается аппетит у животных, продуктивность, устойчивость к заболеваниям, появляется вялость слабость. Отрицательно влияет высокая влажность воздуха при низкой температуре: она вызывает потерю организмом большого количества тепла. На восполнение этих потерях животному требуется дополнительное количества корма.

При любой температуре животные лучше себя чувствуют и лучше продуцируют в условиях сухого воздуха. Теплоотдача при сухом воздухе и высокой температуре осуществляется организмом путём потоотделения и испарения влаги через лёгкие в процессе дыхания. При низких же темпера-

турах сухой воздух способствует снижению теплоотдачи. Важную роль в жизнедеятельности организма играет солнечная инсоляция. Под действием солнечных лучей в организме усиливается обмен веществ, лучше, в частности, осуществляется снабжение органов и тканей кислородом, усиливается отложение в них питательных веществ – белков, кальция, фосфора. Под действием солнечных лучей в коже образуется витамин D. Солнечный свет, обезвреживая болезнетворные микроорганизмы, создаёт для животных благоприятные условия, повышает устойчивость их организма против инфекционных заболеваний. При недостаточном солнечном освещении животное испытывает световой голод, вследствие чего в организме возникает ряд нарушений. Отрицательно влияет на организм и слишком высокая солнечная инсоляция, вызывая ожоги и, а нередко солнечный удар.

3 Экспериментальная часть

Цель эксперимента: На лабораторной установке «микроклимат» создать(залать) и поддерживать в течении эксперимента оптимальные условия микроклимата, по характеристикам заданным преподавателем. Определить влияние внешних возмущающих воздействий на микроклимат в лабораторной установке. Результаты измерений занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
$T_{\text{воздуха}}$										
$\varphi_{\text{влажность}}$										
$V_{\text{скорость}}$										
$F_{\text{освещенность}}$										

По опытным данным построить графики изменений параметров во времени. Провести их анализ, построить график зависимости температуры и влажности от времени, сделать выводы, исходя из получившихся линий на графиках.

Таблица 3.3 – Относительная влажность воздуха в зависимости от показаний сухого и влажного термометров (интервал инкубационных температур), %

Показания сухого термометра, °С	Показания влажного термометра, °С																		
	24	24,5	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31	31,5	32	32,5	33
35	37	39	42	44	47	49	52	54	57	60	62	65	68	71	73	76	79	82	86
35,5	36	38	40	42	45	47	50	53	55	57	60	62	65	68	71	73	76	79	83
36	34	36	38	41	43	45	58	51	53	55	58	60	63	66	68	71	74	76	79
36,5	32	35	37	39	41	43	46	48	51	53	67	58	61	63	66	68	71	74	76
37	31	33	35	37	40	42	44	47	49	51	54	56	58	61	63	66	68	71	74
37,5	30	32	34	36	38	40	42	44	47	49	52	54	56	59	61	64	66	68	71
38	28	30	32	34	36	38	41	43	45	47	50	52	54	57	59	61	64	66	68
38,5	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	48	50	52	55	57	59	61	64	66
39	26	27	29	31	33	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	57	59	61	64
39,5	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	51	53	55	57	59	62
40	23	25	27	29	30	32	34	36	38	40	42	44	46	49	51	53	55	57	60

4 Контрольные вопросы

1. Перечислите основные особенности автоматизации технологических процессов в сельском хозяйстве.
2. Дать определение термина «алгоритм».
3. На какие системы подразделяются САУ в зависимости от алгоритма функционирования.
4. Какими схемами можно пояснить принцип действия и взаимодействия различных элементов, устройств или в целом систем автоматики.
5. Дайте определение микроклимата.
6. Какие основные факторы влияющие на жизнедеятельность животных?
7. Дать понятие функциональной схемы автоматики.
8. Основные требования, предъявляемые к автоматизации управления микроклиматом животноводческих помещений.
9. Особенности автоматизации управления вентиляционно-отопительными установками животноводческих помещений.
10. Какие датчики(усилительные, преобразующие или др.) использованы в лабораторной установке микроклимат?
11. Какие факторы влияют на изменение микроклимата в животноводческом помещении?
12. Как зависит микроклимат помещения от числа и вида животных?
13. Приведите примеры средств автоматики для поддержания и регулирования микроклимата животноводческом помещении.
14. Какие методы и приборы применяются для контроля микроклимата в животноводческом помещении?

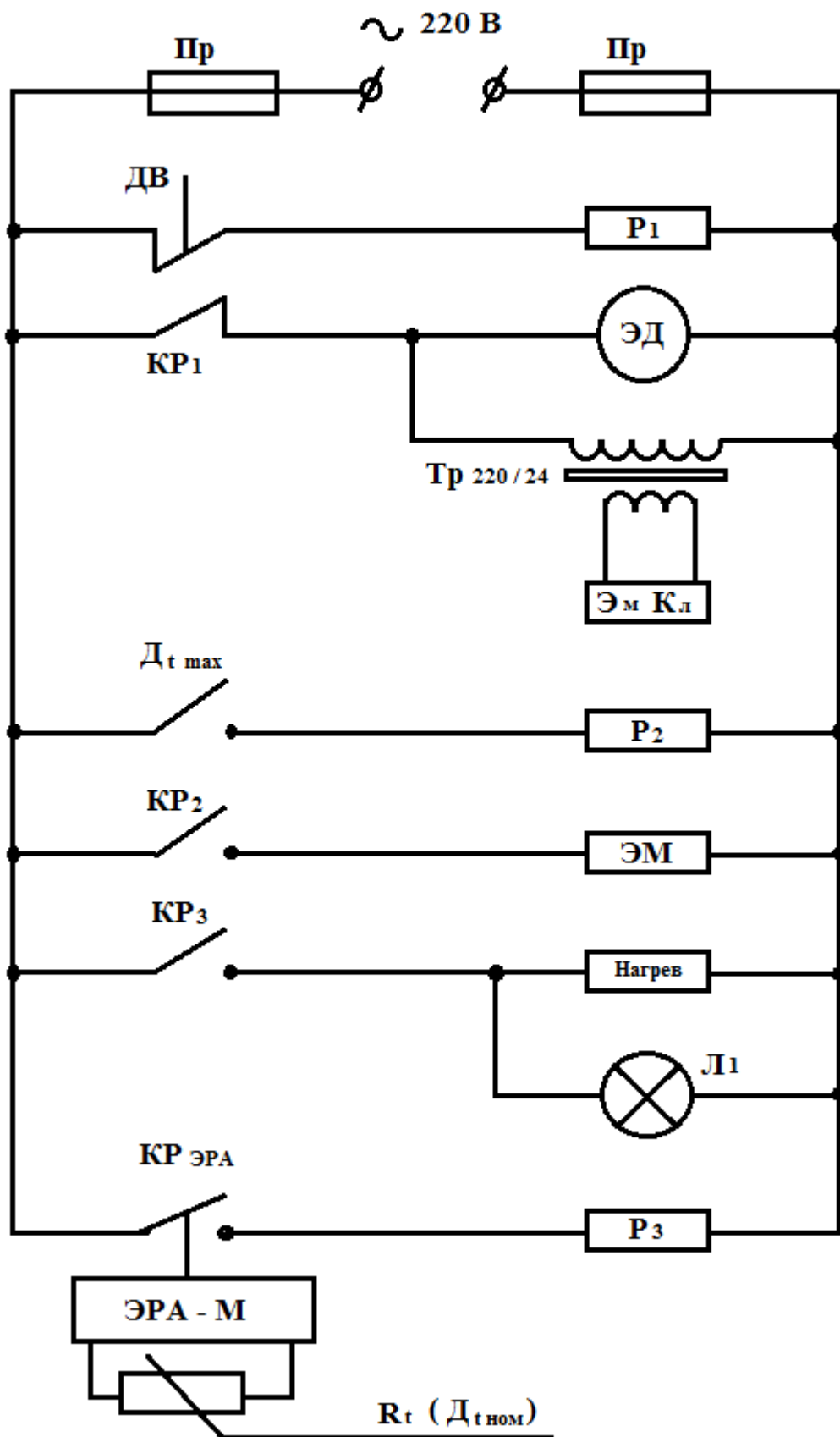


Рис. 3.1. Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Исследование разгонных характеристик звеньев АСУ (апериодическое звено 1-го порядка)

1. Цель работы.

Целью работы является изучение переходных процессов в АСУ на примере апериодического звена 1-го порядка. Освоить методику получения характеристик и ознакомиться с критериями, по которым косвенно судят об устойчивости АСУ.

2. Общие сведения.

Для обеспечения устойчивой работы САУ с удовлетворительными показателями качества управления требуется рассчитать оптимальные значения параметров регулирующего устройства. Для этого, в первую очередь, необходимо определить статические и динамические характеристики объекта управления.

Типовые модели объектов управления

В общем виде объект управления рассматривается как звено, имеющее выходную координату $y(t)$, которая является управляемой переменной, и входную переменную $x(t)$, которая является управляющим воздействием. Математической моделью объекта является выражение, определяющее зависимость между выходной и входной переменными $y(t)=F[x(t)]$. Иначе модель объекта может быть представлена его передаточной функцией

$$W_0(s) = \frac{Y(s)}{X(s)},$$

где s – оператор Лапласа;

$X(s)$ – изображение входной переменной в операторной форме;

$Y(s)$ – изображение выходной координаты в операторной форме.

На практике объект управления обычно аппроксимируется звеном с передаточной функцией не выше 2-го порядка с запаздыванием.

Типовые уравнения, описывающие объект управления с самовыравниванием, могут быть представлены в виде дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

Для объекта 1-го порядка с запаздыванием:

$$T_0 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k_0 x(t - \tau_0) \quad (4.1)$$

где T_0 – постоянная времени;

τ_0 – время запаздывания;

k_0 – коэффициент передачи объекта по каналу управления.

Для объекта 2-го порядка с разными постоянными времени:

$$T_{01} \cdot T_{02} \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + (T_{01} + T_{02}) \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k_0 x(t - \tau_0) \quad (4.2)$$

где T_{01} и T_{02} – постоянные времени.

Для объекта 2-го порядка с одинаковыми постоянными времени:

$$T_0^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2T_0 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k_0 x(t - \tau_0) \quad (4.3)$$

Передаточные функции, соответствующие уравнениям (4.1)÷(4.3) имеют вид:

$$W_0(s) = \frac{k_0 e^{-\tau_0 s}}{T_0 s + 1}; \quad (4.4)$$

$$W_0(s) = \frac{k_0 e^{-\tau_0 s}}{(T_{01} s + 1)(T_{02} s + 1)}; \quad (4.5)$$

$$W_0(s) = \frac{k_0 e^{-\tau_0 s}}{(T_0 s + 1)^2} \quad (4.6)$$

Поскольку объект в диапазоне отклонений выходной и входной переменных от их программных значений рассматривается как линейный, его статическая характеристика задается коэффициентом передачи k_0 , а параметрами динамических характеристик объекта являются значения по-

стоянных времени T_0 , T_{01} , T_{02} и времени запаздывания τ_0 . При отсутствии запаздывания в выражениях (4.1)÷(4.6) $\tau_0 = 0$.

Определение характеристик объекта управления

Наиболее распространенным и эффективным способом определения статических и динамических характеристик объекта является исследование реакции объекта управления на скачкообразное изменение входной переменной.

Пример реакции объекта управления на скачкообразное изменение входной переменной приведен на рис. 4.1.

Как правило, реальный объект описывается уравнением достаточно высокого порядка, но относительно больших (доминирующих) постоянных времени – одна или две. Поэтому, получив реакцию объекта на скачок управляющего воздействия, можно аппроксимировать полученную кривую переходного процесса уравнением 1-го или 2-го порядка с запаздыванием и определить его коэффициенты.

Порядок определения параметров динамических характеристик объекта управления по экспериментальным переходным функциям.

1. Задается скачок управляющего воздействия на входе объекта управления с фиксацией начального значения $x(t_0)$ и конечного значения $x(\infty)$. Скачок подается в момент, когда объект находится в стационарном состоянии. Величина скачка подбирается экспериментально таким образом, чтобы реакция на него выходной переменной составляла 80÷90% шкалы регистрирующего прибора, но не выходила из его диапазона измерения.

2. Регистрируется реакция объекта $y(t)$ на скачок $\Delta x = x(\infty) - x(t_0)$. При этом необходимо зафиксировать момент подачи скачка Δx на диаграммной ленте самопишущего прибора. Переходный процесс регистрируется в виде графика на диаграммной ленте прибора с известной скоростью протяжки

ленты. Размер получившегося графика должен быть таким, чтобы обеспечивалась приемлемая погрешность ($2\div 3\%$) измерений отрезков на нем с помощью обычной ученической линейки. Обычно для этого достаточно длины графика $300\div 500$ мм. Процесс регистрируется до достижения установившегося режима.

3. Определяется "чистое" запаздывание τ_0 из условия, что при $(t-t_0) \leq \tau$ $y(t) \equiv y(t_0)$.

Пример определения характеристик по реакции объекта на скачок входного воздействия.

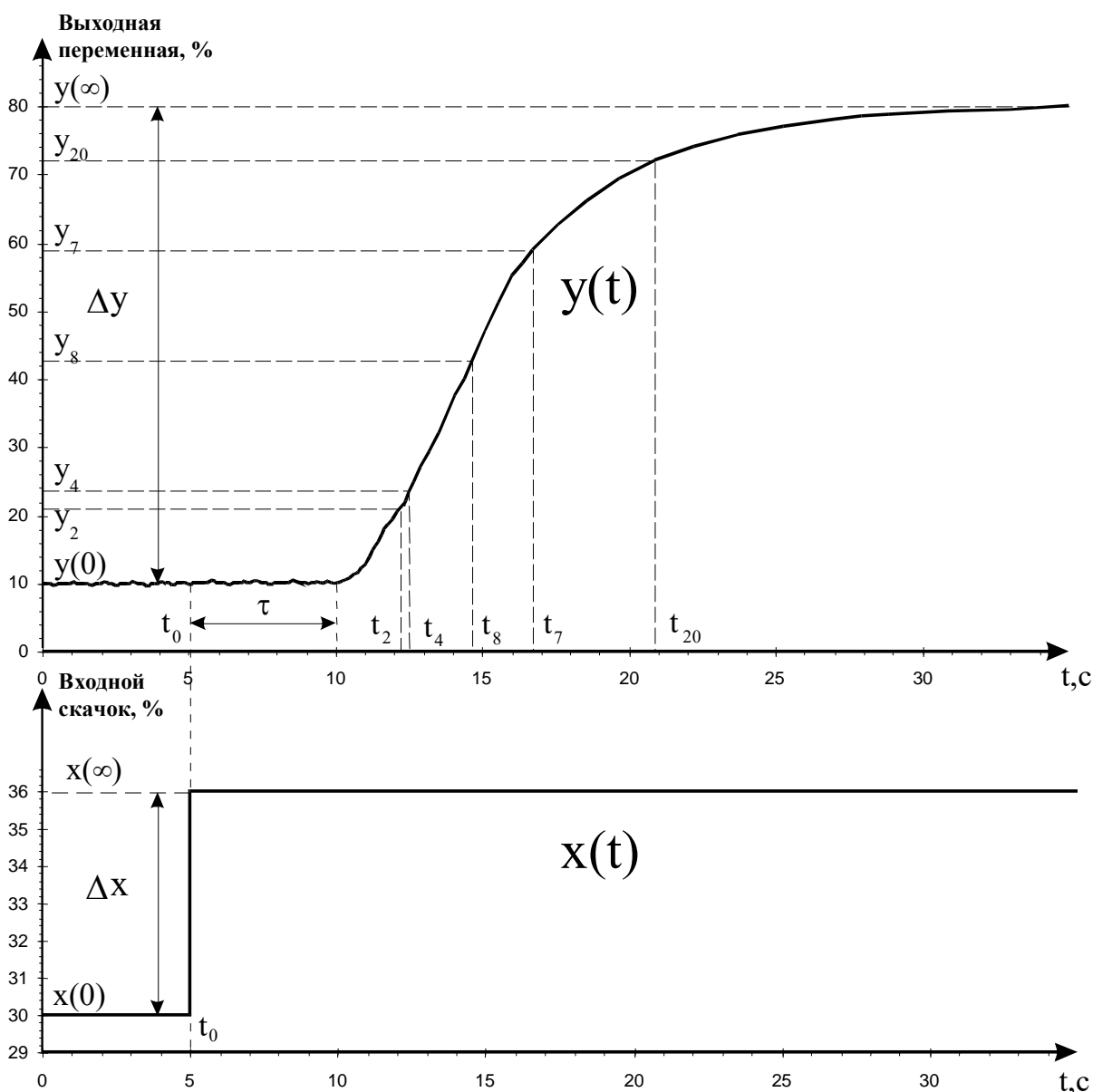


Рис. 4.1

4. Определяется коэффициент передачи объекта k_0 по значениям входной и выходной переменных в установившихся режимах:

$$k_0 = \frac{y(\infty) - y(t_0)}{x(\infty) - x(t_0)} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (4.7)$$

5. Определяется значение времени t_7 , при котором $y(t)=y_7=0,7k_0 \Delta x + y(t_0)$, а затем определяют $\theta_7 = t_7 - t_0 - \tau$.

6. Находится значение $y(t)=y_2$ в момент времени $t_2 = t_0 + \tau + \theta_7/3$ и определяется значение $\bar{y}_2 = \frac{y_2 - y(0)}{k_0 \Delta x}$. Если $\bar{y}_2 > 0,33$, то объект управления аппроксимируется уравнением 1-го порядка (4.1) и дальнейший порядок определения характеристик изложен в п.7. Если $0,19 < \bar{y}_2 \leq 0,33$, то объект аппроксимируется уравнением 2-го порядка с разными постоянными времени (4.2) и порядок определения характеристик изложен в п.8. Если $\bar{y}_2 \leq 0,19$, то объект аппроксимируется уравнением 2-го порядка с одинаковыми постоянными времени и порядок определения характеристик изложен в п.9.

7. Объект при $\bar{y}_2 > 0,33$ аппроксимируется уравнением 1-го порядка (4.1), решение которого для переходного процесса при подаче скачкообразного воздействия величины Δx имеет вид:

$$y(t) = y(t_0) + k_0 \cdot \Delta x (1 - e^{-\frac{(t-\tau_0)}{T_0}}), t \geq \tau_0, t_0=0; \quad (4.8)$$

где k_0 определяется в соответствии с п. 4.

Для определения динамических характеристик находят значение времени t_3 , при котором $y(t)=y_3=0,33k_0 \cdot \Delta x + y(t_0)$, и вычисляют значение $\theta_3 = t_3 - t_0 - \tau$. Затем определяют динамические характеристики

$$\tau_0 = \tau + 0,5 \cdot (3\theta_3 - \theta_7) \text{ и } T_0 = 1,25 \cdot (\theta_7 - \theta_3),$$

где τ – "чистое" запаздывание, определенное в п.3, θ_7 определено в п.5.

Таким образом, для объекта 1 порядка найдены все необходимые характеристики: k_0 , T_0 и τ_0 .

Для проверки правильности определения характеристик можно сравнить кривые переходного процесса и кривую, вычисленную по выражению (4.8). При расчете необходимо учесть условия по времени и соответствующий сдвиг по этой координате.

8. Объект при $0,19 < \bar{y}_2 \leq 0,33$ аппроксимируется уравнением 2-го порядка (4.2), решение которого для переходного процесса при подаче скачкообразного воздействия величины Δx имеет вид:

$$y(t) = y(t_0) + k_0 \Delta x \left(1 - \frac{T_{01}}{T_{01} - T_{02}} e^{-(t - \tau_0) / T_{01}} + \frac{T_{02}}{T_{01} - T_{02}} e^{-(t - \tau_0) / T_{02}} \right) \quad (4.9)$$

где k_0 – определяется в соответствии с п.4;

$$\tau_0 = \tau,$$

где τ определяется в соответствии с п.3;

$$T_{01} = \frac{\Theta_7}{2,4} \left(1 + 2,54 \sqrt{\bar{y}_2 - 0,19} \right);$$

$$T_{02} = \frac{\Theta_7}{2,4} \left(1 - 2,54 \sqrt{\bar{y}_2 - 0,19} \right);$$

θ_7 – определенное в п.5;

\bar{y}_2 – определенное в п.6.

Для проверки правильности определения характеристик сравнивают значения кривой переходного процесса и значений аппроксимирующей кривой, полученной по выражению (4.9), при значении времени $t_8 = t_0 + \tau_0 + 0,8(T_{01} + T_{02})$ и $t_{20} = t_0 + \tau_0 + 2(T_{01} + T_{02})$. При правильном определении характеристик значения должны совпадать в пределах допустимой погрешности.

9. Объект при $\bar{y}_2 \leq 0,19$ аппроксимируется уравнением 2-го порядка с одинаковыми постоянными времени с запаздыванием (4.3). Решение это-

го уравнения для переходного процесса при подаче скачкообразного воздействия величины Δx имеет вид:

$$y(t) = y(t_0) + k_0 \cdot \Delta x \left(1 - \left(1 + \frac{t - \tau_0}{T_0} \right) e^{-\frac{(t - \tau_0)}{T_0}} \right), t > \tau_0, t_0 = 0; \quad (4.10)$$

где k_0 – определяется в соответствии с п.4.

Для определения динамических характеристик находят значение времени t_4 , при котором $y(t) = y_4 = 0,19k_0 \cdot \Delta x + y(t_0)$ и вычисляют значение $\theta_4 = t_4 - t_0 - \tau$. Затем определяют время запаздывания $\tau_0 = \tau + 0,5(3\theta_4 - \theta_7)$;

где τ – определено по п.3; θ_7 – определено по п. 4 и постоянную времени $T_0 = 0,625(\theta_7 - \theta_4)$.

Для проверки правильности определения характеристик сравнивают значения кривой переходного процесса и значений аппроксимирующей кривой, полученной по выражению (4.10) для значений времени $t_8 = t_0 + \tau_0 + 1,6T_0$ и $t_{20} = t_0 + \tau_0 + 4T_0$. При правильном определении характеристик значения должны совпадать в пределах допустимой погрешности.

3 Экспериментальная часть

Цель эксперимента: На лабораторной установке провести исследование динамических характеристик апериодического звена первого порядка.

На рис. 4.2 приведены аналоги апериодического звена первого порядка.

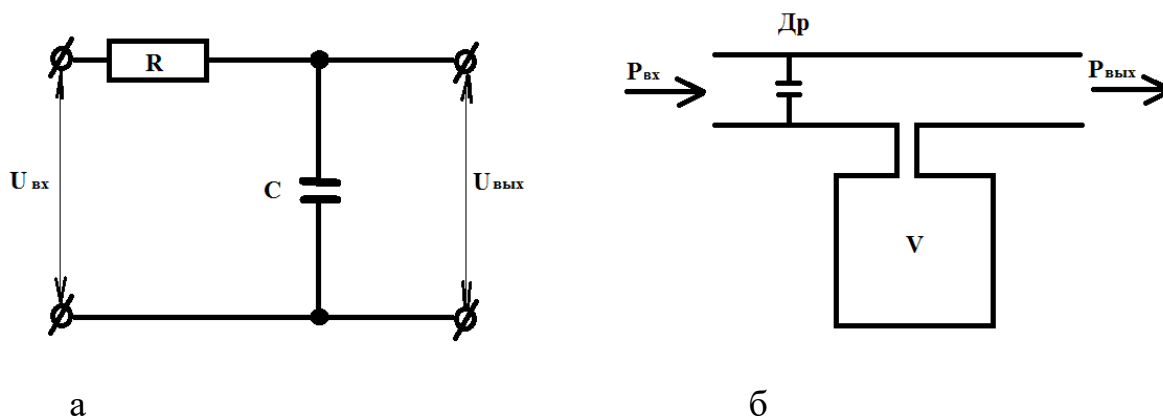


Рис. 4.2 а – электрический аналог, б – пневматический аналог

Исследование динамических характеристик пневматического аналога аperiodического звена первого порядка проводится на установке, схема которой приведена на рис. 4.3.

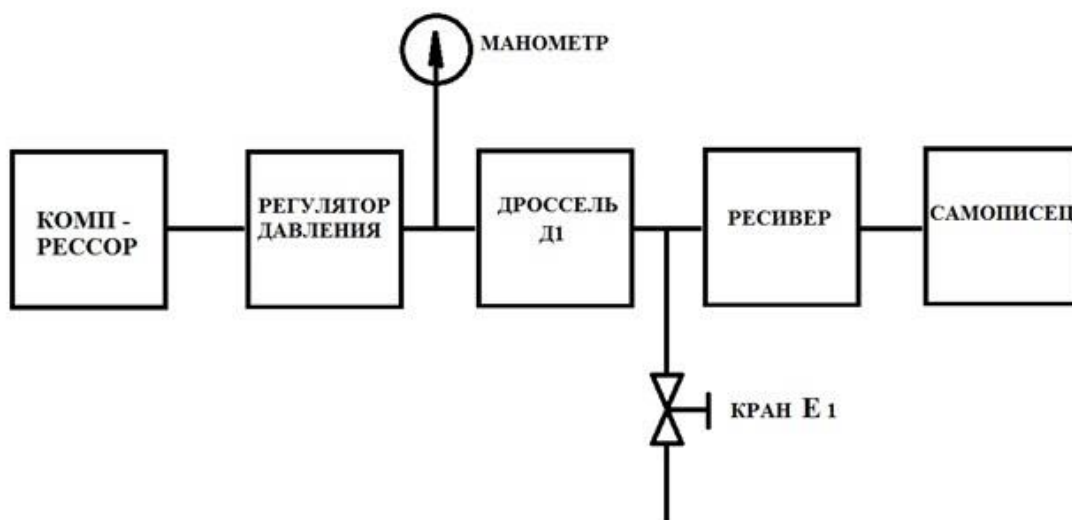


Рис. 4.3. Принципиальная схема лабораторной установки

Пневматический компрессор является источником питания установки. При помощи регулятора давления воздуха ПДУ – А можно установить перед дросселем D_1 различное давление воздуха, независимо от его расхода. В целях изменения постоянной времени системы дроссель – ресивер, дроссель D_1 выполнен регулируемым. Изменение давления в ресивере фиксируется датчиком давления и записывается на компьютер.

Работает установка следующим образом. Исходное состояние крана E_1 – открытое, поэтому в ресивере нет избыточного давления, хотя от компрессора через дроссель поступает воздух. При закрытии крана E_1 давление в ресивере будет расти, и его изменение во времени будет фиксироваться датчиком давления. На экране компьютера будет отображаться переходной процесс.

Через некоторое время процесс нарастания давления прекратится. Это значит, что переходный процесс закончился. Длительность переходного процесса будет зависеть от настройки элементов, входящих в систему.

После нажатия кнопки сброса давления, также компьютер будет фиксировать переходный процесс сброса давления.

Практическое снятие динамических характеристик нужно проводить в следующем порядке.

1. Включить стенд, регулятором ПДУ – А установить заданное давление в системе. Кран E_1 открыть на пол – оборота, установить заданное положение дросселя D_1 .

2. Проверить готовность компьютера к работе, закрытием и последующим открытием крана E_1 . На экране должна прорисоваться вертикальная линия.

3. Закрыть кран E_1 . Запись переходного процесса произвести до установившегося состояния системы, затем открыть кран E_1 и через некоторое время остановить запись, сохранить получившийся файл.

Опыт произвести несколько раз, изменяя настройки элементов системы.

При обработке полученной диаграммы требуется решить две задачи:

- подтвердить расчетами, что исследуемое звено действительно является апериодическим звеном первого порядка;
- определить передаточную функцию исследуемого звена.

4 Контрольные вопросы

1. Перечислите типовые звенья САУ. По какому признаку классифицируют звенья?
2. Какие преимущества имеет способ описания процессов работы систем с использованием передаточных функций?
3. Перечислите основные типовые сигналы, применяемые при анализе САУ.
4. Какие временные характеристики звеньев применяют в ТАУ? В чем заключается физический смысл их применения?
5. Какие существуют частотные характеристики звеньев? Объясните их физический смысл, принцип построения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роботизированные системы в сельскохозяйственном производстве : научный аналитический обзор / Н. П. Мишуров [и др.] ; МСХ РФ, ФГНУ "Росинформагротех". - М. : ФГНУ "Росинформагротех", 2013. - 134 с.
2. Гальперин, М. В. Автоматическое управление [Электронный ресурс] : учебник / М. В. Гальперин. - Электрон. дан. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2013. - 224 с. - (Профессиональное образование). - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=262737>
3. Жмудь, В. А. Измерительные элементы автоматики [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Жмудь. - Электрон.дан. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - 72 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=546376>
4. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. - Электрон.дан. - М. : ИНФРА-М ; Минск : Новое знание, 2015. - 377 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=483246>
5. Клепиков, В. В. Автоматизация производственных процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Клепиков, А. Г. Схиртладзе, Н. М. Султан-заде. - Электрон.дан. - М. : Инфра-М, 2016. - 208 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=513582>
6. Ившин, В. П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. П. Ившин, М. Ю. Перухин. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон.дан. - М. : Инфра-М, 2017. - 402 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=553605>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
Исследование статических характеристик потенциометрических датчиков	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
Изучение статических и динамических характеристик датчиков температуры.....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
Изучение принципов управления микроклиматом в животноводческом помещении	27
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
Исследование разгонных характеристик звеньев АСУ (апериодическое звено 1-го порядка)	37
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	46

Ответственный за выпуск А.В. Палицын

Заказ № 311–Р. Тираж 30 экз. Подписано в печать 11.12.2018 г.

ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Емельянова, 1