

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

**Практикум по курсам  
"Основы автоматики и автоматизации " и  
"Управление техническими системами"**

**Учебное пособие**

**ТАШКЕНТ 2003**

Практикум по курсам "Основы автоматики и автоматизации", "Управление техническими системами":

Абдуазимов А.Д., Омонов Н.Н. / Таш. гос. тех. уни-тет.  
Ташкент, 2003, 64 с.

В данной работе приведены описания лабораторных работ, указания по их организации и проведения с соблюдением правил безопасности, общие сведения о теоретических основах изучаемых технических средств по курсам "Основы автоматики и автоматизации" и "Управление техническими системами".

Практикум предназначен для студентов направления бакалавриата 5520700 - "Технологические машины и оборудование" и 5521100- "Наземные транспортные системы".

Кафедра «Сельскохозяйственное машиностроение».

Печатается по решению научно-методического совета Ташкентского государственного технического университета имени Абу Райхана Бериши.

Рецензенты: к.т.н., доц. Ёлжасв Э.,  
к.т.н., проф. Хамидов А.Х.

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация - одно из главных направлений научно-технического прогресса. Сегодня в мобильной отрасли промышленности и сельском хозяйстве применяются самые различные автоматические устройства, начиная от сравнительно простых устройств и кончая комплексными автоматическими системами, позволяющими частично или вообще освободить человека от непосредственного участия во многих технологических процессах и тем самым значительно облегчить и улучшить условия работы человека-оператора. Внедрение методов и средств автоматизации способствует резкому повышению производительности труда, увеличению количества, улучшению качества и удешевлению сельскохозяйственной продукции и, тем самым, получению значительного технико-экономического и социального эффекта.

Поэтому будущие молодые специалисты - должны свободно ориентироваться в обширном комплексе инженерных и организационных вопросов, связанных с автоматизацией объектов своей отрасли, владеть основами построения и расчета их автоматических систем. В этом помогут знания, полученные при изучении дисциплин, к которым относится "Основы автоматики и автоматизации" (для направления 5520700) и "Управление техническими системами" (для направления 5521100).

Целью лабораторных работ являются изучение, исследование и снятие характеристик некоторых технических средств автоматики, систем автоматического регулирования и контроля, применяемых в технологических и транспортных машинах.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Каждый студент должен подготовиться к проведению лабораторных работ. Необходимо просмотреть лекционный материал, а также методическое руководство к лабораторным работам, взяв его в библиотеке кафедры, и подготовить форму отчета по работе.

В лаборатории преподаватель проверяет уровень подготовки студентов к выполнению работы. На основании этой проверки он допускает к выполнению лабораторной работы подготовленных студентов и не допускает неподготовленных.

Лабораторная работа выполняется группой студентов в количестве 3 - 4 человек. Экспериментальную часть работы необходимо выполнять в рекомендуемой последовательности и в строгом соответствии с правилами техники безопасности.

После выполнения экспериментальной части работы нужно в форме отчета аккуратно оформить результаты проведенных исследований, сделать необходимые выводы и представить работу к защите.

Небрежно оформленная работа к защите не допускается.

В процессе защиты нужно правильно ответить на ряд контрольных вопросов к работе и уметь объяснить результаты своих исследований. Студенты, выполнившие это требование, получают зачет по защищаемой работе.

Студенты, не защитившие работу во время лабораторных занятий, должны защитить её во время консультации, назначенной преподавателем для их группы. В противном случае они не будут допущены на следующем лабораторном занятии к выполнению экспериментальной части другой работы, а будут защищать на нем выполненную ранее работу.

Студенты, не выполнившие работы в определённый учебным планом срок, могут выполнить их лишь после окончания всех основных лабораторных занятий по курсу во время, согласованное с преподавателем. Студенты, выполнившие и защитившие все работы, получают зачет по лабораторной части курса.

## МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Прежде чем приступить к выполнению работы в лаборатории, получите у преподавателя инструктаж по технике безопасности, обратив при этом внимание на возможные опасности при выполнении работы.
2. Соблюдайте в лаборатории тишину и порядок. Не занимайтесь делами, непосредственно не связанными с выполняемой работой.
3. Не трогайте, не включайте и не выключайте без разрешения преподавателя или лаборанта коммутирующие и др. приборы.

### ОТ ОШИБОЧНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ МОЖЕТ ПРОИЗОЙТИ НЕСЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ.

4. Бережно относитесь к приборам, лабораторному и аудиторному оборудованию.
5. Немедленно сообщите преподавателю или лаборанту о замеченных неисправностях или о нарушениях дисциплины.
6. Не загромождайте свое рабочее место приборами и предметами, не относящимися к выполняемой работе, так как это может явиться причиной несчастного случая.
7. Не заменяйте, не берите соединительные провода и приборы с других рабочих мест без разрешения преподавателя или лаборанта.
8. Включайте собранную схему под напряжением только после проверки ее преподавателем или лаборантом и с их разрешения.

При каждом включении предупреждайте товарищей словом "ВКЛЮЧАЮ".

9. Категорически запрещается:
  - а) включать приборы, не заземлив их корпуса;
  - б) трогать оголенные провода, клеммы и части приборов, находящиеся под напряжением;
  - в) производить изменения в схеме, находящуюся под напряжением;
  - г) оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением;

д) самостоятельно устранять неисправности в сети электропитания и в приборах.

10. Изменяйте и разбирайте схему только после выключения питающих ее напряжений и оценки преподавателем или лаборантом результатов исследования.
11. Запрещается оставаться работать в лаборатории одному. Обязательно присутствие второго лица для оказания работающему помощи при несчастном случае от электрического тока, пожара и т.п.
12. Если произошел несчастный случай, немедленно окажите первую помощь пострадавшему и сообщите об этом преподавателю или лаборанту.
13. По окончании работы приведите в порядок свое рабочее место.
14. Уходите из лаборатории только с разрешения преподавателя.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### РЕЛЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ САР И СНЯТИЕ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучить устройство реле разных типов: снять характеристики электромагнитного реле типа РПУ-2-МЗ, РПС-113УЗ (напряжение срабатывания и отпускания, время отпускания).

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** установка для снятия характеристик электромагнитного реле, набор электромагнитных реле, набор планшетов с реле различных типов (электромагнитных, магнитоэлектрических, пневматических и т.д.).

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Реле является одним из наиболее распространенных элементов систем автоматики. В понятие "реле" входят устройства, в которых при определенных значениях входного сигнала происходит скачкообразное изменение выходной величины. Зачастую реле превращают непрерывный маломощный сигнал датчиков в прерываемой довольно значительной мощности, обеспечивающий, например, управление двигателями. В этом случае реле выполняет роль преобразователя и усилителя сигнала. Особенности реле, как усилителя, является резко нелинейный характер статической характеристики.

По виду физических величин, на которые реле реагирует, их делят на электрические, механические, пневматические, гидравлические, тепловые, акустические, химические и др. Наиболее распространены электрические реле, подразделяемые на электромагнитные, магнитоэлектрические, электронные, фотоэлектрические, электродинамические, ферромагнитные, ионные, электротепловые, резонансные, тиратронные. Электрические реле, как правило, состоят из воспринимающей, промежуточной (задающей) и исполнительной частей. Воспринимающая часть непосредственно реагирует на внешний контролируемый параметр и преобразует его в величину, необходимую для дальнейшей работы (например, в электромагнитных контактных реле в механическую силу).

Промежуточная часть (у контактных реле-пружина), получив преобразованный сигнал от воспринимающей части, сравнивает его с заданным и формирует команду на срабатывание реле, то есть передает воздействие исполнительному элементу (в данном примере контактам), который воздействует на управляемую цепь, изменяя ее параметры.

Электромагнитные реле делятся на реле постоянного (нейтральные и поляризованные) и переменного тока. Поляризованные реле реагируют на величину и знак входного сигнала и отличаются высокой чувствительностью и большим коэффициентом усиления. Нейтральные реле реагируют на величину постоянного тока, то есть их срабатывание происходит одинаково при любом направлении тока в обмотке.

В зависимости от характера движения якоря различают реле с втяжным якорем и поворотным якорем. Основными конструктивными элементами электромагнитного реле с втяжным якорем (рис.1.1а) являются: магнитопровод 1, якорь 2, катушка 3, пружина 4, контактная группа 5, сердечник 6. Основными конструктивными элементами электромагнитного реле с поворотным якорем (рис.1.1б) являются: якорь 1, сердечник 2, обмотка 3, ярмо 4, контакты 5, возвратная пружина 6, штифт отгибания 7.

Контакты реле делятся на две группы: нормально замкнутые (т.е. замкнутые при отсутствии тока и разомкнутые при срабатывании реле) и нормально разомкнутые (т.е. замыкающиеся при срабатывании реле).

Среди основных, общих для реле параметров, характеризующих их работу, можно выделить следующие:

1. Параметр срабатывания - минимальное значение входного сигнала, при котором происходит срабатывание реле. Эта характеристика определяет чувствительность реле.

2. Параметр отпускания - максимальное значение входного сигнала, при котором реле возвращается в исходное положение.

3. Коэффициент возврата - отношение параметров отпускания и срабатывания

$$K_a = \frac{X_{отп}}{X_{ср}} < 1$$

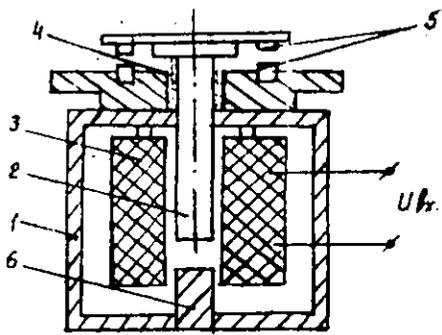


Рис.1.1а). Электромагнитное реле с вытяжным якорем.

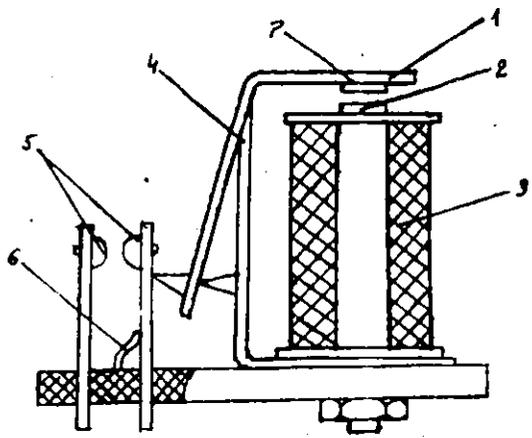


Рис.1.1б). Электромагнитное реле с поворотным якорем.

5. Коэффициент запаса при срабатывании (отпускании) - это отношение рабочего параметра к параметру срабатывания (параметра отпускания к рабочему параметру).

$$k_{зсп} = \frac{X_p}{X_{сп}} > 1, \quad k_{зотм} = \frac{X_{отм}}{X_p} < 1$$

6. Время срабатывания  $t_{сп}$  - период от момента поступления сигнала в реле до момента появления сигнала в управляемой цепи. В зависимости от  $t_{сп}$  различают реле: безинерционные ( $t_{сп} < 0,001$  с), быстродействующие ( $t_{сп} > 0,05$  с), нормальные ( $t_{сп} > 0,05 \dots 0,25$  с), замедленного действия ( $t_{сп} > 0,25 \dots 1,0$  с), реле времени ( $t_{сп} > 1,0$  с).

7. Время отпускания - период от момента снятия сигнала на реле до момента исчезновения сигнала в управляемой цепи.

8. Срок службы - допустимое число срабатывания реле.

Контакты реле характеризуются предельно-допустимыми значениями тока, напряжения, мощности, а также допустимым числом включений.

Статической характеристикой реле называется зависимость выходной величины его от входной. За выходную величину можно принять напряжение в выходной цепи, подключенной к контактам. Входной величиной является ток (напряжение, мощность), протекающий через обмотку катушки реле. Так как параметры срабатывания ( $X_{сп}$ ) всегда больше параметров отпускания ( $X_{отм}$ ), то статическая характеристика, как правило имеет петлеобразную форму (рис.1.2).

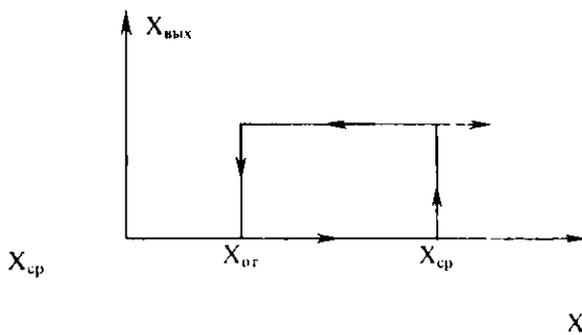


Рис.1.2. Статическая характеристика электромагнитного реле.

У электрических реле он всегда меньше единицы (от 0,4 у электромагнитных до 0,99 у электронных).

4. Рабочий параметр - значение входной величины, при которой реле длительное время находится во включенном состоянии и работает нормально (не перегревается и т.п.).

Рассмотрим процесс увеличения времени отпускания реле с помощью подключенной параллельно катушке реле конденсатора (рис.1.3).

При нажатии кнопки КП по цепи 1-3 и 1-2 течет электрический ток. При этом реле срабатывает и замыкает свой контакт К. Лампа сигнализации Л горит по цепи 4-5. Одновременно конденсатор С по цепи 1-2 заряжается до напряжения питания U. При этом он запасает на своих обкладках электрическую энергию в виде электрического поля.

$$P_2 = \frac{CU}{2},$$

C - емкость конденсатора, Ф;

U - напряжение питания, В.

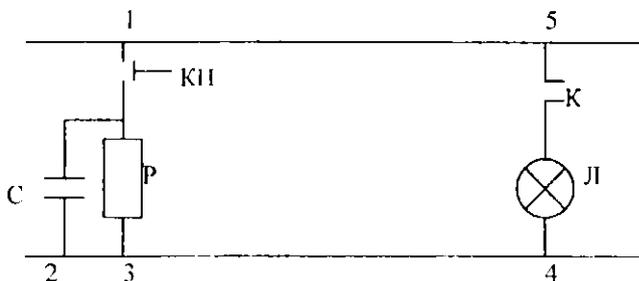


Рис.1.3. Схема подключения конденсатора для увеличения времени срабатывания реле.

При отключении кнопки КП заряженный конденсатор С начинает разряжаться на обмотку реле Р и током разряда конденсатора якорь реле удерживается в притянутом положении. Этим создается выдержка времени на отпускание реле.

Значение разрядного тока конденсатора

$$I = \frac{U}{R}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}), [A]$$

$U$  - напряжения питания, В;  
 $t$  - момент времени, с;  
 $C$  - ёмкость конденсатора, Ф;  
 $R$  - сопротивление реле, Ом.

Описание лабораторной установки. Лабораторная установка представляет собой стенд, состоящий из электромагнитных реле РПУ-2-МЗ и РПС-113-УЗ. (рис 1.4.), переключателя ПК1 для переключения реле в положения "определение напряжения срабатывания" и "определение времени отпускания", двух тумблеров КЛ-для подключения и отключения указанных реле переключателя

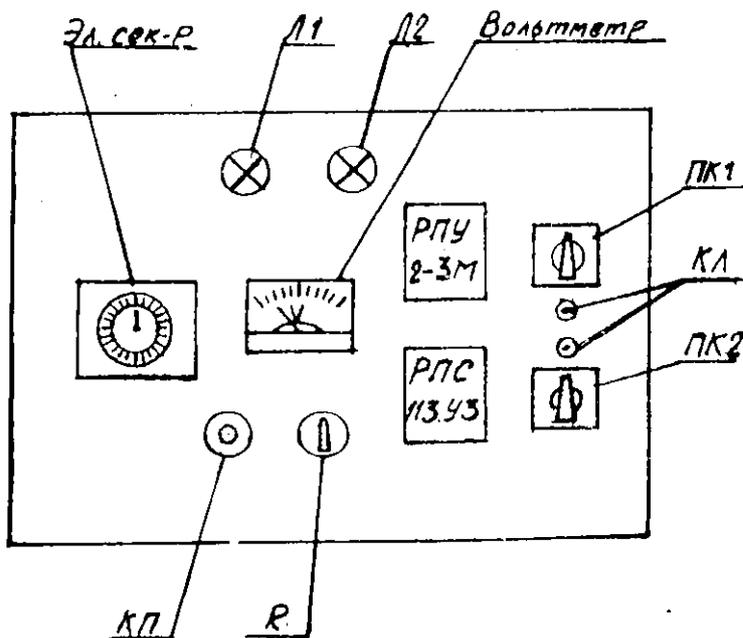


Рис.1.4. Общий вид лабораторной установки для снятия характеристик электромагнитных реле.

ПК2 для подключения конденсатора к обмотке реле для увеличения времени выдержки реле, реостата R для установления напряжения срабатывания, вольтметра V для измерения напряжения на обмотке реле, электросекундомера для измерения времени отпускания реле, кнопки КП для его

(электросекундомера) подключения. При срабатывании реле зеленая лампочка Л1 гаснет, загорается белая лампочка Л2, а при отпускании наоборот. При этом показания вольтметра заносятся в табл.1.1. После нажатия кнопки КП цепь электросекундомера замыкается и будет включена до тех пор, пока обесточенное реле не отпустит контакты, т. е. пока не кончится время выдержки реле на отпускание. Показания электросекундомера заносятся в табл. 1.2.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить устройство и принцип работы реле различных типов и лабораторной установки.
2. Подключить лабораторную установку к сети. При этом должна загореться зеленая лампа Л1.
3. Переключить выключатель ПК1 в положение "определения напряжения срабатывания".
4. Вращая ручку реостата R (повышая напряжение) добиться срабатывания реле (зеленая лампа Л1 погаснет, загорится белая лампа Л2).
5. Показания вольтметра заносятся в табл. 1.1.
6. Вращая ручку реостата, уменьшая напряжение добиться отпускания реле (белая лампа Л2 погаснет, загорится зеленая лампа Л1). Эти показатели заносятся также в табл. 1.1.
7. Пункты 4, 5, 6 повторить 5 раз.
8. Выключатель ПК1 переключить в положение "определения времени отпускания".
9. Переключатель ПК2 переключить в полож. "без конденсатора".
10. Кнопку КП нажать подряд 10 раз с интервалом 3-5 секунд. Показания секундомера занести в табл. 1.2.
11. Подключить параллельно обмотке реле конденсатор, переводом переключателя ПК2 в положение "с конденсатором".
12. Кнопку КП нажать подряд 10 раз с интервалом 5-8 секунд. Показания секундомера также занести в табл. 1.2.
13. Привести стенд в исходное состояние и выключить его.

## ТАБЛИЦЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ И ВЫЧИСЛЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Таблица 1.1

Измерений параметров срабатывания и отпускания

РПУ-2-МЗ

R=160 см

РПС-113УЗ

R=260 см

	Номер опыта					Сред нее знач
	1	2	3	4	5	
$U_{cp}$						
$I_{cp}$						
$U_{отп}$						
$I_{отп}$						
$K_n$						

	Номер опыта					Сред нее знач
	1	2	3	4	5	
$U_{cp}$						
$I_{cp}$						
$U_{отп}$						
$I_{отп}$						
$K_n$						

1. Ток срабатывания
2. Ток отпускания
3. Коэффициент возврата

$$I_{cp} = U_{cp}/R$$

$$I_{отп} = U_{отп}/R$$

$$K_n = I_{отп}/I_{cp} = U_{отп}/U_{cp}$$

Измерение времени выдержки реле

Таблица 1.2

Положен ие цепи	Номер опыта			Сред нее		Положен ие цепи	Номер опыта			Сред нее
	1	2	3				1	2	3	
с конденсат ором						с конденсат ором				
без конденсат ора						без конденсат ора				

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ

1. Эскизы реле.
2. Схема лабораторной установки.
3. Таблицы результатов опытов и вычисленных значений.
4. Статическая характеристика электромагнитного реле.
5. Выводы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое реле ?
2. Какие бывают типы реле ?
3. Принцип работы электромагнитного реле.
4. Основные параметры, характеризующие работу реле.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОННОГО И ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомление с устройством и работой реле времени (РВ) двух типов: а) электронного, б) электропневматического. Определение погрешности установки реле времени.

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** стенд для определения погрешности установки реле времени.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Часто при автоматизации производственных процессов необходимо иметь выдержку времени, то есть при подаче или снятии питающего напряжения на катушку реле, последнее замыкает или размыкает свои контакты через регулируемую выдержку времени. Такие реле получили название реле времени. Примером необходимости применения реле времени может служить пуск мощного синхронного двигателя. Через предохранители течет пусковой ток в 5- 7 раз больше рабочего тока. Предохранители его обычно рассчитываются на ток в 1,5 - 3 раза больше рабочего тока. Поэтому для того, чтобы при пуске не сгорали предохранители, последние шунтируются контактами пускового реле времени. По истечении выдержки времени, реле времени отпускается и предохранители остаются включенными. Другим примером может служить управление циклом считывающего устройства. Применяемые реле времени позволяют подобрать время цикла, установить последовательность работы элементов считывающего устройства.

Работа электронного реле времени. Электронное реле времени (рис.2.1) питается от сети переменного тока через трансформатор  $T_r$  и однополупериодный выпрямитель на диоде  $D$ . Конденсатор  $C_2$  сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. Оба транзистора  $VT_1$  и  $VT_2$  работают в режиме переключения, обеспечивающего надежное срабатывание реле  $P$  при подаче на вход транзистора  $VT_1$  напряжение около 2В.

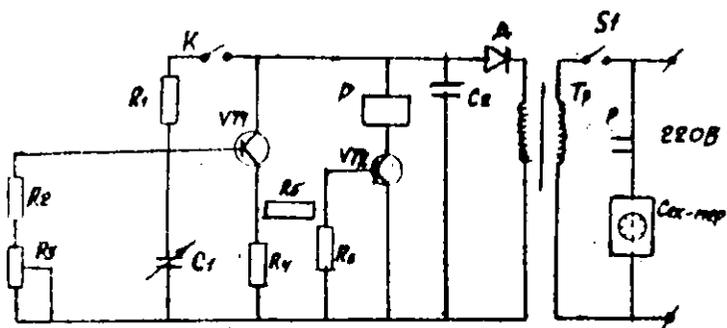


Рис.2.1. Электрическая принципиальная схема электронного реле времени.

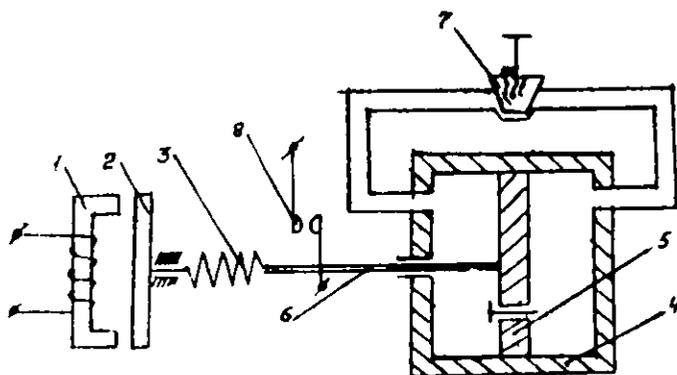


Рис.2.2. Схема электропневматического реле времени.

Время срабатывания реле определяется временем разряда конденсатора С1 через резисторы R2 и R3, эмиттерный переход транзистора VT и резистор R4. Изменением сопротивления резистора R3 можно установить требуемое время выдержки. В исходном состоянии контакты выключателя S1 разомкнуты, напряжение на конденсаторе С1 равно нулю, оба транзистора закрыты и через обмотку электромагнитного реле К ток практически не течет. При кратковременном включении выключателя S1 конденсатор заряжается и тут же начинает разряжаться. С момента включения до момента, когда конденсатор С1 зарядится до напряжения 2В, реле К остается включенным, оно выключится тогда, когда на обкладках конденсатора С1 напряжение станет меньше 2В. Чтобы вновь включить реле надо опять включить S1, время включения входит в общее время выдержки.

Работа электропневматического реле времени. Электропневматическое реле времени (рис. 2.2) работает следующим образом: при подаче напряжения на катушку 1 реле, якорь 2 притягивается и растягивает пружину 3. Под действием пружины поршень 5 начнет перемещаться и перекачивать находящийся в цилиндре 4 воздух из левой полости цилиндра в правую. При этом воздух проходит по соединительному воздухопроводу через дроссель 7, регулируя которого можно изменять время срабатывания реле. При движении штока поршня замыкаются контакты 8 реле времени и приводят в движение исполнительный механизм.

В общих конструкциях реле имеется ряд причин, нарушающих стабильность установки реле. В электропневматическом реле - это нарушения уплотнений поршня и дросселя, параметров пружины и напряжения катушки и др. В электронных реле времени - изменения питающего напряжения, изменения параметров трансформатора.

Описание лабораторной установки. Лабораторная установка представляет собой стенд, на котором укреплены два реле времени: электронное и электропневматическое. Для включения реле в сеть служит переключатель ПК1, а для измерения ПК2. Для фиксации времени срабатывания реле служит электросекундомер.

Для того, чтобы исследовать одну из реле, необходимо сделать соответствующие переключения переключателем ПК2,

устанавливая ее в соответствующее положение, указанное в табличке.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принципы работы исследуемых реле времени.
2. Установить на исследуемом реле выдержку времени не более 15 сек.
3. Сделать соединения для исследуемого реле.
4. Включить переключатель ПК2 и держать его до тех пор, пока электросекундомер не перестанет считать импульсы.
5. Опыт проделать по 10 раз для каждого исследуемого реле времени.
6. Определить:

Среднее значение времени выдержки,  
$$t_{\text{ср.}} = (t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_{10}) / 10, \text{ с}$$

Отклонение времени выдержки,

$$\Delta t = t_{\text{max}} - t_{\text{min}}$$

Погрешность установки времени,

$$\varepsilon = \frac{\Delta t}{t_{\text{ср.}}}$$

## ТАБЛИЦЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

Таблица 2.1

Для электронного реле времени

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1$										

Таблица 2.1

Для электропневматического реле времени

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1$										

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ

1. Схемы электронного и электропневматического реле времени и краткое их описание.
2. Таблицы опытных данных
3. Выводы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип работы электронного РВ.
2. Принцип работы электропневматического РВ.
3. Область применения реле времени.
4. От какого фактора зависит точность работы реле времени той и другой конструкции ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучение принципа действия и устройства измерительных преобразователей (ИП) перемещения потенциометрического и индуктивного типов.

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** стенд для исследования и снятия характеристик ИП перемещения.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для измерения линейных и угловых перемещений в сельскохозяйственной и промышленной автоматике широко используются электрические измерительные преобразователи (датчики), имеющие реостатные, индуктивные и емкостные воспринимающие органы. Эти ИП относятся к параметрическим и преобразуют изменения входной величины в изменения параметров электрической цепи.

Потенциометрические ИП применяются для измерения линейных и угловых перемещений усилий. В данной лабораторной работе исследуется кольцевой потенциометрический ИП (рис.3.1а). На каркасе 1, выполненном из изоляционного материала, размещена обмотка 7. По очищенной от изоляции гладкой кромке провода перемещается контакт 6 щетки 4, приводимой во вращение осью 5.

Питающее напряжение  $U_{\text{вх}}$  подается на зажимы потенциометра, к которым подсоединены концы обмотки, а выходное напряжение снимается между одним из этих зажимов и контактом 3, соединенным с токоъемным кольцом 2. При равномерной намотке в режиме без нагрузки выходное напряжение преобразователя пропорционально углу поворота щетки.

Статическая характеристика ИП описывается следующими выражениями:

$$R = \alpha(2\pi r/360^\circ) \cdot R_0, [\text{Ом/град}],$$

где  $R_0$  – сопротивление, приходящееся на единицу длины окружности при равномерной намотке, Ом;  
 $r$  - радиус ИП, мм;  
 $\alpha$  - угол поворота подвижного контакта, град.  
 Чувствительность такого ИП

$$K = dR/d\alpha = (\pi r/360^0) \cdot R_0, [\text{Ом/град}].$$

то есть оно тем выше, чем больше радиус ползунка и чем больше сопротивление, приходящееся на единицу длины окружности (последнее зависит от удельного сопротивления материала и сечения наматываемой проволоки).

Принципиальная схема преобразователя приведена на рис.3.1б. К зажимам Н и К ненагруженного потенциометра прикладывается постоянное или переменное напряжение  $U$ . При этом сопротивление потенциометра между зажимом Н и щеткой Ц изменяется по закону

$$R_x = \frac{R_x}{l},$$

где  $R_x$  - сопротивление участка  $x$ ;  $l$  - длина потенциометра;  
 $R$  - полное сопротивление потенциометра.

Выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  снимается с части потенциометра  $R_x$  и зависит от перемещения щетки. Таким образом осуществляется преобразование механического перемещения в электрическое напряжение.

При смещении щетки вправо от точки Н на величину  $x$  выходное напряжение преобразователя в режиме холостого хода

$$U_{\text{хх}} = UR_x/R = Ux/l.$$

Статическая характеристика в этом режиме линейная. В нагрузочном режиме статическая характеристика становится нелинейной. Выходное напряжение преобразователя

$$U_{\text{вых}} = I_n R_n,$$

где  $I_n$  - ток, протекающий через нагрузочное сопротивление  $R_n$ .

Индуктивный ИП. с перемещающимся сердечником предназначен для измерения значительных (в отличие от индуктивно-плоскостных ИП) перемещений (до десятков мм). Их

принцип работы основан на изменении индуктивности катушек при перемещении якоря (сердечника). Если число обмоток несколько - 2 или 4, то такие ИП называют дифференциально-трансформаторными плунжерными (ДТИ). На стенде установлен ДТИ ИП (рис.3.2), который имеет две обмотки, включаемых последовательно или встречно. В зависимости от схемы включения изменяется и статическая характеристика ИП. На стенде установлен ИП с встречно включенными обмотками.

Если плунжер (якорь) 1 не введен в корпус с обмотками (статор) 2 напряжение выходного сигнала  $U_{\text{вых}} = U_1 - U_2 = U$ , то есть равен разности начальных напряжений обмоток. При перемещении плунжера справа налево (в интервале  $0 < x < l$ ) индуктивность первичной обмотки уменьшается, а вторичной не изменяется т.е.  $U_1 > U_2$  и  $U_{\text{вых}}$  начнет увеличиваться. При  $x = l$   $U_{\text{вых}} = \text{max}$ , а в интервале  $l < x < 2l$   $U_2$  также будет увеличиваться и приведет к уменьшению  $U_{\text{вых}}$ . Чувствительность ИП определяется для каждого из интервалов отдельно из выражения:

$$K = dU/dx = \Delta U/\Delta x.$$

Лабораторный стенд (рис 3.3) состоит из электрически связанных понижающего трансформатора Тр, индуктивного ИП 1, потенциометрического ИП 3, вольтметров V1 и V2, выключателей К1 (сети), ВК1 и ВК2 (соответственно для подключения индуктивного и потенциометрического ИП) и сигнальных лампочек ЛС1 - включения сети и ЛС2 - включения потенциометрического ИП. Для измерения линейного перемещения сердечника индуктивного ИП служит микрометр 2. Угловое перемещение подвижного контакта потенциометрического ИП измеряется установленным на панели транспортом 4.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принцип действия и конструкции ИП перемещений.
2. Изучить принципиальную электрическую схему стенда. Включить стенд в сеть выключателем ВК1.
3. Снять статическую характеристику потенциометрического ИП, для чего перевести выключатель в положение ВК2 и

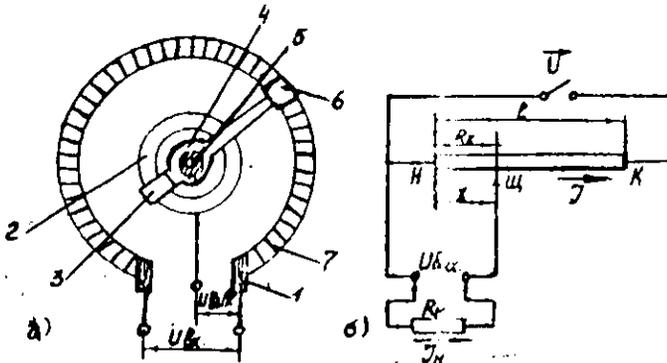


Рис.3.1. Потенциометрический измерительный преобразователь перемещений

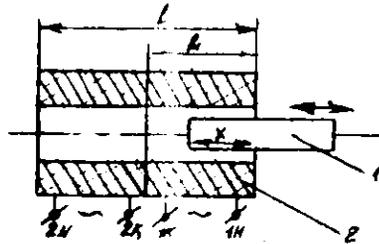


Рис.3.2. Индуктивный измерительный преобразователь перемещений.

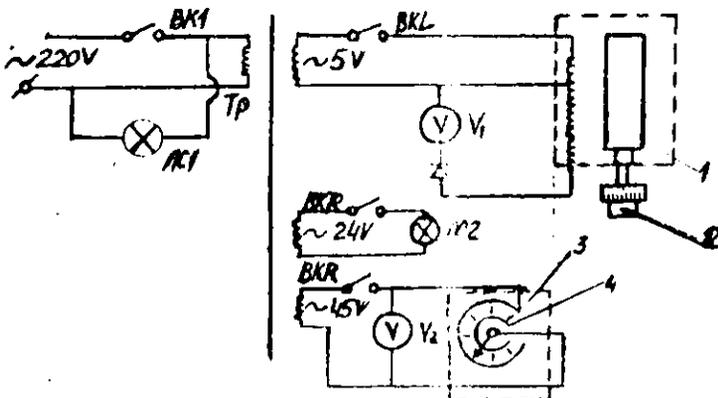


Рис.3.3. Электрическая принципиальная схема лабораторной установки

поворачивая движок ИП через каждые 45° провести измерение выходного напряжения. Результаты измерений занести в табл. 3.1. Построить статическую характеристику ИП, по которой определить коэффициент чувствительность ИП.

4. Снять статическую характеристику индуктивного ИП, для чего переключить выключатель в положение ВК1, т.е. настроить стенд на схему исследования индуктивного ИП. Вводя сердечник (якорь) в корпус измеряется его перемещение микрометром. Измерения выходного напряжения провести через каждые 1,5 мм перемещения сердечника. Результаты замеров занести в табл. 3.

5. Построить статическую характеристику ИП, определить коэффициент чувствительности для каждой из двух участков  $0 < \alpha < \alpha_1$  и  $\alpha_1 < \alpha < \alpha_2$ .

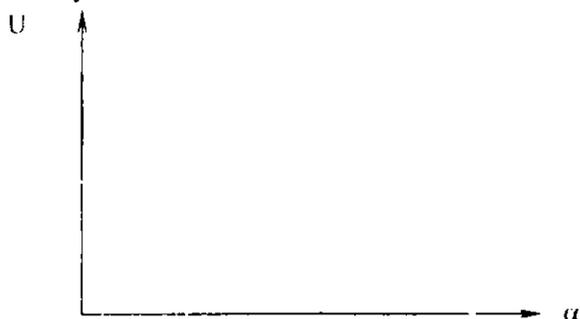
### ТАБЛИЦЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ И ВЫЧИСЛЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Таблица 3.1

		Потенциометрического ИП							
$\alpha, град$		0	45	90	135	180	225	270	315
U, вольт									
K <sub>ч</sub>									

Коэффициент чувствит.

$$K_{ч} = \Delta U / \Delta \alpha$$



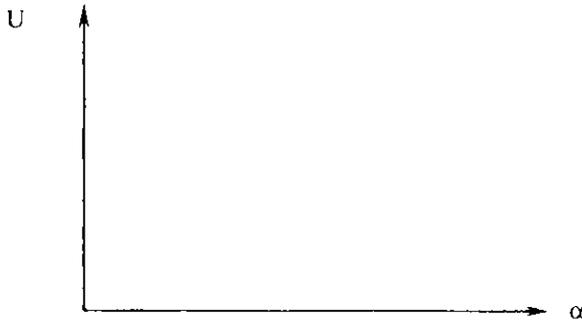
Статическая характеристика  
потенциометрического ИП.

Таблица 3.2

Индуктивного ИП

X, мм	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5
U, вольт								
K <sub>ч</sub>								

Коэффициент чувствит. для I уч.  $K_{ч} = \Delta U / \Delta x$



для II уч.  $K_{ч} = \Delta U / \Delta x$

Статическая характеристика  
индуктивного ИП.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ.

1. Схемы и описания принципа работы изученных ИП перемещения.
2. Таблицы опытных данных.
3. Статические характеристики ИП с вычисленными коэффициентами чувствительности.
4. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение ИП перемещения.
2. Устройство и принцип работы потенциметрического ИП.
3. Устройство и принцип работы индуктивного ИП.
4. Определение чувствительности ИП перемещения.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОДАТЧИКОВ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучить принцип действия и устройство фотодатчиков, определить порог чувствительности и время срабатывания.

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** фотосопротивления ФСК-2 и ФСК-Г2, установка для снятия их характеристик, секундомер.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Фотоэлектрические датчики как быстродействующие элементы получили широкое распространение в автоматических системах контроля и управления различными процессами. Принцип действия таких датчиков основан на использовании фотоэлектрического эффекта. Обычно они представляют собой фотоэлементы, реагирующие на изменение светового потока.

Свойства фотодатчиков определяются рядом параметров и характеристик, важнейшими из которых являются световая и вольт-амперная характеристики и чувствительность.

Световой характеристикой называется зависимость выходной величины (фототока) фотоэлектрического преобразователя от светового потока (освещенности).

Вольт-амперной характеристикой называют зависимость фототока от приложенного напряжения при постоянном значении светового потока.

Коэффициент преобразования фотоэлектрического преобразователя называется чувствительностью. Различают три типа фотоэлементов:

- 1) с внешним фотоэффектом;
- 2) с внутренним фотоэффектом;
- 3) с запирающим слоем (вакуумные).

Внешний фотоэффект проявляется в испускании электронов во внешнее пространство некоторыми веществами под действием светового излучения.

Фотоэлемент с внешним фотоэффектом (вакуумный) представляет собой наполненный инертным газом - аргоном стеклянный баллон или лампу, на внутреннюю часть которых нанесен светочувствительный слой из полупроводникового

материала, являющийся катодом К (рис.4.1). Внутри баллона установлен также второй электрод в виде кольца - анод А. Под действием падающего света катод испускает электроны, которые при наличии электрического поля перемещаются к аноду, создавая ток внутри фотоэлемента (фототок). Направленное электрическое поле внутри фотоэлемента создается внешним источником напряжения.

Вакуумные фотоэлементы работают в режиме насыщения, когда значение фототока не зависит от значения приложенного напряжения, а зависит только от светового потока.

Внутренний фотоэффект проявляется в перераспределении электронов в веществе под действием светового потока. Фотоэлементы, основанные на внутреннем фотоэффекте, называются фотосопротивлениями (фоторезисторами).

У фотосопротивлений (фоторезисторов) под действием света увеличивается количество свободных электронов, а следовательно, и электропроводность.

Под действием светового потока  $\Phi$ , падающего на фотосопротивление, изменяется сопротивление  $R_{\Phi}$  полупроводникового материала, вследствие чего изменяется и ток  $I_{\Phi}$ , проходящий через нагрузочное сопротивление  $R_n$ :

$$I_{\Phi} = U / (R_{\Phi} + R_n),$$

где  $U$  - напряжение питания.

Чувствительность фотосопротивления оценивается коэффициентом чувствительности  $S_{\Phi}$ , определяемое по его световой характеристике  $I_{\Phi} = f(\Phi)$ :

$$S_{\Phi} = \Delta I_{\Phi} / \Delta \Phi, \quad [\text{мА/лм}].$$

С увеличением светового потока чувствительность фотосопротивления уменьшается, а величина фототока стабилизируется и становится независимым от величины приложенного напряжения. По характеристике  $I_{\Phi} = f(\Phi)$  сопротивления эта точка называется порогом чувствительности, а величина тока током насыщения.

Конструктивно фотосопротивление представляет собой пластмассовое основание 2 (рис.4.2), стеклянную пластину 5, на

которую нанесен слой светочувствительного полупроводникового материала 4 (селена, кадмия сульфида, таллия сульфида, сернистого свинца и т.п.), металлические электроды 1 и стекло 3, через которое проходит световой поток на полупроводниковый слой.

К вентильным фотоэлектрическим преобразователям относятся фотодиоды и фототранзисторы, принцип действия которых основан на вентильном эффекте. Вентильные фотоэлементы преобразовывают световую энергию в электрическую.

## ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Установка для снятия характеристики фотосопротивлений состоит из осветителя 1 (рис.4.3), фотоэлемента 4, электромагнитного реле 7 и сигнальной лампы 8. Световой поток осветителя изменяется регулированием напряжений питания при помощи реостата 3. Величина напряжения питания осветителя измеряется вольтметром 2. Величина фототока и напряжения питания фотосопротивления контролируется миллиамперметром 5 и вольтметром 6. Фотосопротивление подключается в цепь переменного тока 220 В через понижающий трансформатор, что позволяет изменять величину напряжения питания. Электромагнитное реле, включенное в цепь для определения времени срабатывания фоторезисторов путем включения сигнальной лампы.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомьтесь с устройством и схемой установки.
2. Подключить установку к сети.
3. Снять световую характеристику ФСК-2, учитывая, что изменение светового потока задается изменением напряжения в цепи осветителя реостатом 3. Контроль светового потока производят, измеряя напряжение на осветителе. По полученной характеристике определяется коэффициент чувствительности.
4. Снять характеристику инерционности, представляющую собой зависимость времени срабатывания ФСК-2 от освещенности (напряжения в цепи осветителя). Для этого найти наименьшее значение напряжения, при котором срабатывает фотосопротивление (момент срабатывания

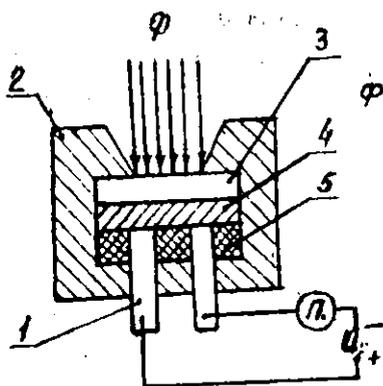


Рис.4.2. Фотоэлемент с внутренним фотоэффектом.

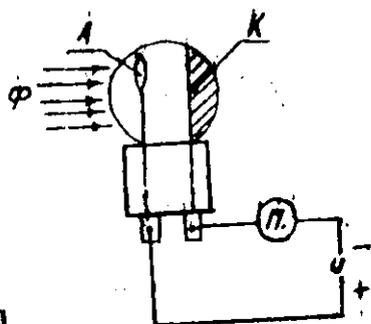


Рис.4.1. Вакуумный фотоэлемент

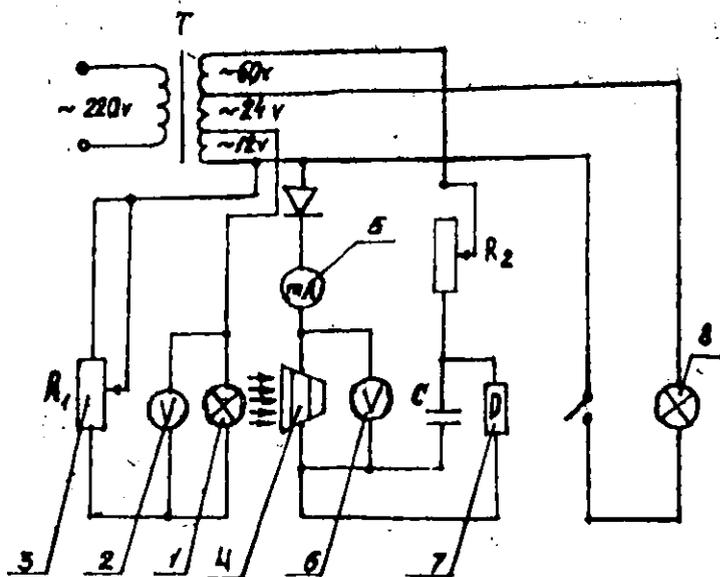


Рис.4.3. Электрическая принципиальная схема лабораторной установки для снятия характеристик фотосопротивлений.

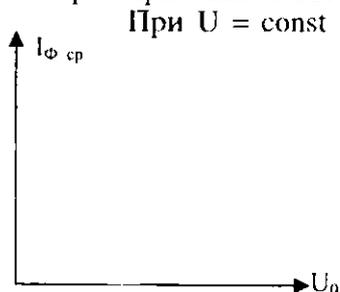
определяется моментом включения сигнальной лампы 8, включенной в цепь фотосопротивления через реле 7). При этом, необходимо пользоваться шторкой перед фотосопротивлением при перемещении ползунка реостата 3 в новое положение. Найдя наименьшее значение (т.е. порог чувствительности ФСК-2), перекрыть шторку, затем резко открыть её с одновременным включением секундомера. Как только сработает фотосопротивление выключить секундомер и зарегистрировать время срабатывания. Время срабатывания ФСК-2 определить для нескольких значений напряжений осветителя.

5. Повторить вышеуказанные опыты и для фотосопротивления ФСК-Г2.

### ТАБЛИЦЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

Таблица - 4.1. ФСК-2 Вольт-амперная характеристика ФСК-2

$U_0$	0	2	4	6	8	10	12
$I_{\phi 1}$							
$I_{\phi 2}$							
$I_{\phi 3}$							
$I_{cp}$							



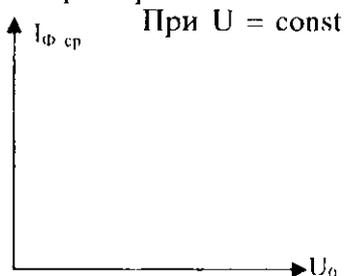
Порог чувствительности  $U =$

Инерционность  $T =$

Коэффициент чувствительности  
 $S = \Delta I_{\phi \text{ ср}} / \Delta U_0$

Таблица - 4.1. ФСК-Г2 Вольт-амперная характеристика ФСК-Г2

$U_0$	0	2	4	6	8	10	12
$I_{\phi 1}$							
$I_{\phi 2}$							
$I_{\phi 3}$							
$I_{cp}$							



Порог чувствительности  $U =$

Коэффициент  
чувствительности  
 $S = \Delta I_{cp} / \Delta U_0$

Инерционность  $T =$

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ

1. Схемы и краткое описание фотосопротивлений и установки для снятия характеристик ФСК-2, ФСК-Г2.
2. Таблицы опытных данных.
3. Вольт-амперная характеристика фотосопротивлений.
4. Выводы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что из себя представляют фотоэлементы ?
2. Что понимается под явлениями внешнего и внутреннего фотоэффекта ?
3. Какие виды преобразователей существуют ?
4. Какие знаете характеристики фотоэлементов ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучить принцип работы и устройство влагомера емкостного типа.

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** установка для измерения емкостным способом влажности дисперсных материалов, микроамперметр, кювета для образцов.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Влажность материалов характеризуется абсолютным содержанием влаги в единицах массы и относительной влажностью, представляющей отношение количества влаги к массе вещества. Пример: влажность вещества 48% обозначает, что в 1 кг вещества содержится 480 г воды и 520 г сухого вещества.

Преобразователи влажности по принципу действия разделяются на - кондуктометрические, которые определяют влажность по результатам измерения электропроводности, - диэлектрические, с помощью которых судят о влажности по значению диэлектрической проницаемости, - гигрометрические, позволяющие оценивать влажность среды по изменениям электрических или механических характеристик вспомогательного вещества.

Измерение влажности продукции сельскохозяйственной и текстильной промышленности основано на изменении активного сопротивления их диэлектрической постоянной с изменением влажности. Для измерения влажности этого типа продукции применяются измерения кондуктометрическим или емкостным методами.

Наличие влажности в материалах приводит к изменению их диэлектрической проницаемости. Причиной этого является то, что относительная электропроводность хлопка-сырца не превышает 2 - 6, а воды - 80. Поэтому наличие в них хоть немного воды приводит к резкому повышению относительной электропроводности. В связи с этим влажность можно измерить

методом диэлектрической проницаемости (емкостным способом).

Емкостные влагомеры основаны на измерении приращения емкости преобразователя - конденсатора. Порция контролируемого материала помещается в измерительную кювету. Увеличение влажности дисперсного материала, например, хлопка-сырца или волокна, приводит к росту его диэлектрической проницаемости, а следовательно, к возрастанию емкости. Изменение емкости преобразователя измеряется электрической схемой прибора, составляющей основу лабораторной установки. Шкала прибора соответствует приращению емкости преобразователя, пропорционального изменению тока в схеме. При помощи графика статической характеристики прибора определяется процент влажности материала.

Средство измерения и контроля влажности дисперсных материалов состоит из электрической схемы (рис.5.1), собранной на отдельной монтажной плате из радиотехнических элементов и плоского чувствительного емкостного элемента. Дисперсный материал закладывается в чувствительный элемент и по величине тока на микроамперметре, сравнением полученного значения с зависимостью (рис.5.2) определяется величина влажности материала.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством и схемой установки.
2. Подключить лабораторную установку к сети и настроить.
3. В чувствительный элемент положить материал с различной величиной влажности и произвести замер по микроамперметру и записать в таблицу. Измерение проводить 3 раза с переукладкой материала. Этот процесс повторяется для 3 образцов дисперсных материалов и определяется их среднее значение.
4. Полученные значения сравниваются с зависимостью на рис.5.2 и делается вывод по проделанной работе.

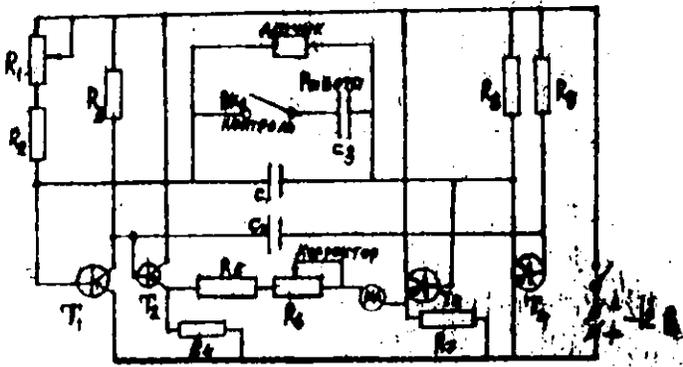


Рис.5.1. Электрическая принципиальная схема лабораторной установки для измерения и контроля влажности методом диэлектрической проницаемости.

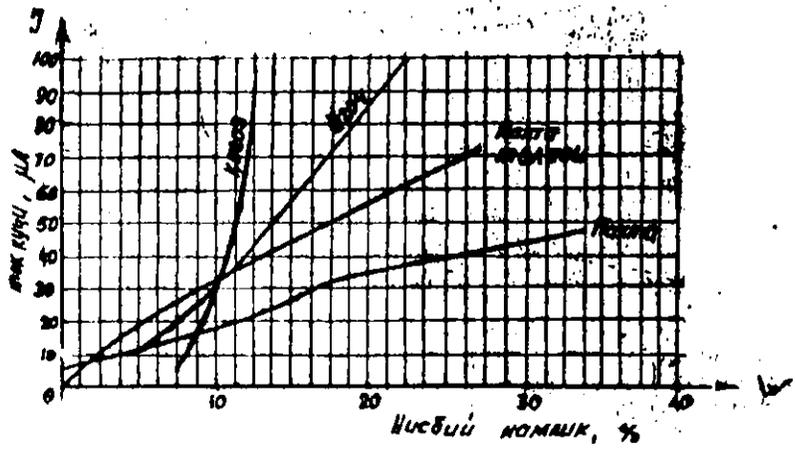


Рис.5.2. Влажности дисперсных материалов, полученные опытным путем.

## ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

Таблица 5.1

	Материал		Влажность, %	I, мА			
				1	2	3	среднее
1	Хлопок-сырец	1					
		2					
		3					
2	Хлопок-волокно	1					
		2					
		3					
3	Опилки	1					
		2					
		3					

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРОДЕЛАННОЙ РАБОТЕ

1. Схема и краткое описание лабораторной установки.
2. Таблица результатов опытов.
3. Выводы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем характеризуется влажность материалов ?
2. На какие виды по принципу действия разделяются преобразователи влажности ?
3. На чем основан принцип действия гигрометрического преобразователя влажности ?
4. На чем основан принцип действия емкостного преобразователя влажности ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### СНЯТИЕ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В ЕМКОСТИ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить устройство, принцип работы автоматических систем стабилизации, приобрести навыки снятия переходных характеристик.

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** Макет, имитирующий работу поплавковой камеры карбюратора, секундомер.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

По алгоритму функционирования автоматические системы подразделяются на системы стабилизации, программные, следящие и самоприспосабливающиеся. На рис.6.1 представлена схема автоматической системы стабилизации, действующая по принципу работы поплавковой камеры карбюратора. Она состоит из электродвигателя 1, центробежного насоса 2, двух бачков левого 3 и правого 4, соединённых между собой системой резиновых трубок, поплавок 5 и контактов 6. Поплавок через рычажную систему воздействует на контакты выключателя. При срабатывании электродвигателя с помощью насоса вода перекачивается из левого бачка в правый. Правый бачок снабжён водомерной шкалой уровня. При изменении уровня воды поплавок, воздействуя на контакты, включает или выключает электродвигатель. Правый бачок расположен выше левого и при отключённом состоянии насоса вода из правого бачка перетекает через резиновую трубку в левый и уровень воды в правом бачке понижается. Опускаясь, поплавок включает контакты электродвигателя. Насос срабатывает и процесс повторяется. Поэтому уровень воды поддерживается на заданном значении.

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принцип действия лабораторного стенда.
2. Левый бачок заполняется водой чуть больше половины.

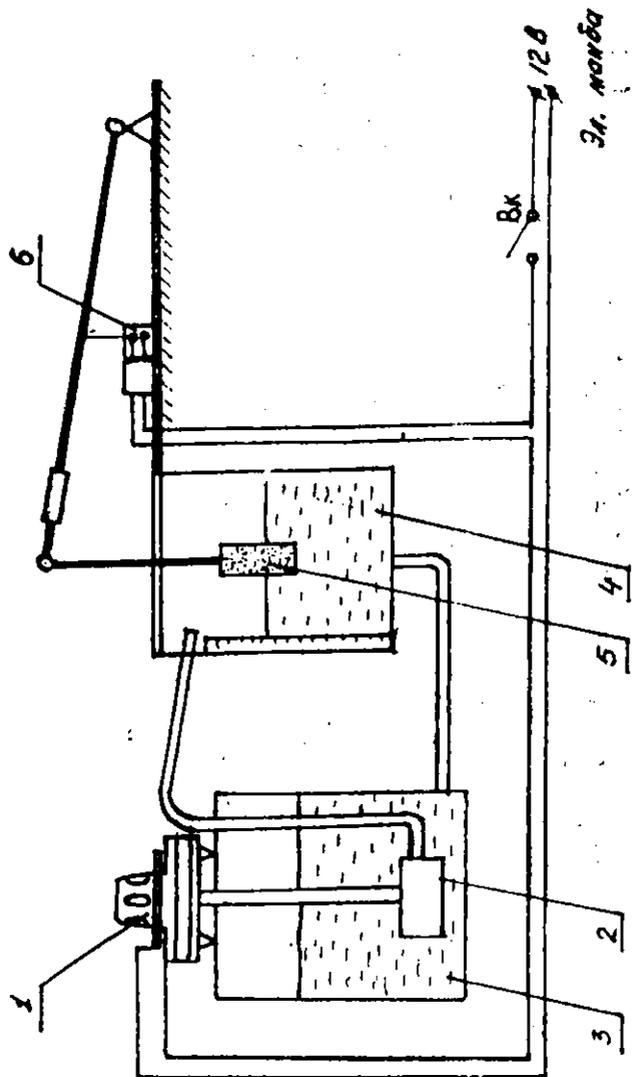


Рис.6.1. Схема лабораторной установки для исследования САР уровня жидкостью, основанной по принципу работы поплавковой камеры карбюратора.

3. Снимается переходная характеристика системы стабилизации: а) система подключается к источнику питания 12 В; б) через каждые 3 сек. измеряется уровень воды и записывается в табл. 6.1.

4. Опыты повторяются 3 раза. По средним результатам опытов строится график переходного процесса.

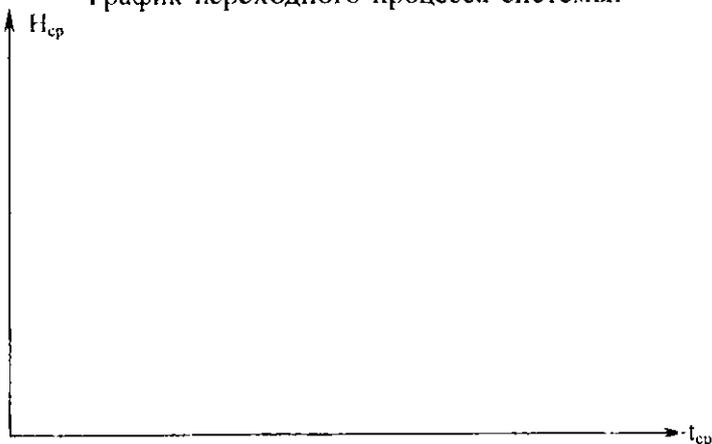
5. По графику переходного процесса определяются показатели качества системы - время регулирования -  $t_{рег}$ ; установившаяся высота уровня -  $H_{уст}$ ; максимальная высота уровня  $H_{max}$ ; перерегулировка -  $G$ ; колебательность -  $n$

### ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 6.1.

$t, c$																				
$H, мм$																				
$t, c$																				
$H, мм$																				
$t, c$																				
$H, мм$																				
$t_{cp}$																				
$H_{cp}$																				

График переходного процесса системы.



Показатели качества системы.

$H_{\max}$  - максимальная высота уровня.

$H_{уст}$  - установившаяся величина уровня.

$$G = \frac{H_{\max} - H_{уст}}{H_{уст}} * 100\%$$

$n$  - колебательность - количество полупериодов графика.

$t_p$  - время регулирования.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ

1. Схема лабораторного стенда и краткое описание.
2. Таблицы опытных данных и график переходного процесса.
3. Показатели качества переходного процесса.
4. Выводы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По алгоритму действия на какие виды подразделяются САР?
2. Какие системы называются системами стабилизации?
3. Какие системы называются программными?
4. Какие системы называются следящими?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

### СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХЛОПКОВОЙ СЕЯЛКИ СХУ - 4 "КЕДР - 1"

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучение электронной системы автоматического контроля технологических процессов хлопковой сеялки СХУ - 4 "КЕДР - 1".

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** Стенд хлопковой сеялки с автоматической системой контроля "КЕДР - 1".

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Системы автоматического контроля (САК) мобильных сельскохозяйственных агрегатов предназначены для постоянного контроля за выполнением отдельных технологических операций и подачи светозвуковой сигнализации водителю агрегата при технологических нарушениях или окончании операции.

В качестве контролируемых параметров технологических операций обычно выбирают:

предельные уровни заполнения и опорожнения технологических емкостей;

основные параметры рабочих органов сельскохозяйственных агрегатов;

пробуксовывание предохранительных муфт при перегрузках приводных органов;

количество и качество продукции, получаемое агрегатом;

внесение гербицидов сельскохозяйственным агрегатом.

Система автоматического контроля технологических процессов хлопковой сеялки СХУ-4 "Кедр-1" выполняет функции контроля процесса высева семян, уровня семян в бункере, а также внесения гербицидов.

Система контроля работает следующим образом: при наличии семян в бункере и нормальной работе сеялки при скоростях 2 - 10 км/ч на пульт от датчиков высева и уровня поступают сигналы о нормальном технологическом процессе высева, на пульте звуковая и цифровая сигнализация отсутствует. Как только по какой-либо причине произошло прекращение высева, на пульте через некоторое время загорится цифровая индикация и раздаётся звуковой сигнал о нарушении процесса

высева. При понижении уровня семян в бункере до критического, т.е. ниже места установки датчика на пульте загорится красная лампочка и раздаётся кратковременный (одноразовый) звуковой сигнал, предупреждающий механизатора о том, что через 25-30 м необходимо заправить бункер семенами. Пульт устанавливается в кабине трактора, блок усилителя на раме сеялки, датчик высева устанавливается на выходе высевающего аппарата, датчик уровня в нижней части бункера.

Принцип действия датчика уровня (рис.7.1) основан на затемнении зоны видимости фотопары, при наличии семян или освещении фотоприёмника излучателем при отсутствии семян. На выходе датчика уровня формируется аналоговый сигнал (0;1), который передаётся через блок обработки на пульт.

Принцип действия датчика высева (рис.7.2) основан на пересечении высевающихся семян фотопары - излучателя и приёмника (светодиод, фотодиод). При пересечении семян зоны видимости фотопары (рис.7.3), на выходе усилителя датчика формируются импульсы и передаются по кабельной сети через блок обработки (интеграторов) на пульт системы.

Блок обработки информации состоит из 8 каналов, принимающих сигналы в виде импульсов. Проходя через интегрирующую цепочку, проинтегрированный сигнал держит выходной транзистор блока в закрытом состоянии. Как только импульсы с датчиков прекратятся, то выходной транзистор в блоке обработки, открываясь, выдаёт на пульт сигнал о нарушении тех. процесса того или иного канала высева.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд (Рис.7.4) состоит из одной секции хлопковой сеялки СХУ-4. В нём имеются следующие части: 1 - высевающий аппарат, 2 - семенная банка, 3 - редуктор, 4 - электродвигатель, 5 - семяпровод, 6 - заслонка для затемнения зоны видимости датчика высева, 7 - датчик высева, 8 - датчик уровня, 9 - микровыключатель, 10 - блок усилителя, 11 - пульт контроля, 12 - электросекундомер. Стенд работает следующим образом: Система контроля подключается к сети и при закрытии зоны видимости датчика высева семян заслонкой,

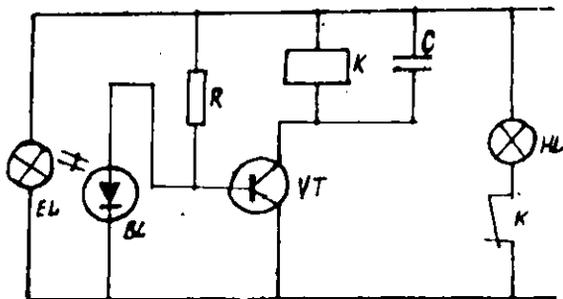


Рис.7.1. Электрическая принципиальная схема фотоэлектрического сигнализатора уровня семян.

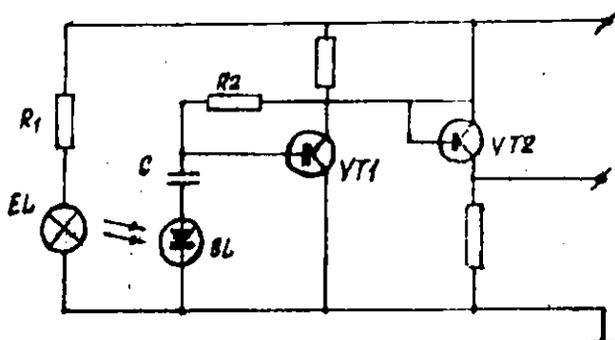


Рис.7.2. Электрическая принципиальная схема датчика высева.

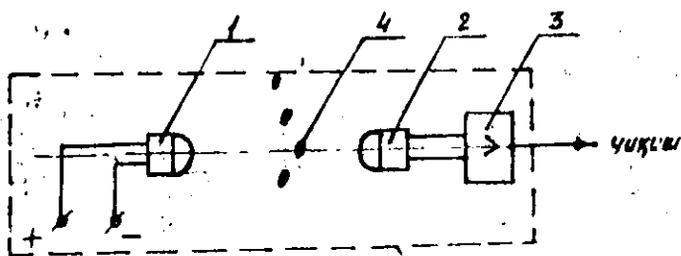


Рис.7.3. Датчик высева: 1-светодиод, 2-фотоприемник, 3-усилитель, 4-семена.

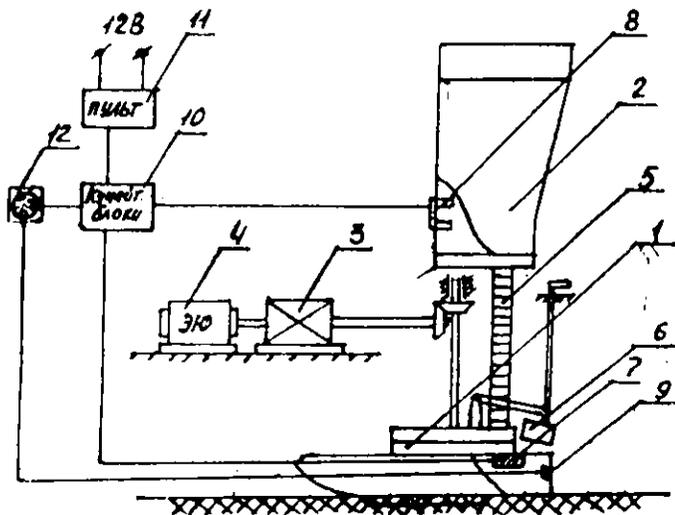


Рис.7.4. Принципиальная схема лабораторного стенда.

микровыключатель включает электросекундомер. По секундомеру определяется время от момента затемнения зоны видимости до появления сигнала на пульте системы. Реакция системы определяется следующим образом: Электродвигатель подключается к сети питания 220 В. Через некоторое время отключается и фиксируется время до поступления сигнала о нарушении технологического процесса на пульте системы.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принцип работы лабораторного стенда.
2. Изучить принцип работы датчиков уровня и высева семян.
3. Определить время реакции системы при нарушении процесса высева (5 раз) электросекундомером.
4. Определить время реакции системы при прекращении высева (при включении электродвигателя).
5. Выключить электродвигатель и определить время срабатывания системы (5 раз).

## ТАБЛИЦЫ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Таблица 7.1

№	1	2	3	4	5	Ср
t, с						

Таблица 7.2

№	1	2	3	4	5	Ср
t, с						

### ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Схема лабораторного стенда и краткие сведения о системах контроля.
2. Таблицы опытных данных.
3. Выводы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие параметры технологических операций сельскохозяйственных машин выбираются для автоматического контроля ?
2. Какие технологические параметры хлопковой сепялки контролируется САК "Кедр-1" ?
3. Из чего состоит лабораторный стенд и принцип его работы ?
4. Принцип действия датчиков уровня и высева семян.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА ТИПА ПТР-3-04

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Исследование терморегуляторов и ознакомление с методикой их проверки и наладки.

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** Стенд для исследования терморегулятора, омметр.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Автоматическим регулятором называют совокупность устройств, подключаемых к объекту управления для автоматического регулирования его параметров. К объекту управления присоединяются измерительный элемент и исполнительный механизм. Входной величиной регулятора является регулируемый параметр, выходной - положение регулирующего органа.

Автоматический регулятор измеряет отклонение регулируемого параметра от заданного значения и в соответствии с реализованным в регуляторе законом регулирования воздействует на регулируемый орган для уменьшения этого отклонения.

Основной характеристикой регулятора, независимо от его конструкции, является формируемый регулятором закон регулирования - зависимость между изменением регулируемого параметра и положением регулирующего органа. По характеру воздействия на регулируемый орган регуляторы делятся на регуляторы непрерывного и дискретного действия.

Регуляторами дискретного действия являются полупроводниковые позиционные регуляторы температуры ПТР-2 и ПТР-3. Чувствительным элементом этого типа регуляторов является термистор, у которого с повышением температуры значительно уменьшается сопротивление. Контакты двух выходных реле трёхпозиционного регулятора ПТР-3 могут обеспечивать подачу сигналов "выше", "ниже", "норма".

Разрывная мощность контактов - 500 Вт при напряжении 220 В переменного тока.

Полупроводниковый регулятор температуры ПТР-3-04 позволяет регулировать температуры среды от +5 до +35 град. С.

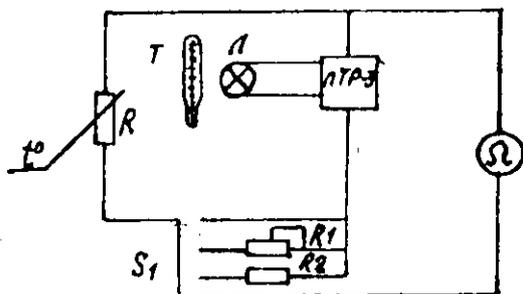


Рис.8.1. Электрическая принципиальная схема лабораторной установки

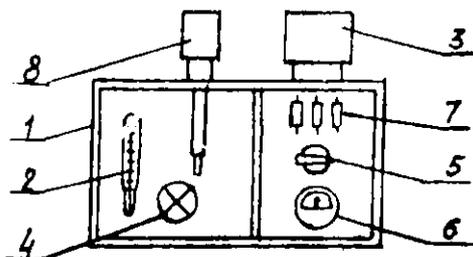


Рис.8.2. Общий вид лабораторной установки.

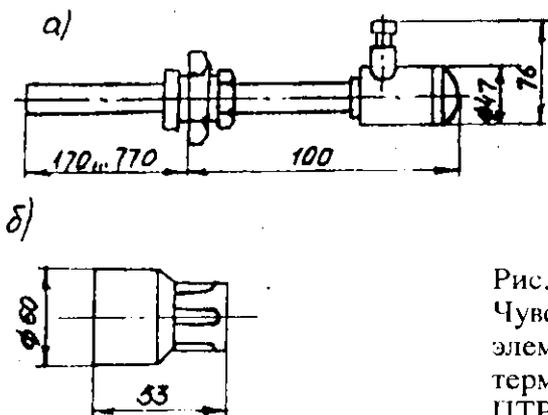


Рис.8.3. а) б)  
Чувствительный элемент терморегулятора ПТР-3 (терморезисторы).

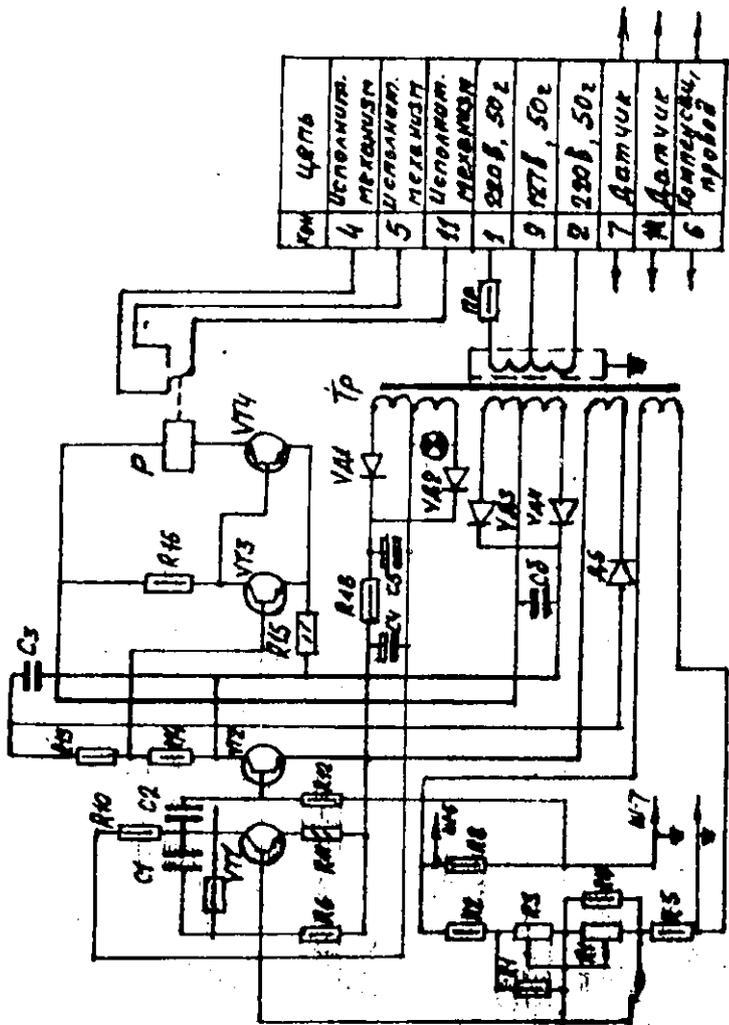


Рис.8.4. Электрическая принципиальная схема терморегулятора ПТР-3

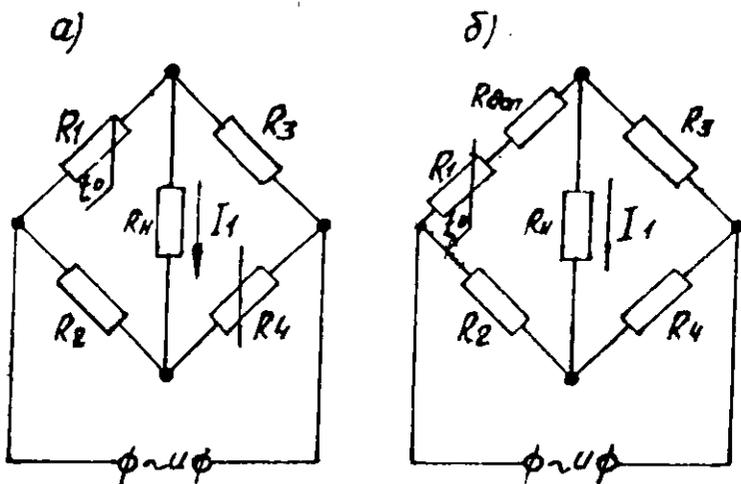


Рис.8.5. Схема измерительного моста.  
 а) без дополнительного резистора.  
 б) с дополнительным резистором.

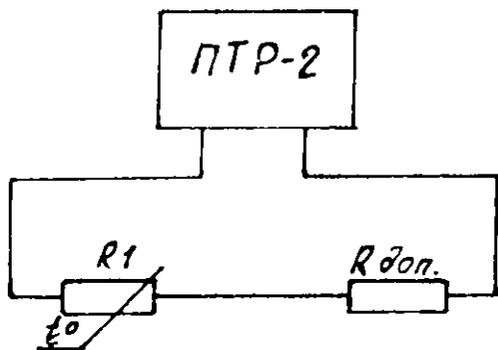


Рис.8.6. Схема подключения дополнительного сопротивления к терморегулятору ПТР-3.

Принципиальная схема лабораторной установки приведена на рис.8.1, а общий вид на рис.8.2.

Конструктивно прибор ПТР-3-04 выполнен в пластмассовом корпусе, на котором размещена монтажная панель. На монтажной панели расположены: блок питания, реле, плата усилителя, плата выпрямителя, блок настройки. На лицевой панели расположены: шкалы температуры и зоны нечувствительности, предохранитель. В нижней части корпуса расположены разъём для подключения питания прибора, датчика, исполнительного механизма и клемма "земля". Функционально прибор ПТР-3-04 состоит из измерительного моста, усилителя фазочувствительного каскада, переключающего устройства блока питания.

Чувствительным элементом прибора является терморезистор, включённый в плечо измерительного моста (рис.8.3 а,б). Мост реагирует на отклонение температуры регулируемого объекта от заданной температуры по шкале прибора. При отклонении температуры объекта относительно заданной, мост разбалансируется и сигнал разбаланса поступает на вход усилителя, усиливается и сравнивается в фазочувствительном каскаде с сигналом постоянного тока, открывается транзистор VT2, в результате чего срабатывает переключающее устройство, выполненное по схеме тригера, нагрузкой которого является электромагнитное реле, управляющее исполнительным механизмом. При равенстве температуры регулируемого объекта, температуре, установленной по шкале прибора схема переходит в исходное положение. Принципиальная электрическая схема полупроводникового терморегулятора приведена на рис. 8.4.

## МЕТОДИКА РАСШИРЕНИЯ ПРЕДЕЛА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Для расширения диапазона регулирования температуры применяются дополнительные резисторы, включаемые последовательно с терморезистором температурного регулятора. Это позволяет в широких пределах изменить установку прибора. Так, согласно рис. 8.5(а) ток  $I$  в диагонали моста равен:

$$I_1 = V \frac{\frac{R_2}{R_2 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_3}}{R_{II} + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}}$$

здесь:  $R_{II}$  - сопротивление нагрузки;  
 $R_1$  - сопротивление терморезистора;  
 $R_2, R_3, R_4$  - сопротивления плеч моста.

При включении дополнительного резистора  $R$  доп. последовательно с терморезистором  $R_1$  (рис. 8.5(б)) эквивалентное сопротивление  $R_s$  равно:  $R_s = R_1 + R$  доп.

Если в противоположном плече моста изменить сопротивление резистора  $R_4$  на  $R'_4$ , то ток в диагонали моста будет равен:

$$I_2 = V \frac{\frac{R_2}{R_2 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_3}}{R_{II} + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R'_4}{R_2 + R_4}}$$

Хотя в одном из плеч моста увеличиваем сопротивление за счёт включения дополнительного резистора, но в противоположном уменьшаем сопротивление резистора. При этом путём соответствующего выбора величин сопротивления можно добиться выполнения следующего условия

$$\frac{\frac{R_2}{R_2 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_3}}{R_{II} + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}} > \frac{\frac{R_2}{R_2 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_3}}{R_{II} + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R'_4}{R_2 + R_4}}$$

согласно которому ток в измерительной диагонали моста увеличивается, т.е. расширяется диапазон регулирования.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принцип работы терморегулятора ПТР-3-04.
2. Снять статическую характеристику полупроводникового терморезистора. Для этого поместить терморезистор в нагревательную среду и фиксировать

омметром его сопротивление через каждые 10°С до 100°С. Результаты измерений представить в виде таблицы и графика.

3. Определить погрешность регулятора по формуле

$$\Delta t = \frac{t_1 - t_2}{t_H - t_K} \cdot 100\%,$$

где  $t_1$  - температура срабатывания по градуснику;  $t_2$  - температура по шкале регулятора.  $t_K$ ,  $t_H$  - конечные и начальные температуры регулирования по шкале прибора.

Опыт повторить 4 раза.

4. Расширить шкалу регулирования ПТР-3-04 до 80° С. Для этого по статической характеристике  $R_t = f(t^{\circ}\text{C})$

определить сопротивление терморезистора при определённой температуре (например, 25°С) и при 80°С. Найти их разность

$$R = r't - R''t.$$

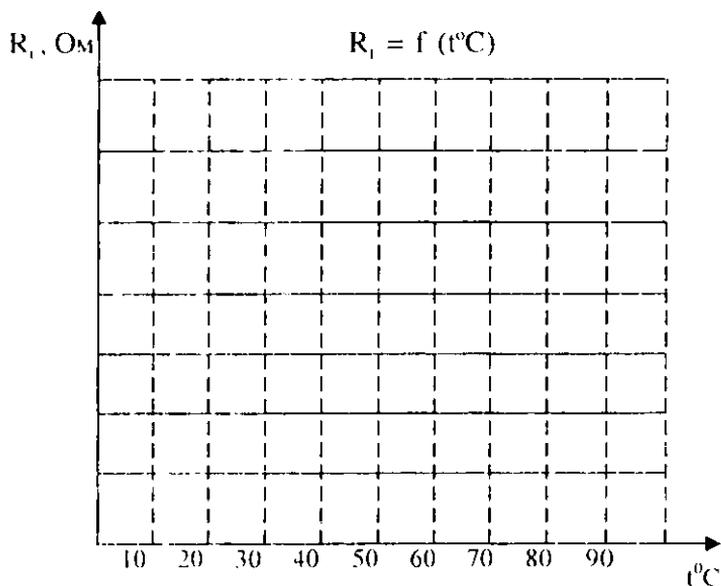
Ввести сопротивление последовательно с воспринимающим элементом при подключении к регулятору (рис.8.6), проверить экспериментально, при какой температуре произойдёт срабатывание прибора. Для этого необходимо на шкале регулятора установить температуру 25°С. Опыт повторить 3 раза.

## ТАБЛИЦА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Таблица 8.1

$R_1$	$t^{\circ}\text{C}$								

## СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМОРЕГУЛЯТОРА



## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА ПО ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ

1. Схема и общий вид лабораторной установки.
2. Таблица опытных данных.
3. Статическая характеристика терморегулятора.
4. Результаты проверки терморегулятора.

5. Результаты расширения шкалы регулирования с помощью дополнительных сопротивлений.

6. Выводы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой автоматический регулятор ?
2. Что является основной характеристикой регулятора ?
3. Из каких функциональных элементов состоит прибор ПТР-3-04 ?
4. Как расширить пределы регулирования температуры ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

### СНЯТИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САР ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомиться с методами снятия статических и динамических характеристик САР и определение статической ошибки.

**ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ:** стенд, моделирующий работу д.в.с. с центробежным всережимным регулятором.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Статическая характеристика представляет зависимость управляемого параметра выходной величины (в нашем случае частоты вращения вала двигателя  $n$ ) от входной величины (момента сопротивления на валу двигателя  $M_n$ ) в установившемся режиме  $\{n = f(M_n)\}$ .

Отличие установившегося значения регулируемой величины от требуемого называется статической ошибкой. САР, обладающие статической ошибкой, называются статическими.

Требование поддержания значения регулируемой величины возможно ближе к заданному, распространяется не только на установившиеся режимы, но и на переходный процесс. С целью определения соответствия САР данному требованию проводят исследования систем как в установившемся, так и в переходных режимах. Характеристики САР в динамике делят на переходные или временные и частотные. Переходная характеристика представляет собой зависимость выходной (регулируемой) величины от времени в переходном режиме. Переходной режим задают, подавая на вход системы единичное возмущение (единичный скачок). Время, в течение которого происходит переход системы от одного установившегося режима к другому, характеризует инерционность САР.

По переходной характеристике можно судить об устойчивости автоматической системы и качестве ее работы.

## ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Стенд смонтирован на основании, представляющей лабораторный стол. В целях обеспечения безопасности при работе центробежного регулятора и возможности наблюдения процессом, стенд с передней и боковой части закрыт органическим стеклом. Стенд состоит (рис.9.1) из электродвигателя 1 постоянного тока типа Д-200, всережимного регулятора РВ, автоматического тахометра 2, усилителя постоянного тока УПТ1 с переменными резисторами R10, R11 и усилителя постоянного тока УПТ2 с набором резисторов, изменяющих нагрузку. Электродвигатель 1 жестко связан с регулятором и между ними установлен диск - шторка 3 с 60 отверстиями, равномерно расположенными по окружности. Регулятор через подвижную муфту 4 и рейку 5 с помощью рычага 6 связан с резистором R11, имитирующим изменение цикловой подачи топлива в дизеле путем изменения общего сопротивления цепи обмотки возбуждения электродвигателя. Переменный резистор R10 в этой же цепи является задающим устройством, т.е. имитирует задание режима работы дизеля по частоте вращения его вала. Изменение нагрузки на валу дизеля (электродвигателя) имитируется набором резисторов R1 - R9 с помощью многопредельного галетного переключателя SA<sub>1</sub>.

Стенд работает в такой последовательности. В переднем панели стенда установлен тумблер, включающий питание. При включении питания "сеть" через понижающий трансформатор ТР1, напряжение поступает в блок питания. Выпрямленное постоянное стабилизированное напряжение подается к усилителю постоянного тока УПТ1 и в электродвигатель. Величина тока регулируется с помощью резистора R10, вследствие чего частота вращения электродвигателя регулируется от минимального до максимального значения. При работе электродвигателя грузы 7 под действием центробежной силы расходятся и передвигают муфту 4 вверх, сжимая пружину 8. Муфта 4 тянет рейку 5, которая через рычаг 6 связан с движком переменного резистора R11. Переменный резистор R11 устанавливает обороты двигателя в определенном значении, соответствующем данной нагрузке и заданному скоростному режиму.

При уменьшении нагрузки (переключателем SA<sub>1</sub>) электродвигателя число оборотов его увеличивается, при этом грузы расходятся на большую величину и передвигают муфту 4

вверх. Муфта, сжав пружину, перемещает рейку, которая через рычаг перемещает ось движка переменного резистора R11 вверх по схеме, уменьшая подачу топлива (в нашем случае подачу тока). С увеличением нагрузки двигателя число оборотов его уменьшается, при этом центробежная сила грузов также уменьшается. В результате этого под действием пружины муфта перемещается вниз. Рейка через рычаг перемещает ось движка переменного резистора в обратную сторону, т.е. в сторону увеличения подачи тока.

Измерение частоты вращения вала двигателя производится автоматическим тахометром, состоящим из делителя частоты Д, блока счетных декад БСД, блока автоматики БА, формирующего устройства Ф, фотоэлектрического датчика 9 - состоящего из преобразователя и диск шторки З.

Делитель частоты предназначен для деления частоты тока сети 50 Гц или частоты внешнего генератора на 50 и выработки метки времени измерения и индикации.

Формирующее устройство предназначено для усиления входных сигналов и преобразования их в импульсы с крутыми фронтами.

Блок счетных декад считает количество поступающих на вход импульсов в течение определенного интервала времени, задаваемого автоматикой. Он состоит из дешифратора и индикатора типа АПС 318.

Блок автоматики служит для автоматического управления процессом измерения: запуска, сброса показаний счетчика, запуска времени индикации.

Работа фотоэлектрического датчика-преобразователя основана на преобразовании промоделированного светового потока в электрические импульсы, частота следования которых пропорциональна скорости вращения вала. Полученные электрические импульсы подаются на формирователь, где усиливается и преобразовывается в прямоугольные импульсы.

Показания счетчика прямо пропорциональна угловой скорости ( $1/c$ ), числу импульсов за один оборот - "с" и времени счета  $t$ .

Если  $c = 60$ ,  $t = 1с$ , показания счетчика равны угловой скорости в 1/мин.

$$A = n c t, \quad 1/\text{мин.}$$

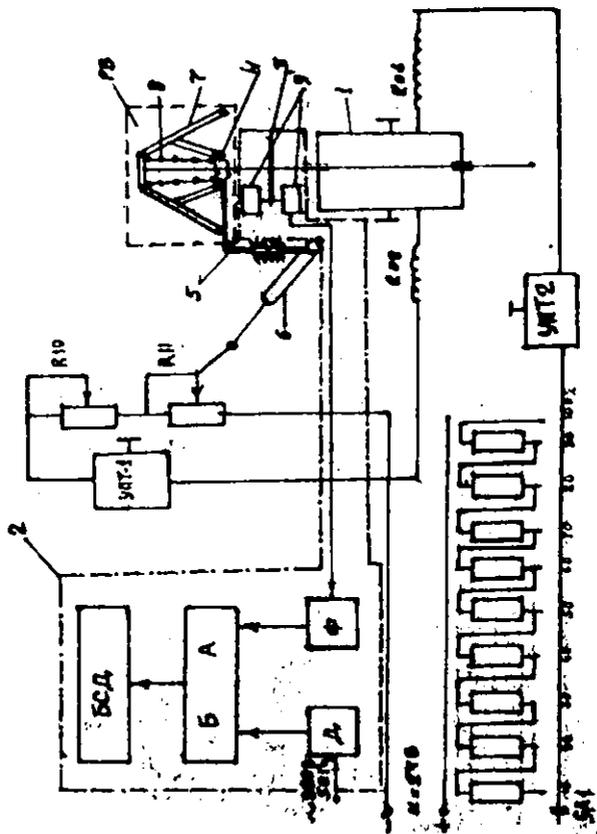


Рис. 9.1. Принципиальная схема лабораторной установки для исследования САР частоты вращения вала двигателя

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить руководство к учебному стенду моделирования работы ДВС с центробежным регулятором.

2. Включить кабель питания стенда, в сеть переменного тока напряжением 220 В 50 Гц. Установить тумблер в положение "сеть". При этом должен загореться цифровой индикатор.

3. Поставить переключатель стенда в положение "ручн.". Задать режим работы двигателю по оборотам при помощи движка резистора R с надписью "оборот".

4. Проверить работоспособность стенда переключая последовательно маховичок нагрузочного резистора с надписью "нагрузка" от положения "0 %" до положения "100%", изменяя тем самым возмущающий тормозной момент от нуля до максимального значения.

5. Поставить переключатель "нагрузка" в положение "0". Не изменяя заданного режима электродвигателя, провести 5...6 измерений оборотов электродвигателя при повышении возмущающих нагрузок на 15-20 %. Результаты измерений занести в табл. 9.1.

6. По данным, полученным при выполнении п.5, построить статические характеристики двигателя и САР частоты вращения вала двигателя (график зависимости оборотов от возмущающего тормозного момента). По ней определить статическую ошибку регулятора  $\Delta n_c$  при 2-3 возмущающих нагрузках.

7. Для заданного режима работы электродвигателя снять динамическую характеристику САР. Для этого установить маховичок нагрузочного резистора (переключателя с надписью "нагрузка") в положение "0%". Затем быстро перевести маховичок нагрузочного резистора в положение "100%" и произвести запись изменения числа оборотов. Измерение оборотов производить через интервал времени, равный 5 с до тех пор, пока САР не придет к установившемуся режиму. Результаты измерений занести в табл. 9.2. По данным, полученным при выполнении настоящего пункта, построить динамическую характеристику САР и по ней определить время разгона и величину пере регулирования.

8. Установить движок резистора с надписью "оборот" на максимальные обороты двигателя при положение маховика

нагрузочного резистора "0 %". Измерить обороты двигателя (пхх).

9. Переместить маховичок нагрузочного в положение "100%". Измерить обороты двигателя при полной нагрузке (пн) , (выждав время для перехода системы в установившийся режим).

10. По данным, полученным при выполнении п.8 и п.9 определить степень неравномерности регулятора  $\delta$ :

$$\delta = \frac{n_{xx} - n_H}{n_{cp}},$$

где  $n_{cp} = \frac{n_{xx} + n_H}{2}$ .

Степень неравномерности регулятора должна находиться в пределах  $B_\delta < 0,06 - 0,1$ .

### ТАБЛИЦЫ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Таблица 9.1

$M_w, \%$	0	15	30	45	50	75	90	100
$\omega, \text{мин}^{-1}$								

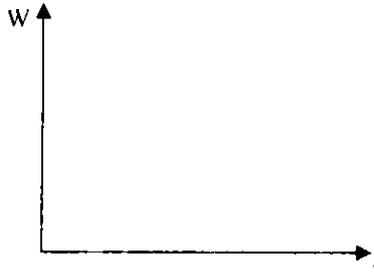
Статическая характеристика



Таблица 9.2

t, с	0	5	10	15	20	
$\omega$ , мин <sup>-1</sup>						

Динамическая  
характеристика



## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЕ

1. Принципиальная схема лабораторного стенда.
2. Таблицы с результатами измерений.
3. Графики статических и динамических характеристик.
4. Вывод.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется статической характеристикой САР ?
2. Что называется динамической характеристикой САР ?
3. Устройство лабораторного стенда.
4. Принцип работы лабораторного стенда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматика и автоматизация производственных процессов. И.И. Мартыненко и др. М.: Агропромиздат, 1985. 335с.
2. Бородин И.Ф., Кирилин И.И. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. М.: Колос, 1977. 328с.
3. Автоматика и автоматизация процессов. Под. ред. И.Ф. Метлюка. Минск.; Высшая школа, 1985. 302с.
4. Бородин И.Ф. Технические средства автоматики. М.: Колос, 1982.
5. Бородин И.Ф., Кирилин И.И. Практикум по основам автоматизации производственных процессов. М.: Колос, 1979.
6. Гельфенбейн С.П., Волчанов В.П. Электроника и автоматика в мобильных сельхозмашинах. М.: Агропромиздат, 1986. 264с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение -----	3
Организация проведения лабораторной работы -----	4
Меры безопасности при выполнении лабораторных работ--	5
Лабораторная работа №1. Изучение релейных элементов САР и снятие их характеристик -----	7
Лабораторная работа №2. Определение погрешности установки электронного и электропневматического реле времени -----	16
Лабораторная работа №3. Определение характеристик измерительных преобразователей перемещения -----	21
Лабораторная работа №4. Определение характеристик фотодатчиков -----	27
Лабораторная работа №5. Изучение средств измерения и контроля влажности дисперсных материалов -----	33
Лабораторная работа №6. Снятие переходной характеристики системы стабилизации уровня жидкости в емкости -----	37
Лабораторная работа №7. Исследование полупроводникового терморегулятора ПТР-3-04-----	41
Лабораторная работа №8. Исследование системы автоматического контроля "Кедр - 1" хлопковой сеялки СХУ-4 -----	46
Лабораторная работа №9. Снятие статических и динамических характеристик САР частоты вращения вала двигателя-----	55
Литература -----	62

Редактор Ахметжанова Г.М.

Подписаю к печати 3.11.2003 г. Формат бумаги 60x84 1/16.  
Объем 4 п.л. Тираж 50. Заказ № 700.  
Отпечатано в типографии ТашГУ г. Гашкент, ул. Галябадар, 54.