

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Казанский государственный аграрный университет»**

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

АВТОМАТИКА

Практикум
для выполнения лабораторных и самостоятельных работ
студентами направления 35.03.06 «Агроинженерия»

(Часть 2)

Казань 2018

УДК 681.5
ББК 32.965

Составители: Иванов Б.Л., Халиуллин Д.Т., Дмитриев А.В., Кашапов И.И.

Рецензенты:

Директор ООО «Дамилк-Агро» Рахмеева Г.Р.

Заведующий кафедрой техносферной безопасности ФГБОУ ВО Казанский ГАУ, к.т.н. доцент Гаязиев И.Н.

Практикум рассмотрен и одобрен:

Решением заседания кафедры машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ (протокол № 7 от 25 декабря 2018 г.)

Решением методической комиссии ИМ и ТС Казанского ГАУ (протокол № 5 от 18 января 2018 г.)

Иванов Б.Л., Халиуллин Д.Т., Дмитриев А.В. Кашапов И.И. Автоматика. Часть 2: практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. – 32 с.

В практикуме изложены материалы для изучения элементов автоматике, где приведены основные теоретические сведения, структурные схемы элементов автоматике, а также схемы соединения лабораторных установок.

Практикум предназначен для изучения дисциплин «Автоматика», «Автоматика объектов животноводства», «Электрозащита автоматических линий», «Технологические измерения и приборы» и «Инженерные коммуникации» направлено на формирование профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО: 35.03.06 – «Агроинженерия», 20.03.01 – «Техносферная безопасность»

УДК 681.5
ББК 32.965

© Казанский государственный аграрный университет 2018 г.

Содержание

1. Аналого-цифровое преобразование (АЦП)	4
2. Переключающий усилитель	10
3. Разомкнутое и замкнутое управление в автоматике... ..	13
4. Управление на основе температурной зависимости... ..	17
5. Свойства сигналов в автоматике	19
6. Сравнение свойств сигналов транзистора и тиристора.....	24
7. Список рекомендуемой литературы.....	24

Техника безопасности

При эксплуатации лабораторного стенда НТЦ-09.11 необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Лабораторный стенд эксплуатировать в помещении без повышенной опасности по степени поражения электрическим током.

При проведении лабораторных работ сборка схем и изменения в исследуемых схемах проводятся при отключенном напряжении питания.

К обслуживанию стенда допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Включение питания изделия и выполнение лабораторных работ производить только после разрешения преподавателя.

Во время проведения лабораторной работы запрещается соприкасаться с вращающимся диском, установленным на валу двигателя и корпусом проволочного резистора при его нагреве.

Подготовка и порядок выполнения работ

Перед началом работы необходимо тщательно изучить и подробно ознакомиться со схемой предстоящей лабораторной работы.

Начертить принципиальную схему в рабочей тетради. После этого вычертить монтажную схему с указанием мест подключения перемычек или составить таблицу соединений, согласно которой будет производиться коммутация элементов аппаратов.

Сборку схемы производить только при отключенной питающей сети.

После окончания сборки схемы проверить правильность соединений в соответствии с графическим материалом, прилагаемым к каждой лабораторной работе. Убедиться в отсутствии коротких замыканий в монтаже схемы. После чего обратиться к преподавателю за разрешением на проведение лабораторной работы.

Провести опыты и полученные результаты записать в тетради, а также в письменном виде дать заключение к каждой работе. Экспериментальная часть работы считается выполненной после просмотра и утверждения отчета преподавателем.

Лабораторная работа №7 АНАЛОГО-ЦИФРОВОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ (АЦП)

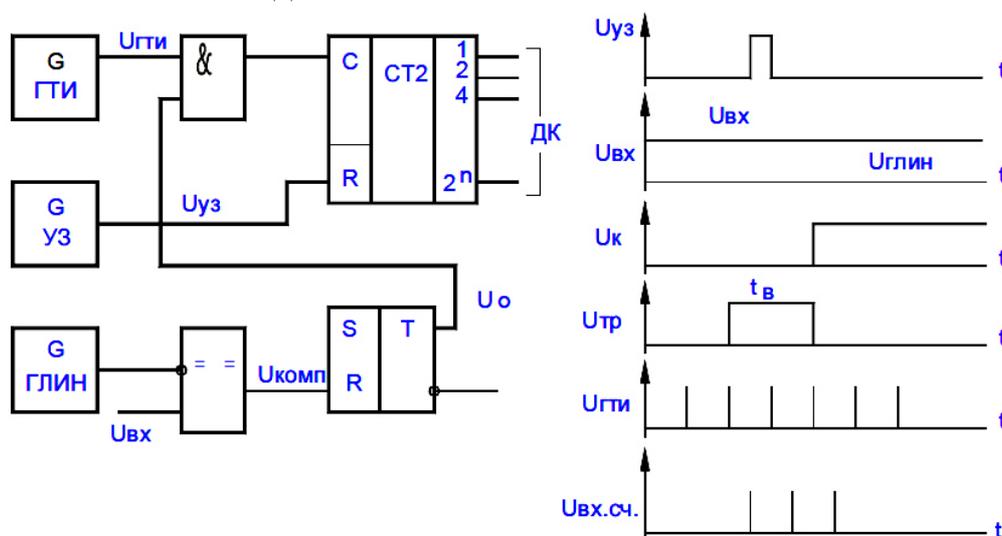
7.1 Цель работы

- Изучить принцип действия аналого-цифрового преобразователя модели К1113ПВ1;
- Изучить принципы построения аналого-цифрового преобразователя;
- Исследовать аналого-цифровой преобразователь на дискретных элементах.

7.2 Основные теоретические сведения

Важным этапом во многих процессах автоматического управления является аналого-цифровое преобразование. Аналого-цифровое преобразование – это генерация аналогового сигнала с уровнем напряжения, соответствующим цифровому значению на входе. Эта процедура используется для передачи от компьютера управляющего сигнала исполнительному механизму или опорного значения для регулятора. Аналого-цифровое преобразование также необходимый шаг в выполнении обратного аналого-цифрового преобразования. Идеальный цифро-аналоговый преобразователь вырабатывает выходной сигнал, линейно зависящий от n-битного цифрового сигнала.

В наиболее распространённых схемах каждый бит входного сигнала управляет некоторой составляющей выходного напряжения, которое генерируется каскадом сопротивлений (рисунок 7.1). Величины резисторов выбираются так, чтобы получать напряжения, равные $1/2, 1/4, \dots, 1/2^n$ опорного значения, которые соответствуют позиции соответствующего бита в слове. Эти значения складываются под управлением входных бит и затем усиливаются. Аналого-цифровой преобразователь можно также использовать и для получения токового выхода.



$G_{ГТИ}$ – генератор тактовых импульсов; $G_{УЗ}$ – узел запуска; $G_{ГЛИН}$ – генератор линейно изменяющегося напряжения; $U_{ГТИ}$ – напряжение генератора тактовых импульсов; $U_{УЗ}$ – напряжение узла запуска; CT_2 – элемент управления; $U_{ВХ}$ – напряжение аналогового входного напряжения.

Рисунок 7.1 – Структурная схема и временная диаграмма RS-триггера

Схема аналого-цифровое преобразования зависит от метода преобразования и способа его реализации. Можно выделить следующие методы построения аналого-цифровое преобразования:

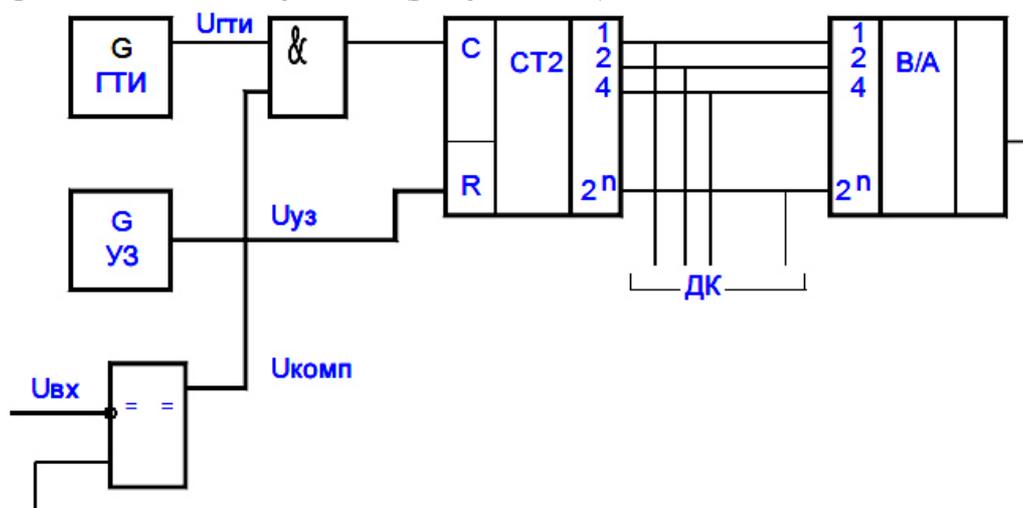
- временного преобразования;
- последовательного счета;
- последовательного приближения;
- параллельного преобразования.

В схеме временного преобразования значению аналогового входного напряжения $U_{вх}$ ставится в соответствие временной интервал, длительность которого пропорциональна $U_{вх}$.

Этот интервал заполняется импульсами стабильной частоты, количество которых и является цифровым эквивалентом преобразуемого напряжения. Работа схемы заключается в следующем. Выходной импульс узла запуска УЗ обнуляет счетчик, устанавливает RS-триггер в «1» состояние и запускает генератор линейно изменяющегося напряжения $U_{ГЛИН}$. При наличии логической единицы на прямом выходе триггера выходные импульсы генератора тактовых импульсов (ГТИ) через схему совпадения «И» поступают на вход счетчика.

Когда напряжение на выходе ГЛИН станет равным $U_{вх}$, на выходе компаратора появляется логическая «1», которая переключает триггер в «0» состояние и прерывает связь счётчика с ГТИ. Длительность положительного импульса t_e на выходе триггера (рисунок 7.1) пропорциональна $U_{вх}$, следовательно, при неизменной частоте ГТИ код, установившийся на выходе счётчика, является цифровым эквивалентом величины $U_{вх}$.

В аналого-цифровых преобразователях последовательного счёта к выходу счётчика подключается цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), преобразующий код в аналоговый сигнал. Этот сигнал сравнивается с входным напряжением на компараторе, выходной, сигнал которого через элемент «И» разрешает или запрещает прохождение на вход счётчика импульсов от генератора тактовых импульсов (рисунок 7.2).



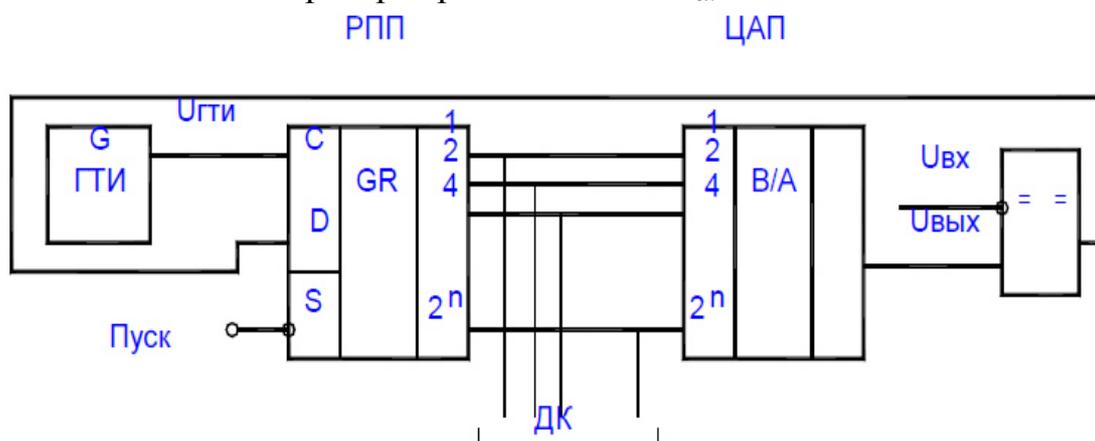
ГТИ – генератор тактовых импульсов; ГУЗ – узел запуска; $U_{уз}$ – напряжение узла запуска; СТ₂ – элемент управления; $U_{вх}$ – напряжение аналогового входного напряжения.

Рисунок 7.2 – Схема аналого-цифрового преобразования последовательного счёта

Выходной код счётчика при этом является цифровым эквивалентом напряжения на входе ЦАП, т. е. $U_{вх}$.

Более быстродействующими являются аналого-цифровые преобразователи последовательного приближения, в которых формируемый выходной код последовательно приближается к своему полному выражению: вначале определяется цифра в старшем n -ом разряде, а затем в $(n-1)$ и т. д., завершая младшим (первым) разрядом. На рисунке 7.3. представлена упрощенная схема аналого-цифровое преобразования последовательного приближения.

После поступления импульса «ПУСК» на регистр последовательного приближения (РПП) на выходе его старшего n -го разряда появляется напряжение логической «1», а на остальных выходах – «0». На выходе цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) формируется напряжение $0,5 \cdot U_{вых} = U_{вх.макс}$ которое на входах компаратора сравнивается с $U_{вх}$.



$Г_{ТИ}$ – генератор тактовых импульсов; GR – регистр; $U_{уз}$ – напряжение узла запуска; $U_{вх}$ – напряжение аналогового входного напряжения.

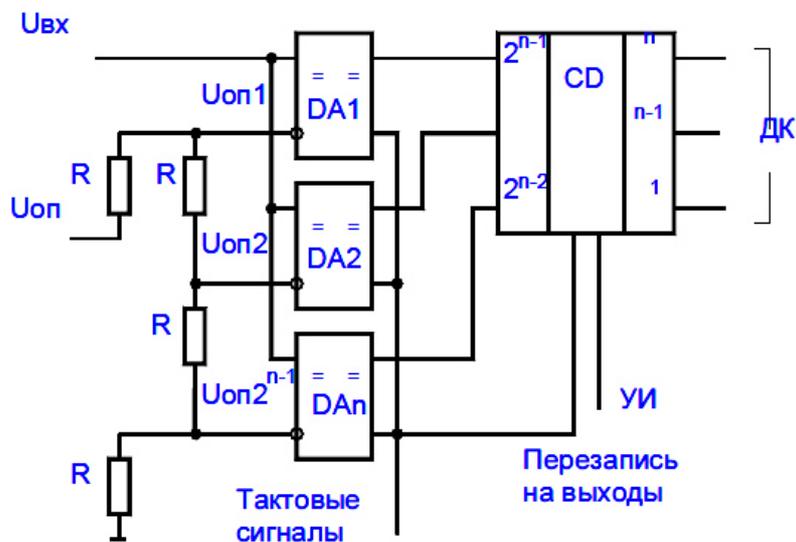
Рисунок 7.3 – Упрощённая схема аналого-цифрового преобразования последовательного приближения

Если, $U_{вх} < U_{вых}$ то под действием импульса ГТИ появляется единица на выходе ($n=1$) разряда и сохраняется единица в старшем разряде. Если $U_{вх} > U_{вых}$ то при появлении единицы в разряде $(n-1)$ на регистр последовательного приближения (РПП) содержание предыдущего старшего разряда обнуляется. Так перебираются все разряды до самого младшего.

После выполнения последнего n -го сравнения цикл формирования выходного кода заканчивается. Состояние регистра последовательного приближения (РПП) соответствует цифровому эквиваленту входного напряжения. Если, например, $0,5 \cdot U_{вых} = U_{вх.макс}$ то комбинация выходного кода равна 11...1 (все единицы). В рассмотренном аналого-цифровом преобразователе время преобразования t постоянно и определяется числом разрядов n и тактовой частотой $f_{ГТИ}$.

Самым быстродействующим является аналого-цифровой преобразователь параллельного действия (рисунок 7.4). Его основные элементы – $2n-1$ компараторов напряжения. На один из входов каждого компаратора (инвертирующий вход) задаётся индивидуальное опорное напряжение $U_{он}$,

сформированное резистивным делителем напряжения. Разность между опорными напряжениями двух ближайших компараторов $U = \frac{U_{оп}}{2}$.



$U_{вх}$ – напряжение аналогового входного напряжения; $U_{оп}$ – опорное напряжение; R – сопротивления; DA – интегральная аналоговая микросхема; CD – шифратор; $УИ$ – импульс управляющий.

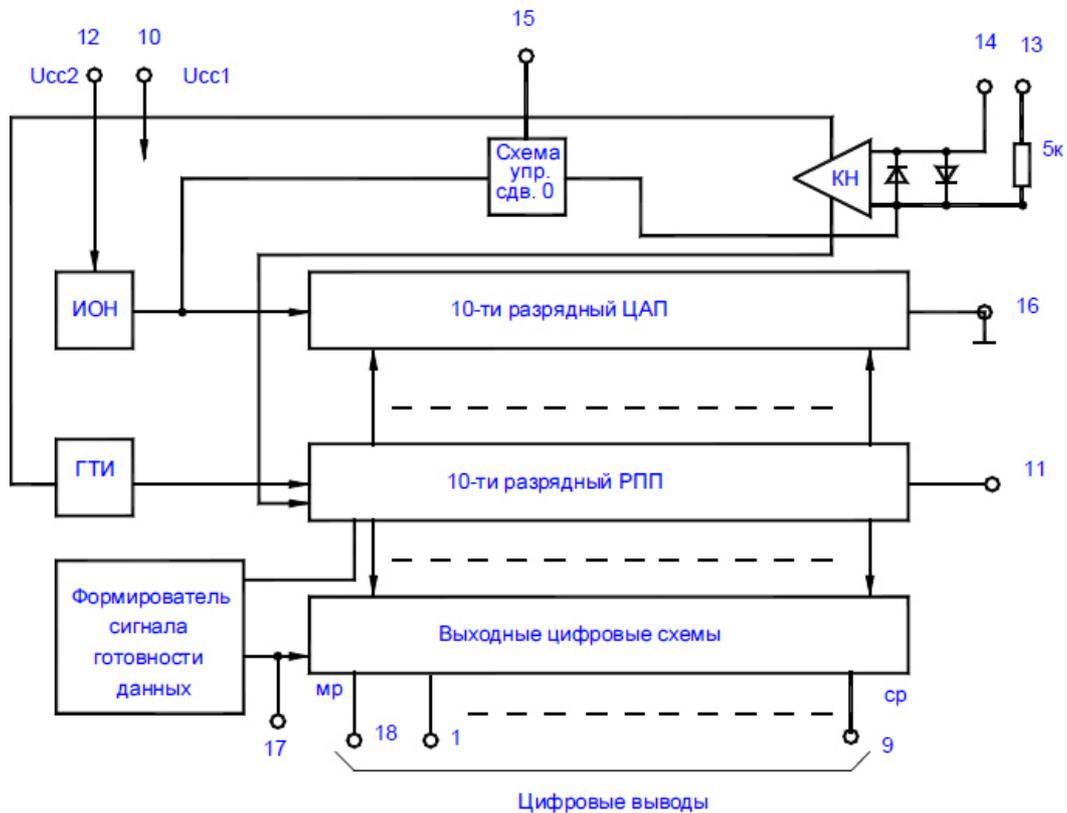
Рисунок 7.4 – Схема аналого-цифрового преобразования параллельного действия

Другие входы компараторов (не инвертирующие) – объединены, и на них подаётся входной сигнал. На тех компараторах, где $U_{вх}$ больше, чем соответствующее напряжение с делителя, на выходе будет логическая единица, а на остальных – логический ноль. Тактовым импульсом информация с выходов компараторов передаётся шифратору CD , который преобразует выходные сигналы компараторов в двоичный код. При поступлении управляющего импульса $УИ$ на вход шифратора сформированный двоичный код передаётся на выход преобразователя.

Исследуемый в лабораторной работе аналого-цифровой преобразователь типа $K1113ПВ1$ предназначен для применения в электронной аппаратуре в составе блоков аналогового ввода.

Микросхема выполняет функцию 10-ти разрядного аналого-цифрового преобразователя однополярного или биполярного входного сигнала с представлением результатов преобразования в параллельном двоичном коде. Она содержит все функциональные узлы АЦП последовательного приближения, включая компаратор напряжения (КН), цифро-аналоговый преобразователь, регистр последовательного приближения, источник опорного напряжения ИОН, генератор тактовых импульсов ГТИ, выходной буферный регистр с тремя состояниями, схемы управления (рисунки 7.5 и 7.6).

Для её эксплуатации необходимо только два источника питания и регулировочные резисторы. Выходные каскады с тремя состояниями позволяют считывать результат преобразования непосредственно на шину данных микропроцессора и наоборот.



1...9 – цифровые выходы СР (старшие разряды); 10 – напряжение источника питания U_{cc1} ; 11 – гашение преобразования; 12 – напряжение источника питания U_{cc2} ; 13 – аналоговый выход; 14 – общий (аналоговая земля); 15 – управление сдвигом нуля; 16 – общий (цифровая земля); 17 – готовность данных; 18 – цифровой вход МР (младший разряд).

Рисунок 7.5 – Схема аналого-цифрового преобразования типа К1113ПВ1

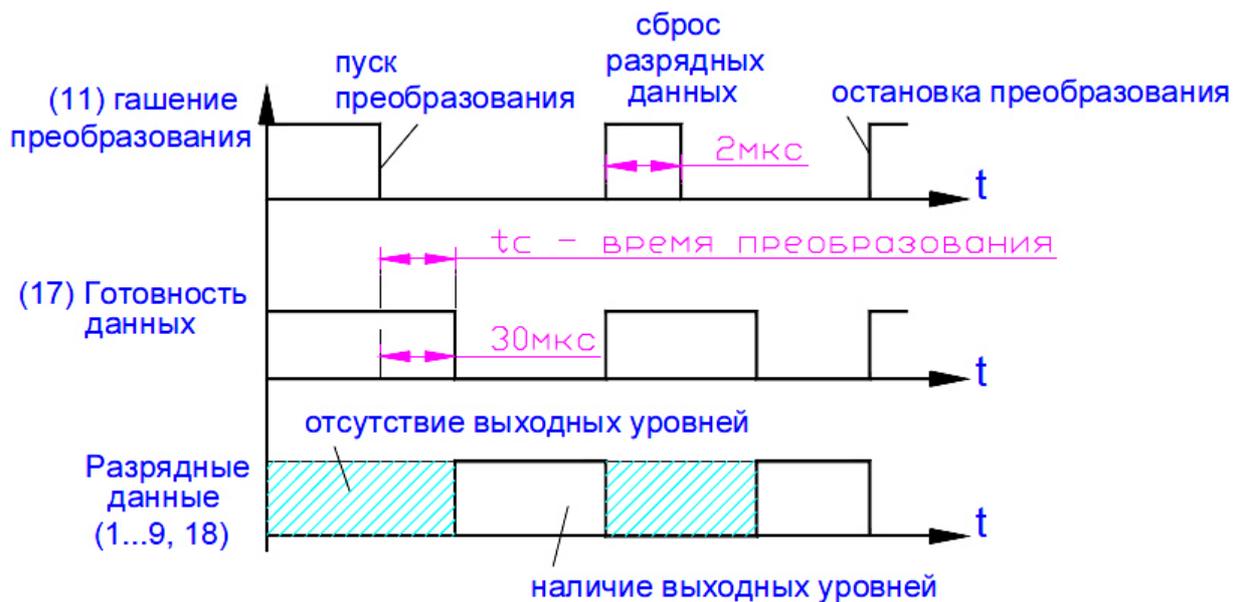
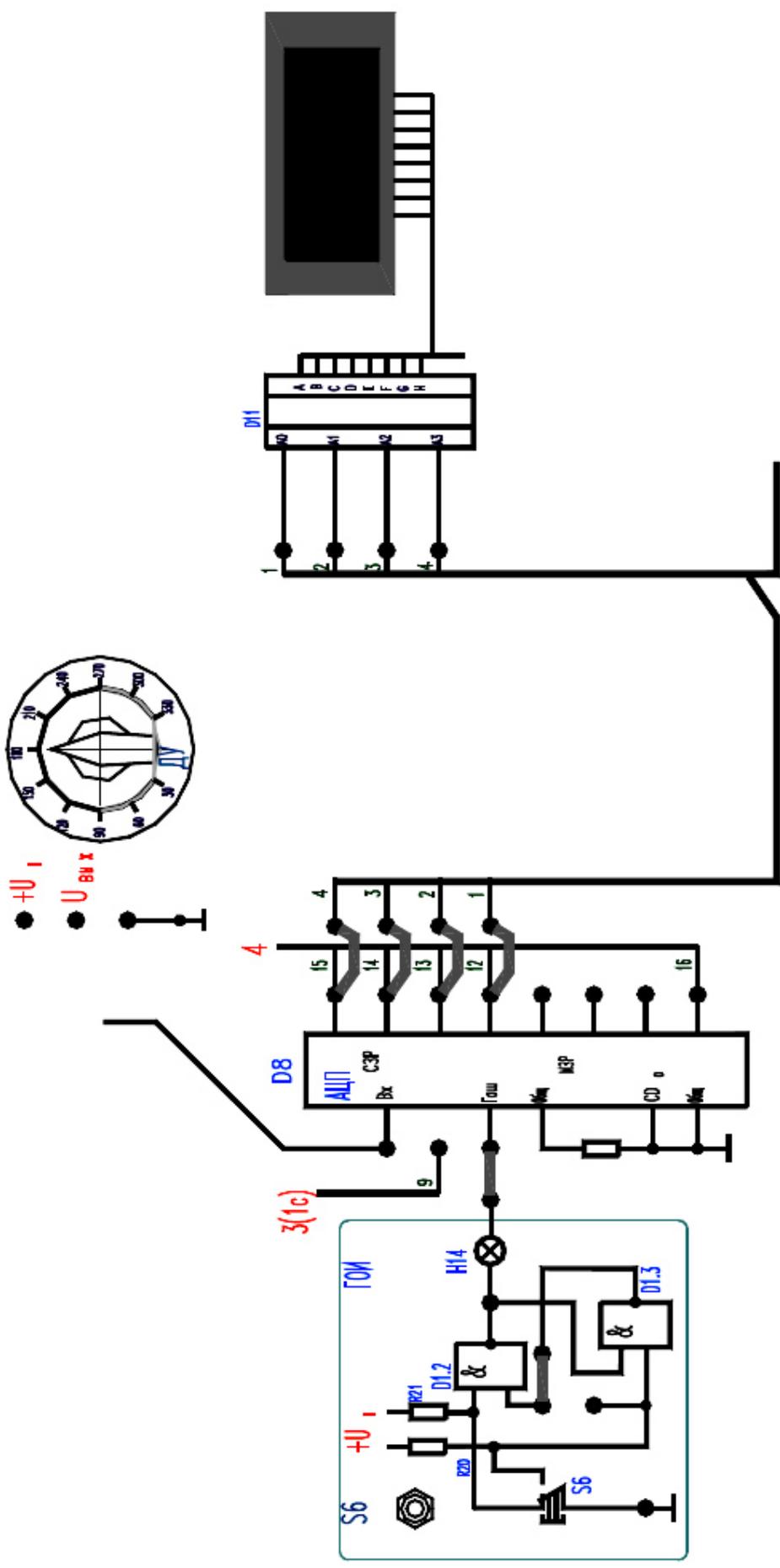


Рисунок 7.6 – Временная диаграмма аналого-цифрового преобразования типа К1113ПВ1

7.3 Проведение опытов

Изучить принцип действия АЦП К1113ПВ1.

Собрать схему (рисунок 7.7) Питание +12В к ДУ подсоединить с помощью длинных проводов.



S6 – переключатель; D9, D10 – входы микросхемы; D – дешифраторы; H14 – сигнальная лампа

Рисунок 7.7 – Схема соединения переключателей лабораторной установки

Установить ДУ таким образом, чтобы его выходной потенциал был равен нулю.

С помощью генератора одиночных импульсов (ГОИ) подать управляющий импульс на АЦП и проверить работоспособность схемы. Тумблер S9 включить. Прodelать тоже для нескольких ненулевых значений ДУ.

Вместо генератора одиночных импульсов (ГОИ) на управляющий вход подать импульсы «1с». Для этого нужно установить соответствующую перемычку и включить тумблер S9, S10. Плавно вращая ДУ и используя вольтметр для измерения входного сигнала и индикатор для фиксирования выходного кода составить таблицу соответствия: входной сигнал - выходной код. Записать показания семисегментного индикатора при кодах соответствующих числам от 10 до 16. Нарисовать диаграмму работы АЦП для одного из выходных сигналов.

Включить в разрыв между D8 и D11 регистр D13 с фильтром G1. На вход одновибратора подать импульсы готовности данных (вывод 16) с АЦП D8.

Нарисовать временные диаграммы работы.

7.4 Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Что такое аналого-цифровое преобразование?
2. Методы построения аналого-цифрового преобразования?
3. Из каких элементов состоит схема аналого-цифрового преобразования?
4. Что такое компаратор напряжения и для чего его используют?

Лабораторная работа №8 ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ

8.1 Цель работы

Исследовать схему включения электродвигателя выходным сигналом фотодатчика при помощи переключающего усилителя.

8.2 Основные теоретические сведения

Мощность сигналов датчиков в большинстве систем автоматического управления и контроля оказывается недостаточной для приведения в действие исполнительного устройства. В связи с этим, возникает необходимость усиления сигналов по мощности. Так как в процессе усиления происходит преобразование сигнала, элементы, выполняющие указанную функцию, называют усилительно-преобразовательными. В системах эти элементы располагаются между датчиками и исполнительными устройствами. По виду вспомогательного источника энергии усилители подразделяют на электрические, гидравлические и пневматические. Последние два вида усилительно-преобразовательных элементов зачастую совмещаются с исполнительными устройствами и называются серводвигателями.

Усилительно-преобразовательные элементы, как и датчики сигналов, делятся на два класса:

- параметрические, основой которых служит нелинейный элемент, позволяющий управлять процессами в цепях питания и нагрузки с помощью входного сигнала малой мощности;

- генераторные, в которых преобразование энергии питания в энергию выходного сигнала происходит под воздействием маломощного входного сигнала.

В усилительно-преобразовательных элементах любого класса происходит не увеличение энергии, а управление потоком энергии вспомогательного источника большой мощности при помощи сигналов малой мощности, являющихся выходными сигналами датчиков.

Поэтому к усилительному элементу предъявляется основное требование – обеспечить на выходе наиболее точное воспроизведение всех изменений входного сигнала с соответствующим его усилением.

В значительной мере выполнение этого требования определяется следующими основными характеристиками усилительно-преобразовательных элементов:

- статической характеристикой;
- динамическими свойствами (инерционностью);
- степенью нелинейных искажений;
- коэффициентом усиления по мощности;
- входным и выходным сопротивлениями;
- мощностью сигнала на выходе;
- уровнем шумов усилителя;
- коэффициентом полезного действия.

Электродвигатель, как элемент системы автоматического регулирования, может включаться с помощью выходного сигнала фотоэлектрического датчика. Для этого механический переключатель заменяют электронным, управляемым с помощью выходного потенциала фотоэлектрического датчика.

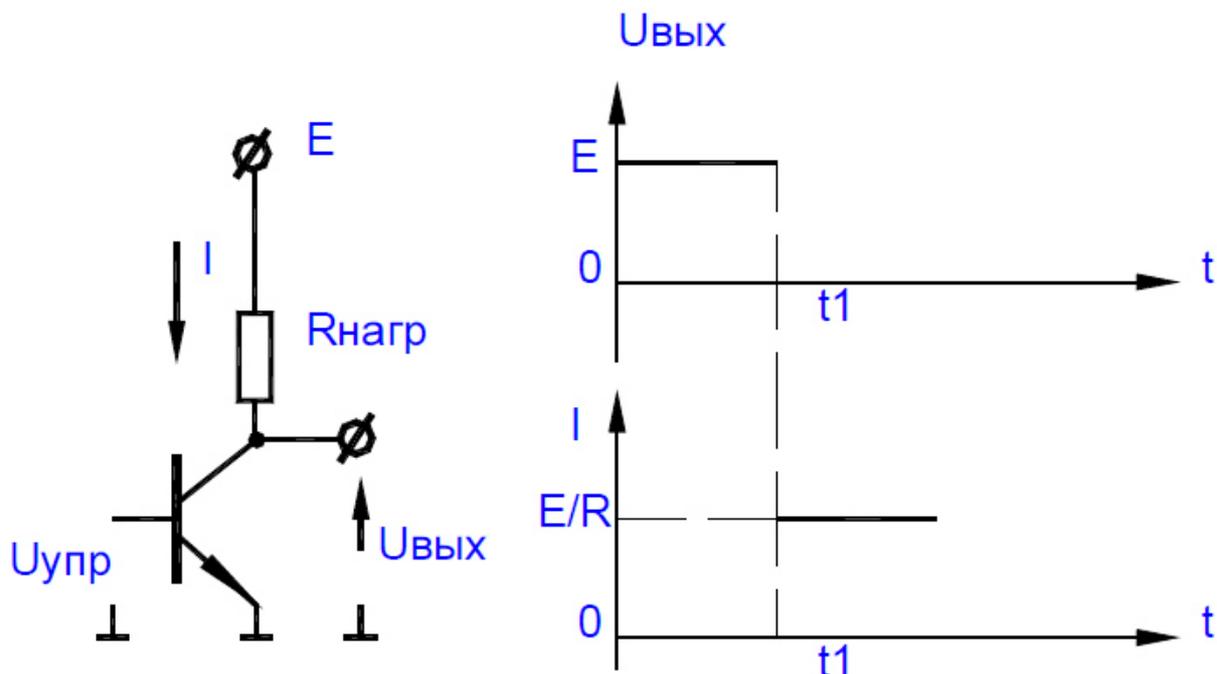
Электронные ключи относят к классу нелинейных элементов, вольтамперные характеристики, которых имеют вид нелинейных функций, а процессы описываются нелинейными уравнениями различного вида. Нелинейным элементом электронного ключа является транзистор. В электронных ключах транзисторы работают в ключевом режиме.

Упрощенная принципиальная схема электронного ключа показана на рисунке 8.1.

Электронный ключ выполняет операции включения и выключения различных электрических цепей при подаче управляющего сигнала. Поэтому режим работы ключа характеризуется одним из двух состояний: «включено», «выключено».

Рассмотрим работу схемы рисунок 8.1. Это схема, которая с помощью небольшого управляющего тока может создавать в другой схеме ток значительно большей величины, называется транзисторным переключателем.

При нулевом входном сигнале транзистор закрыт – ток через нагрузку равен нулю. Когда входной сигнал больше 0,6В для кремниевых транзисторов – транзистор открыт и практически все напряжение питания приложено к нагрузке.



$U_{упр}$ – напряжение управления; $U_{вых}$ – выходное напряжение; $R_{нагр}$ – сопротивление нагрузки

Рисунок 8.1 – Упрощённая принципиальная схема электронного ключа и его временная диаграмма

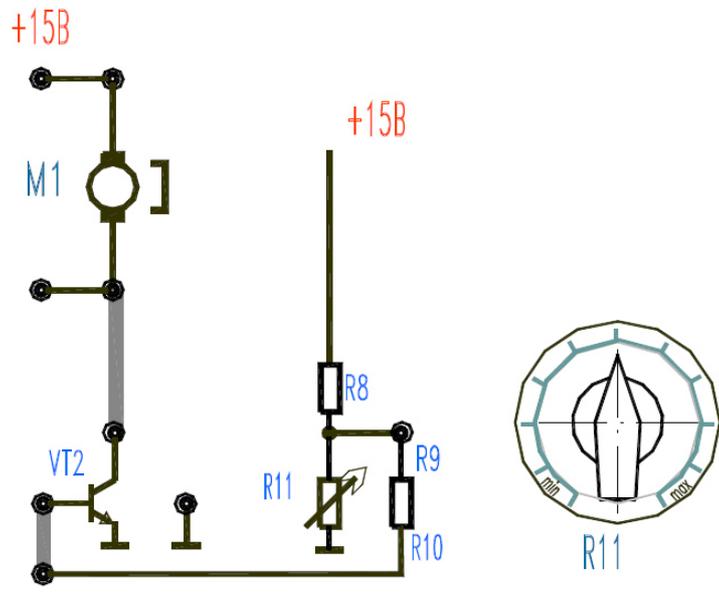
Транзистор для ключа выбирают по предельным характеристикам: $U_{кэмах}$ и $I_{кмах} > I_{нмах}$. Иногда к этим параметрам добавляют частоту.

Транзисторные переключатели позволяют производить переключение очень быстро, время переключения измеряется обычно долями микросекунд. Еще одно достоинство транзисторных переключателей состоит в том, что они дают возможность производить дистанционные «холодные» переключения, при которых на переключатели поступают только управляющие сигналы постоянного тока. (Если «гонять» сами переключаемые мощные сигналы, то при передаче их по кабелям могут возникать емкостные выбросы, а сигналы могут сильно ослабляться.

8.3 Проведение опытов

Собрать схему (рисунок 8.2.), определить диапазон входных напряжений, при которых транзистор открыт, и напряжение при котором транзистор входит в режим насыщения.

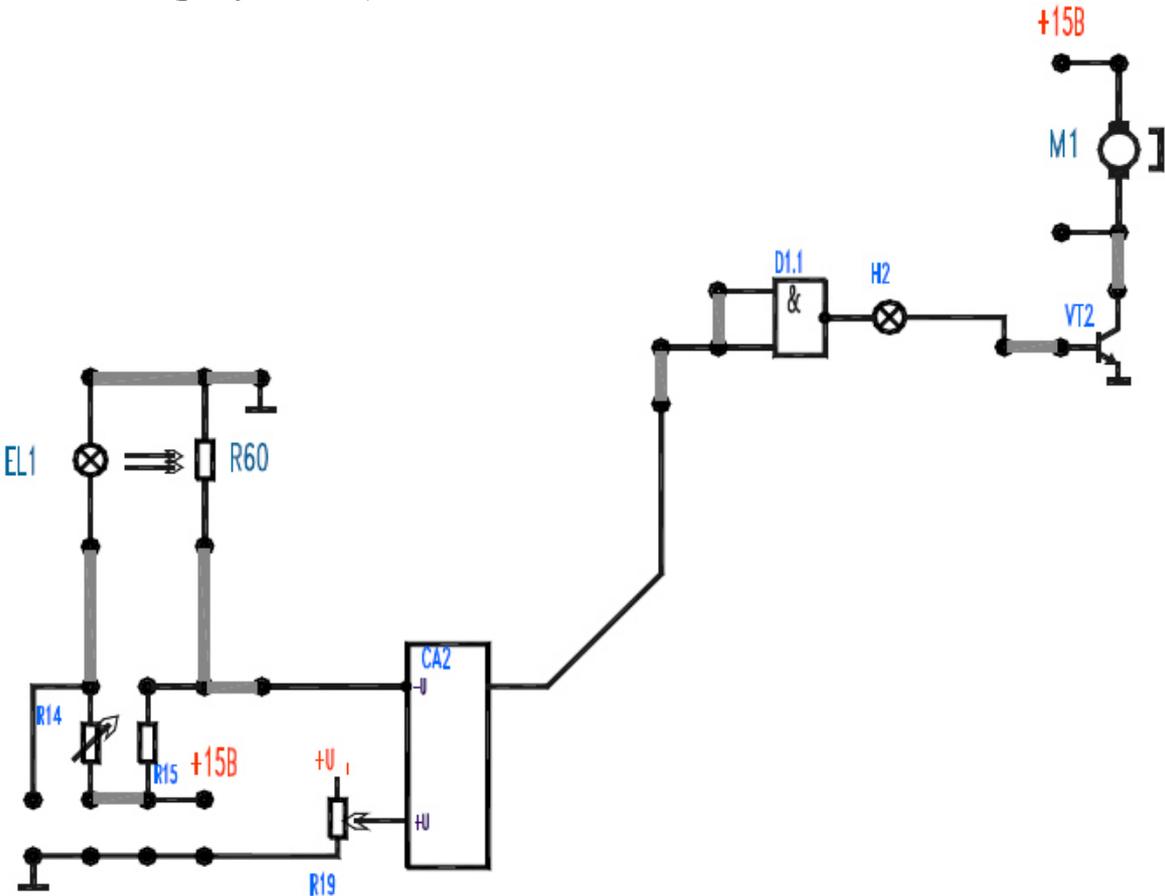
Измерить выходные напряжения D1.1. при логическом «0» и при логической «1» и оценить, возможно, ли использовать данный логический элемент для управления транзисторным ключом.



M1 – электродвигатель; R8, R9, R10 – сопротивления; R11 – регулируемое сопротивление; VT – ключ.

Рисунок 8.2 – Схема 1 для выполнения эксперимента

Разработать схему включения двигателя постоянного тока, используя оптопару EL1, R60, компаратор CA2, логический элемент D1.1, ключ VT2 и двигатель M1 (рисунок 8.3).



M1 – электродвигатель; R15, R19, R60 – сопротивления; R14 – регулируемое сопротивление; VT – ключ. H2 – сигнальная лампа; EL1– оптопара; CA2 – компаратор, D1.1 – логический элемент.

Рисунок 8.3 – Схема 2 для выполнения эксперимента

8.4 Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Преимущества переключающих усилителей.
2. Основные характеристики усилительно-преобразовательных элементов.
3. Описать экспериментальные электрические схемы.
4. Основные функции переключающих усилителей.
5. Что такое оптопара, и для каких целей она используется в электрической схеме?

Лабораторная работа №9

РАЗОМКНУТОЕ И ЗАМКНУТОЕ УПРАВЛЕНИЕ В АВТОМАТИКЕ

9.1 Цель работы

Изучить принцип действия систем автоматического управления (САУ) разомкнутого и замкнутого типа.

9.2 Основные теоретические сведения

Автоматическое управление представляет совокупность воздействий, направленных на осуществление функционирования объекта управления в соответствии с имеющейся программой, и осуществляется с помощью автоматических управляющих устройств.

Последние выполняют функции управления без вмешательства человека. Совокупность автоматического управляющего устройства и управляемого объекта, взаимодействующих между собой, образует САУ.

Основными видами автоматического управления являются:

- автоматическое управление с разомкнутой цепью воздействий;
- автоматическое регулирование;
- автоматическая настройка.

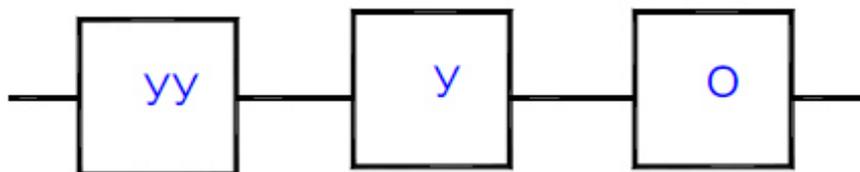
Два последних вида управления характеризуются наличием **замкнутых цепей** воздействий. Системы, соответствующие этим видам управления, называются замкнутыми в отличие от систем, соответствующих первому виду управления, называемых **разомкнутыми**.

Замкнутые системы управления (они ещё называются системы управления с обратной связью) состоят из объектов, которые могут попеременно принимать или передавать информацию. Если назвать передающий объект передатчиком, а принимающий – приёмником, то один и тот же объект в замкнутой системе может быть то одним, то другим.

Однако в замкнутых системах всё же вводится терминология постоянных управляющего и управляемого объектов. Управляемый объект хотя и может управлять управляющим, но инициативой первичной передачи владеет управляющий объект, и управляемый объект не может влиять на другой без управляющего.

В связи с этим для управляемого объекта в замкнутых системах выделяется *канал обратной связи*. Основное назначение этого канала – информировать управляющий объект о своём состоянии, в т.ч. о факте исполнения или неисполнения принятых команд, а также о причинах неисполнения.

Автоматическое управление с разомкнутой цепью воздействий характеризуется функциями управления, которые не ставятся в зависимость от действительного хода производственного процесса и выполняются по разомкнутому циклу с целью получения определенного конечного результата (рисунок 9.1). **Разомкнутые системы управления** характеризуются тем, что, кроме канала связи, их составляют только передающие и только принимающие информацию объекты



УУ – управляющее устройство; У – усилитель; О – объект управления

Рисунок 9.1 – Схема работы разомкнутой системы автоматического управления

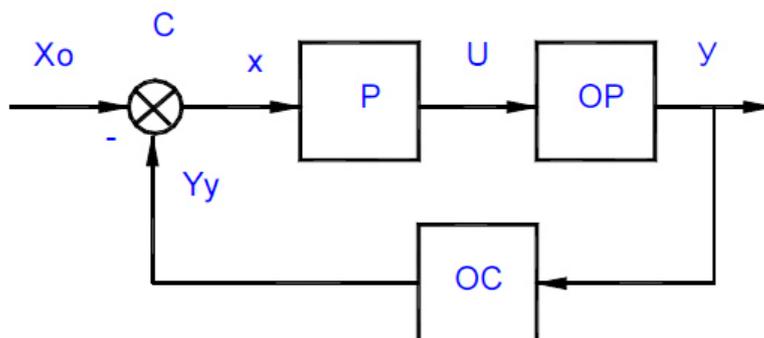
Жесткое задание через управляющее устройство (УУ) и усилитель (У) воздействует на объект управления (О), на выходе которого устанавливается величина, соответствующая этому заданию. Из-за отсутствия автоматического корректирования действительного хода процесса, при отклонении его от заданного, точность выполнения заданного режима работы электропривода и механизма, при данном виде управления, относительно мала. Системы автоматического управления с разомкнутой цепью воздействий применяются для обеспечения последовательности работы различных элементов автоматических устройств, для управления пуском и торможением двигателей. Примером данного вида управления может служить пуск двигателя с целью достижения им заданной скорости вращения наперед.

Для автоматического поддержания заданного режима работы двигателя при возмущающих воздействиях на него применяются системы автоматического регулирования (САР).

САР характеризуется тем, что значение требуемых показателей какого-либо процесса поддерживается за счет подачи на управляющее устройство сигналов, определяемых действительным ходом этого процесса. Такая подача сигналов осуществляется при помощи средств обратной связи (ОС). Главным назначением ОС является передача информации о действительном показателе хода процесса для формирования управляющего воздействия, направленного на поддержание заданного режима объекта регулирования (ОР). Под ОР понимается устройство, в котором поддерживается значение требуемых показателей какого-либо процесса посредством регулятора (Р). Совокупность ОР и Р представляет САР (рисунок 9.2).

Рассматриваемая система характеризуется наличием замкнутой цепи воздействий, которая и обеспечивает автоматическое поддержание регулируемой величины на заданном уровне. Регулятор (Р) в зависимости от величины и знака управляющего воздействия X автоматически определяет значение регулирующего воздействия U . При $g_u < X_o$ это воздействие

способствует увеличению регулируемой величины, а при $gy > X_0$ – ее уменьшению.



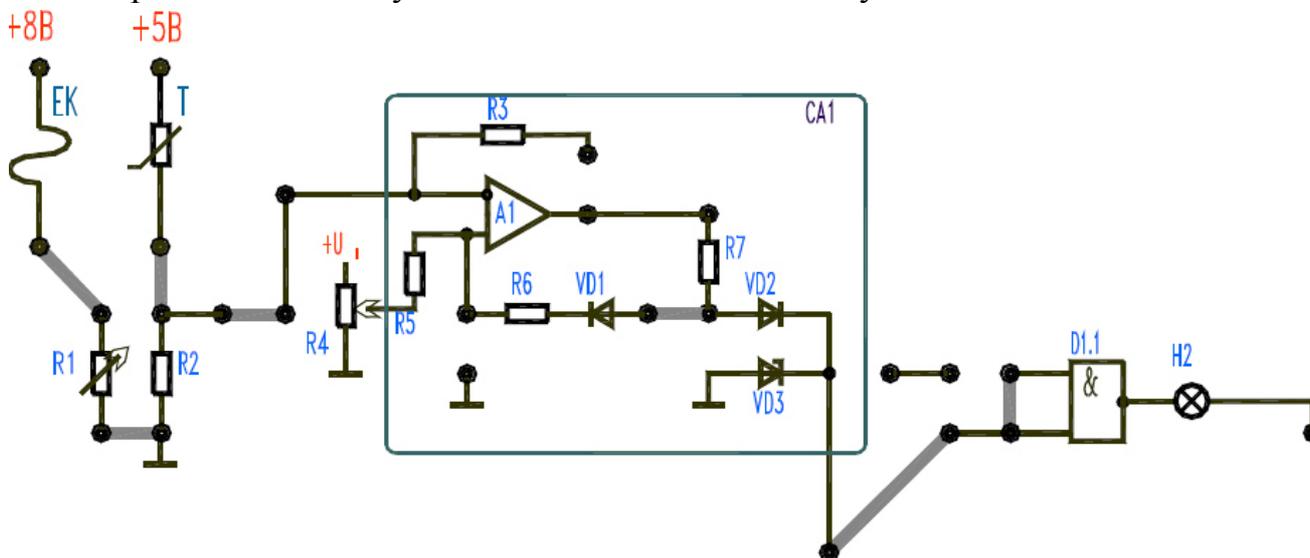
P – регулятор; OP – объект регулирования; OC – средство обратной связи
Рисунок 9.2 – Схема работы системы автоматического регулирования

9.3 Проведение опытов

Собрать схему (рисунок 9.3), в которой аналоговый сигнал датчика температуры преобразуется в сигнал, который при допустимых значениях температуры имеет значение «0», а при превышении температуры значение «1».

Дополнить схему (рисунок 9.3) таким образом, чтобы нагрев автоматически отключался или уменьшался при достижении верхней предельной температуры. Обратную связь осуществить с помощью транзистора VT1, либо с помощью реле K2 (рисунок 9.4).

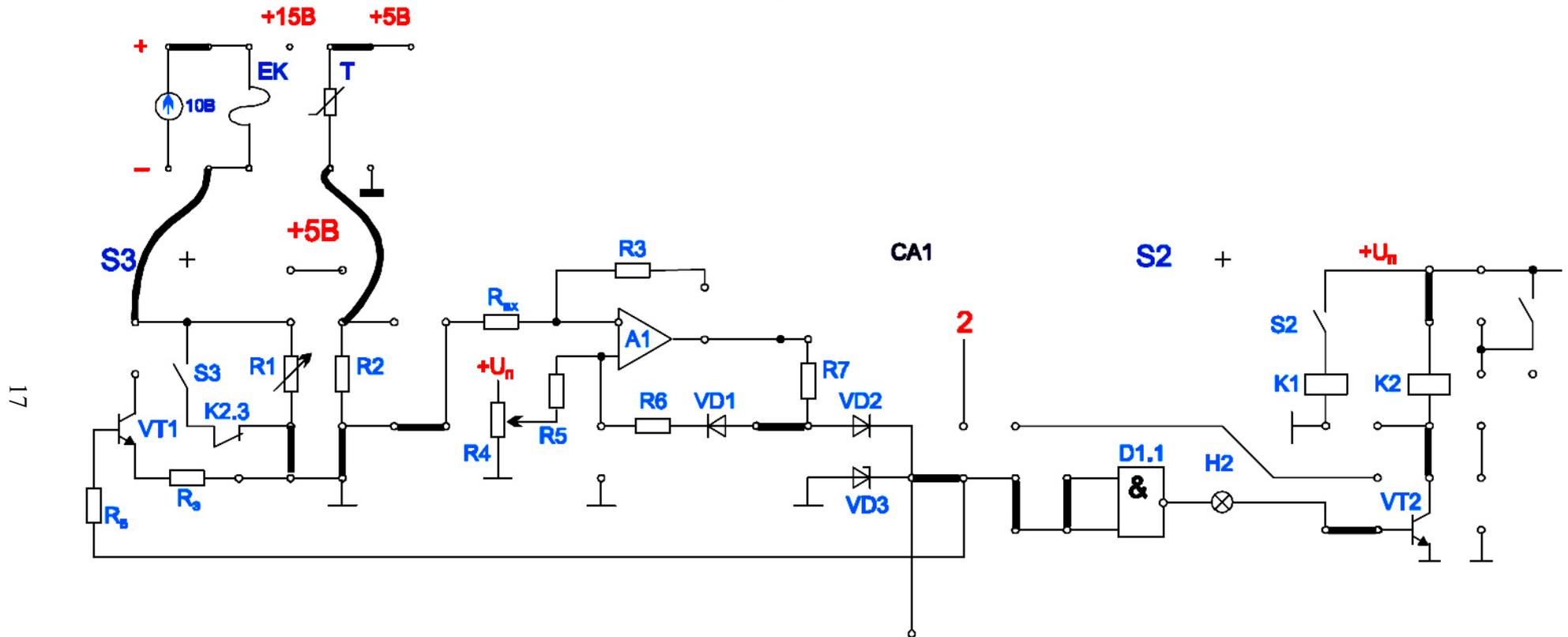
Представить схему потока сигналов в обоих случаях.



R – сопротивления; EK – нагревательный элемент; T – датчик температуры; VD – фотодиоды; CA1, CA2 – компараторы; D1.1 – логические элементы; H2 – сигнальная лампа; VT – транзистор.

Рисунок 9.3 – Схема работы замкнутой системы автоматического управления

Для ускорения протекающих процессов в схеме рекомендуется нагревательный элемент EK включать минуя резистор R1.



R – сопротивления; EK – нагревательный элемент; T – датчик температуры; VD – фотодиоды; CA1, CA2 – компараторы; D1.1 – логические элементы; H2 – сигнальная лампа; VT – транзистор; K2 – реле.

Рисунок 9.4 – Схема работы разомкнутой системы автоматического управления

9.4 Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Принцип работы замкнутой системы автоматического управления.
2. Принцип работы разомкнутой системы автоматического управления.
3. Для каких целей используется канал обратной связи?
4. Что такое объект управления?
5. Что такое автоматическое управление?

Лабораторная работа №10

УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ

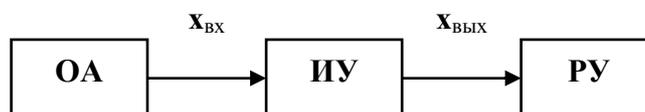
10.1 Цель работы

Изучить принцип действия системы автоматического управления двигателем постоянного тока на основе температурной зависимости и составить структурную схему системы автоматического регулирования двигателем.

10.2 Основные теоретические сведения

Системы автоматического контроля (САК) используются для контроля и измерения различными технологическими параметрами на объектах автоматизации и для измерения и регистрации этих параметров, и поэтому их называют **измерительными системами**.

Измерительные системы включают: объект автоматизации (ОА) или объект контроля (ОК), измерительное устройство (ИУ) и регистрирующее устройство (РУ) для фиксации или записи измеренного параметра при его дальнейшем изменении в определенном промежутке времени (рисунок 10.1).



ОА – объект автоматизации; ИУ – измерительное устройство; РУ – регистрирующее устройство; $x_{вх}$ – входная величина сигнала датчика; $x_{вых}$ – выходная величина сигнала датчика

Рисунок 10.1 – Структурная схема системы автоматического контроля

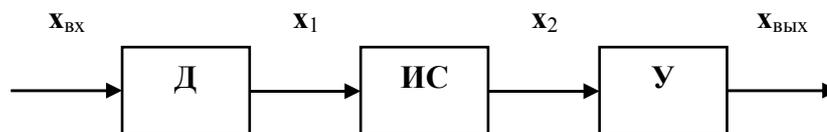
Автоматические измерительные системы, в зависимости от вида измерительного устройства, делятся на две группы:

1. **Небалансные** (некомпенсационные, неуравновешенные) системы;
2. **Балансные** (компенсационные, уравновешенные) системы.

Небалансные системы – это системы прямого измерения. Они просты по своей структуре и конструкции, но имеют существенный недостаток, т.к. обладают погрешностью измерения, возникающей под действием различных внешних условий, таких как, изменение окружающей температуры, нестабильность величины напряжения источника питания, а также погрешностью, обусловленной изменением внутренних параметров входящих в систему элементов.

Структурно–измерительные устройства автоматических систем состоят из датчика (Д), преобразующего неэлектрическую величину в электрический

сигнал, измерительной схемы (ИС) и, как правило, усилителя (У) (рисунок 10.2). Измерительные устройства представляют собой последовательное соединение нескольких элементов, где при изменении выходного параметра одного элемента автоматики напрямую оказывает влияние на изменение результирующей выходной величины.



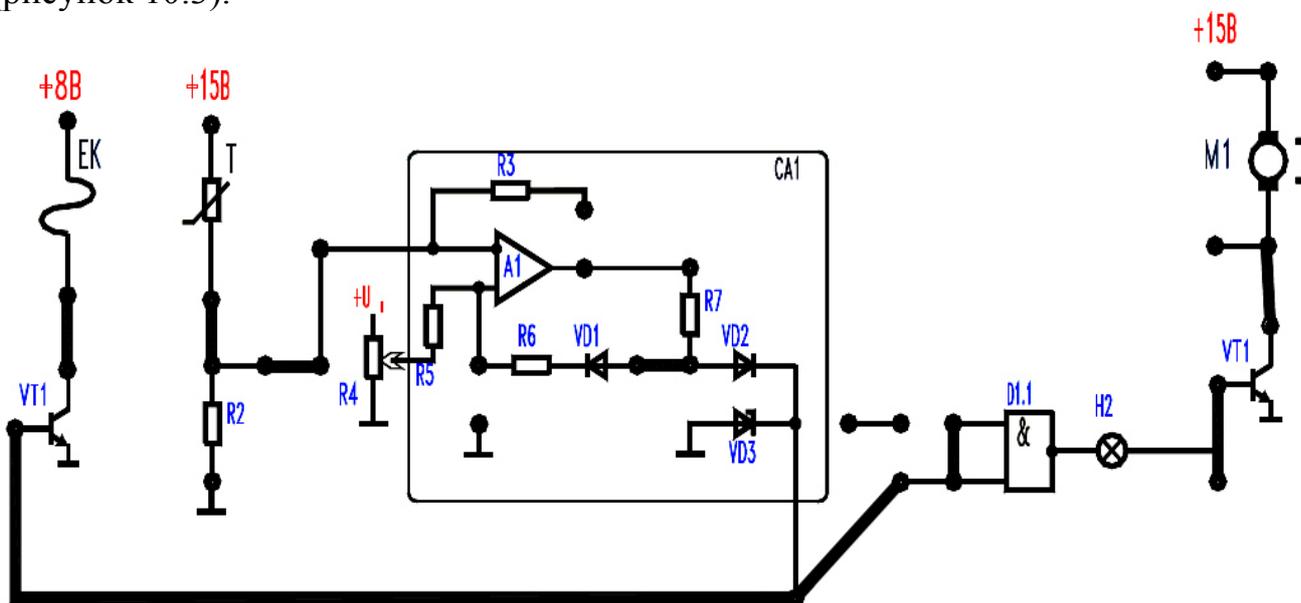
Д – датчик; ИС – измерительная схема; У – усилитель; $x_{вх}$ – входная величина датчика; $x_{вых}$ – выходная величина сигнала датчика; x_1 – выходная величина сигнала от датчика; x_2 – выходная величина сигнала от измерительной схемы

Рисунок 10.2 – Структурная схема измерительного устройства (системы прямого измерения)

Балансные системы – основаны на автоматическом уравнивании (балансировании) выходной величины датчика, поступающей на измерительную схему, с помощью равной ей величины такого же рода, пропорциональной изменению выходной величины датчика x_1 .

10.3 Проведение опытов

Собрать схему, где при превышении предельной температуры выключается нагревательный элемент и включается электродвигатель (рисунок 10.3).



R – сопротивления; EK – нагревательный элемент; T – датчик температуры; VD – фотодиоды; D1.1 – логические элементы; H2 – сигнальная лампа; VT – транзистор; R_t – датчик температуры; A1 – операционный усилитель (компаратор); R4 – датчик температуры; H2 – лампа накаливания; M1 – двигатель постоянного тока.

Рисунок 10.3 – Лабораторная схема системы автоматического управления

Изучить структурную схему САУ и описать все элементы автоматики, их функциональное назначение и объекты управления.

Определить параметры при каких условиях электродвигатель находится во включенном состоянии.

Дать обоснование необходимости температурно-зависимого включения станков, приборов и установок, где используются электродвигатели. Смоделировать конкретный процесс в ходе выполнения опыта.

10.4 Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Для каких целей используются системы автоматического контроля.
2. Что называют измерительными системами?
3. На какие группы делятся автоматические измерительные системы?
4. Что такое небалансные системы?
5. Что такое балансные системы?

Лабораторная работа №11 СВОЙСТВА СИГНАЛОВ В АВТОМАТИКЕ

11.1 Цель работы.

Определить свойства сигналов в различных принципиальных схемах автоматики.

Изучить принципы использования сигналов в схемах автоматики.

11.2 Основные теоретические сведения

В системах автоматического управления в качестве *сигналов* обычно используются электрические и механические величины (например, постоянный ток, напряжение, давление сжатого газа или жидкости, усилие и т.п.), так как они позволяют легко осуществлять преобразование, сравнение, передачу на расстояние и хранение информации. В одних случаях сигналы возникают непосредственно вследствие протекающих при управлении процессов (изменения тока, напряжения, температуры, давления, наличия механических перемещений и т.д.), в других случаях они вырабатываются чувствительными элементами или датчиками.

Соответственно операциям, производимым с сигналами информации в автоматических устройствах, можно выделить функциональные ячейки – элементы. **Элемент** – простейшая в функциональном отношении ячейка (устройство, схема), предназначенная для выполнения одной из следующих основных операций с сигналом:

- преобразование контролируемой величины в сигнал, функционально связанный с информацией об этой величине (чувствительные элементы, датчики);

- преобразование сигнала одного рода энергии в сигнал другого рода энергии: электрической в неэлектрическую, неэлектрической в электрическую, неэлектрической в неэлектрическую (электромеханические, термоэлектрические, электропневматические, фотоэлектрические и другие преобразователи);

- преобразование сигнала по значению энергии (усилители);

- преобразование сигнала по виду, т. е. непрерывного в дискретный или обратно (аналогоцифровые, цифроаналоговые и другие преобразователи);

- преобразование сигнала по форме, т.е. сигнала постоянного тока в сигнал переменного тока и наоборот (модуляторы, демодуляторы);
- функциональное преобразование сигналов (счетно-решающие элементы, функциональные элементы);
- сравнение сигналов и создание командного управляющего сигнала (элементы сравнения, нуль-органы);
- выполнение логических операций с сигналами (логические элементы);
- распределение сигналов по различным цепям (распределители, коммутаторы);
- хранение сигналов (элементы памяти, накопители);
- использование сигналов для воздействия на управляемый процесс (исполнительные элементы).

Таким образом, под элементом следует понимать самую простую часть системы, где выполняется одна функциональная операция с сигналом.

Несмотря на простоту понятия элемента и происходящих в нем процессов, до сих пор во многих случаях существуют трудности не только в формировании понятия элемента, но и в терминологии.

Часто элементы отождествляются с устройствами, в состав которых входят несколько элементов. Например, некоторые датчики, называемые элементами, в действительности являются совокупностью элементов, объединенных единой схемой соединения, обеспечивающих воспроизведение контролируемой величины и преобразование ее в другую величину, более удобную для передачи по линиям связи.

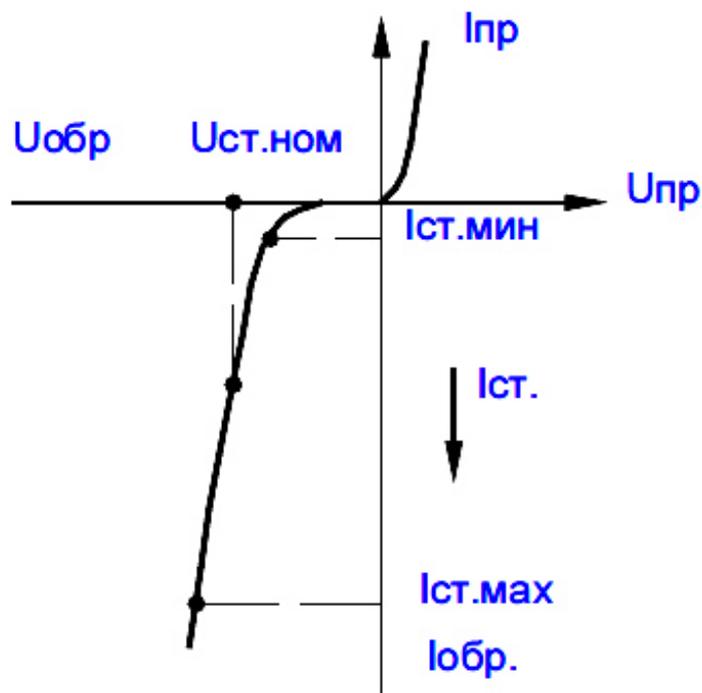
При выполнении лабораторной работы необходимо изучить определенные свойства сигналов автоматики в принципиальных схем параметрического стабилизатора и RC – цепи. Полупроводниковые стабилитроны используются в качестве источников опорного напряжения, а RC-цепи – как фильтры или как задающие временные диапазоны в электронных реле времени.

Устройства стабилитронов представляют собой как кремниевые полупроводниковые диоды, работающие при электрическом пробое p-n перехода. При этом напряжение на диоде слабо зависит от протекающего тока. Электрический пробой не вызывает разрушения p-n перехода и при отводе тепла может существовать длительное время.

Вольтамперная характеристика стабилитрона приведена на рисунке 11.1.

Рабочий участок характеристики заключен между минимальным $I_{ст.мин.}$ и максимальным $I_{ст.мах.}$ значениями тока стабилитрона. Качество работы стабилитрона оценивается наклоном характеристики или дифференциальным сопротивлением:

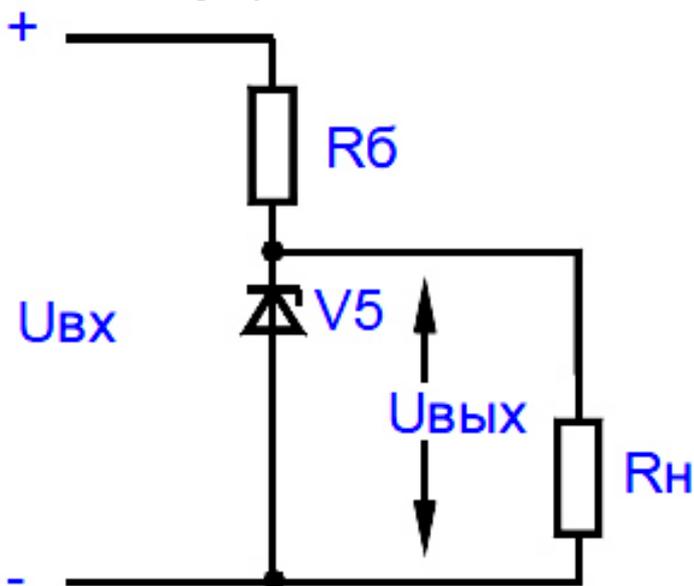
$$R_{ст} = dU_{ст}/dI_{ст} \quad (11.1)$$



Iст.мин. – минимальное значение тока стабилитрона; Iст.мах – максимальное значение тока стабилитрона; Uст.ном. – номинальное напряжение стабилитрона;

Рисунок 11.1 – Вольтамперная характеристика стабилитрона

Чем меньше $R_{от.}$, тем стабильнее напряжение на приборе. Схема включения стабилитрона дана на рисунке 11.2.



$U_{вх}$ – входное напряжение; $U_{вых}$ – выходное напряжение; $R_{н}$ – сопротивление

Рисунок 11.2 – Схема включения стабилитрона

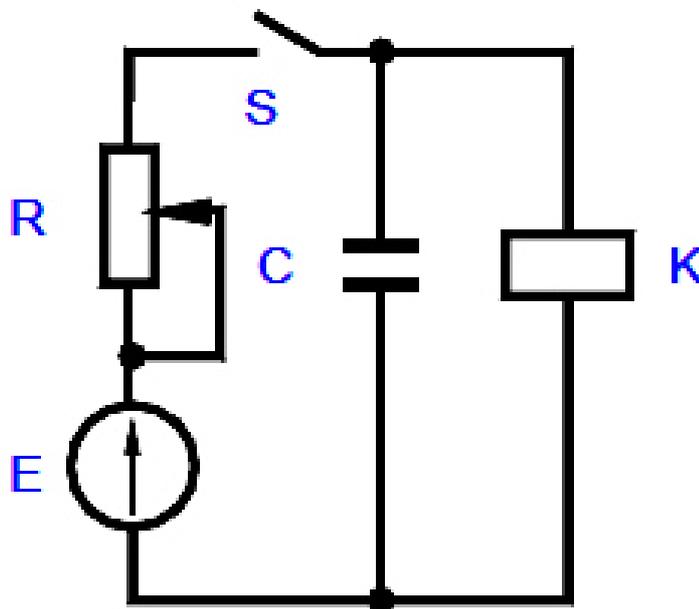
При использовании конденсатора в электронных реле времени напряжение на конденсаторе и ток через конденсатор изменяются по следующим законам:

$$U_o(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}); \quad (11.2)$$

$$I(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{T}}; \quad (11.3)$$

где E - напряжение источника питания;
 $T = RC$ - постоянная времени цепи.

Напряжение на конденсаторе постоянно нарастает от 0 до E , ток сначала увеличивается скачком от нулевого значения до E/R , а затем уменьшается по экспоненциальному закону и стремится к нулю. Скорость увеличения напряжения на конденсаторе определяется постоянной времени $T = RC$, это и используется в реле времени. Если параллельно конденсатору C подключить реле напряжения (K , на рисунке 11.3) или транзисторный ключ, у которых напряжение срабатывания $U_{ср} \cdot E$, то, изменяя постоянную времени $T = RC$ при помощи переменного резистора R , можно регулировать время срабатывания $t_{ср}$.



R – резистор; K – реле напряжения; C – конденсатор; E – электродвижущая сила
 Рисунок 11.3 – Схема реле напряжения

11.3 Проведение опытов

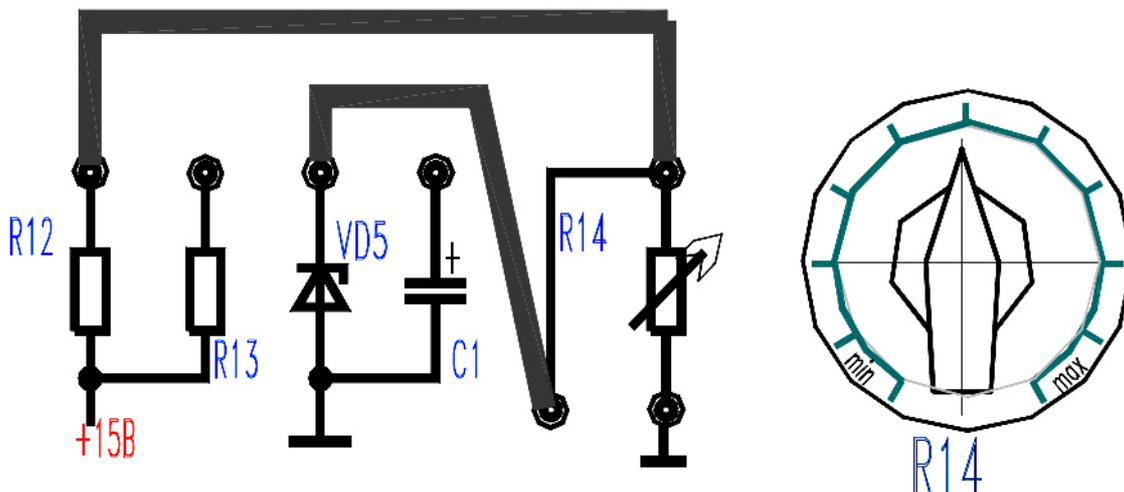
Собрать лабораторную схему и пояснить назначение и принцип действия (рисунок 11.4).

Изменив сопротивление резистором $R14$ определить диапазон рабочих токов нагрузки.

Заменив сопротивление $R12$ на $R13$ определить диапазон рабочих токов нагрузки и пояснить, что происходит с данной схемой, проверить ее работоспособность.

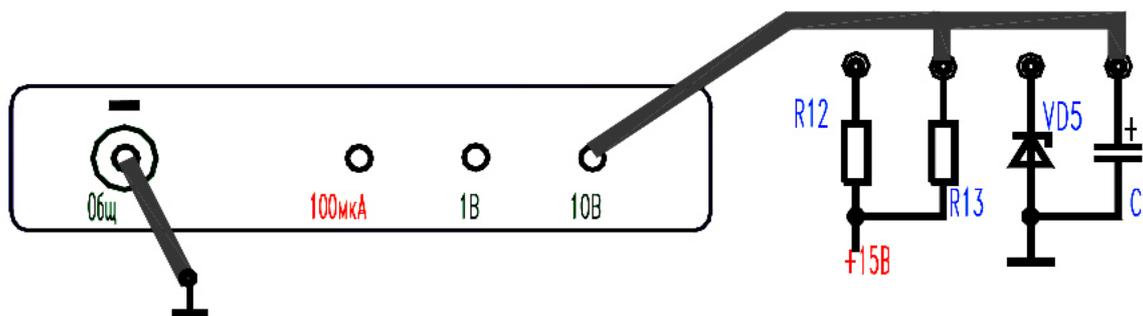
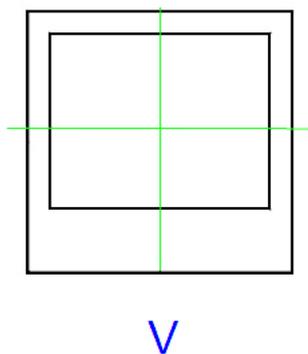
При выключенном стенде собрать схему (рисунок 11.5) и схему секундомера (перемычками соединить выходы счетчика с входами дешифратора $D11$, $D12$, включить секундомер тумблером $S11$, пуск секундомера тумблером $S10$). Включить стенд и определить зависимость выходного сигнала схемы от времени.

Предложить схему реле времени на основе RC- цепи. Реализовать предлагаемую схему на стенде (использовать термистор, транзистор и реле). На основе разработанной схемы предложить свою методику снятия зависимости $U = f(t)$ для RC-цепи.



R – сопротивления; VD – фотодиоды; C1 – конденсатор; R14 – регулируемое сопротивление

Рисунок 11.4 – Схема соединения перемычек лабораторного стенда



R12 – сопротивления; VD5 – фотодиоды; C1 – конденсатор;

Рисунок 11.5 – Схема лабораторного стенда с соединением секундомера

11.4 Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Виды сигналов в автоматике.
2. Что называют элементом в автоматике?
3. Какие операции могут выполняться элементом автоматике?
4. Что представляет собой стабилитрон?
5. Пояснить вольтамперную характеристику стабилитрона?

Лабораторная работа №12 СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ СИГНАЛОВ ТРАНЗИСТОРА И ТИРИСТОРА

12.1 Цель работы

Изучить принцип действия транзисторов и тиристоров

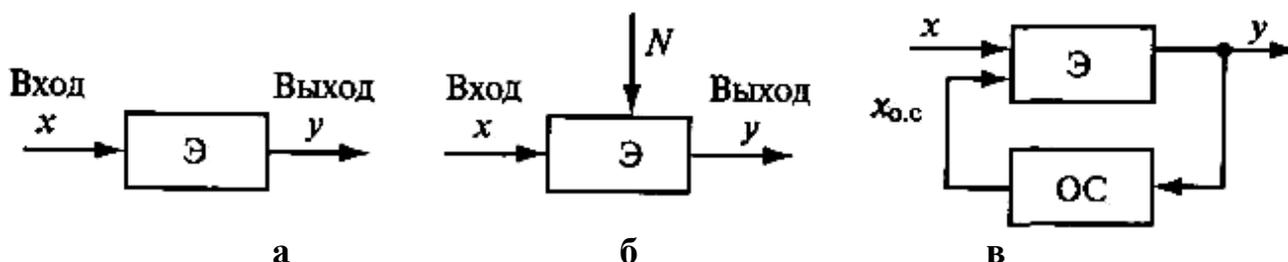
12.2 Основные теоретические сведения

Выходные сигналы датчиков и других элементов во многих случаях оказываются слабыми и недостаточными для приведения в действие последующих элементов систем автоматического управления, например реле, не говоря уже о таких исполнительных устройствах, как электродвигатели и тяговые электромагниты. Поэтому возникает необходимость усиления сигналов управления, измерения и контроля с помощью усилителей.

Усилителем называется устройство, предназначенное для увеличения мощности сигнала за счет энергии дополнительного источника питания; при этом выходная (усиленная) величина является функцией входного сигнала x и имеет одинаковую с ним физическую природу. Усилители относятся к активным элементам автоматики (рисунок 12.1).

В зависимости от вида энергии, получаемой от дополнительного источника питания, различают электрические, пневматические, гидравлические, механические и другие усилители.

Наиболее широкое применение находят электрические усилители, так как они обладают высокой чувствительностью, допускают сравнительно простую регулировку коэффициента усиления, хорошо сочетаются с электрическими исполнительными устройствами (двигателями, электромагнитами и т.п.).



а – пассивные элементы (Э); б – активные элементы Э (усилитель); в – элемент с обратной связью (ОС)

Рисунок 12.1 – Функциональные схемы элементов САУ

По принципу действия электрические усилители делятся на две группы. Первую весьма большую группу составляют усилители, в основу которых положен усилительный элемент (электронная лампа, транзистор, управляемая индуктивность, управляемая емкость). В таких усилителях маломощный входной сигнал управляет передачей гораздо большей энергии от источника питания в полезную нагрузку, присоединенную к выходу усилителя. В соответствии с типом управляющего (усилительного) элемента различают ламповые, транзисторные, магнитные, диэлектрические усилители. Ламповые и транзисторные усилители часто объединяют названием электронные усилители,

так как принцип их действия основан на электронных процессах в вакууме и полупроводнике.

Электронные усилители можно разделить по следующим признакам:

- виду активного элемента – ламповые, транзисторные, на туннельных диодах, параметрических диодах;
- диапазону частот – электрометрические, постоянного тока, низкой частоты, радио- и промежуточных частот, СВЧ;
- ширине полосы частот – узкополосные, широкополосные;
- виду сигнала – гармонические, импульсные;
- электрическому параметру – напряжение, ток, мощность;
- типу нагрузки – резисторные, резонансные.

На рисунке 12.2 показаны диапазоны частот различных типов усилителей.

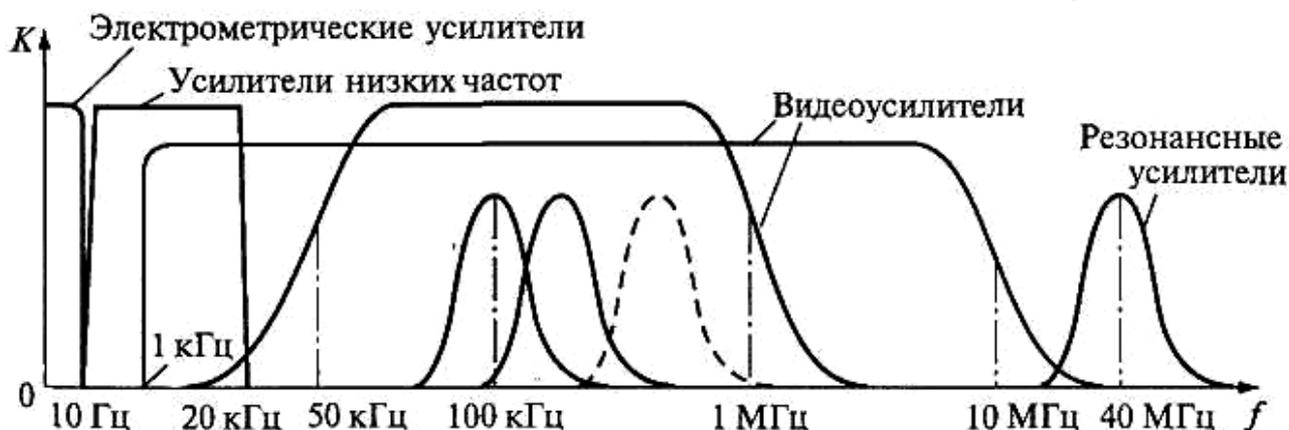


Рисунок 12.2 – Диапазоны частот различных типов усилителей

Вторую группу составляют усилители, в которых происходит преобразование энергии питания, отличной от вида энергии выходного и управляющего сигналов. Наиболее типичным для этой группы является электромашинный усилитель, в котором механическая энергия привода преобразуется в электрическую энергию.

По характеру усиливаемых электрических сигналов различают усилители непрерывных сигналов различных величин и форм и импульсные усилители, предназначенные для усиления импульсных периодических и непериодических сигналов.

По частоте усиливаемых сигналов различают усилители переменного тока, усиливающие сигналы в полосе частот от нижней рабочей частоты $f_n > 0$ до верхней рабочей частоты f_v , но не усиливающие их постоянную составляющую; усилители постоянного тока, усиливающие в полосе частот от нуля ($f_n = 0$) до f_v как переменные составляющие сигнала, так и его постоянную составляющую.

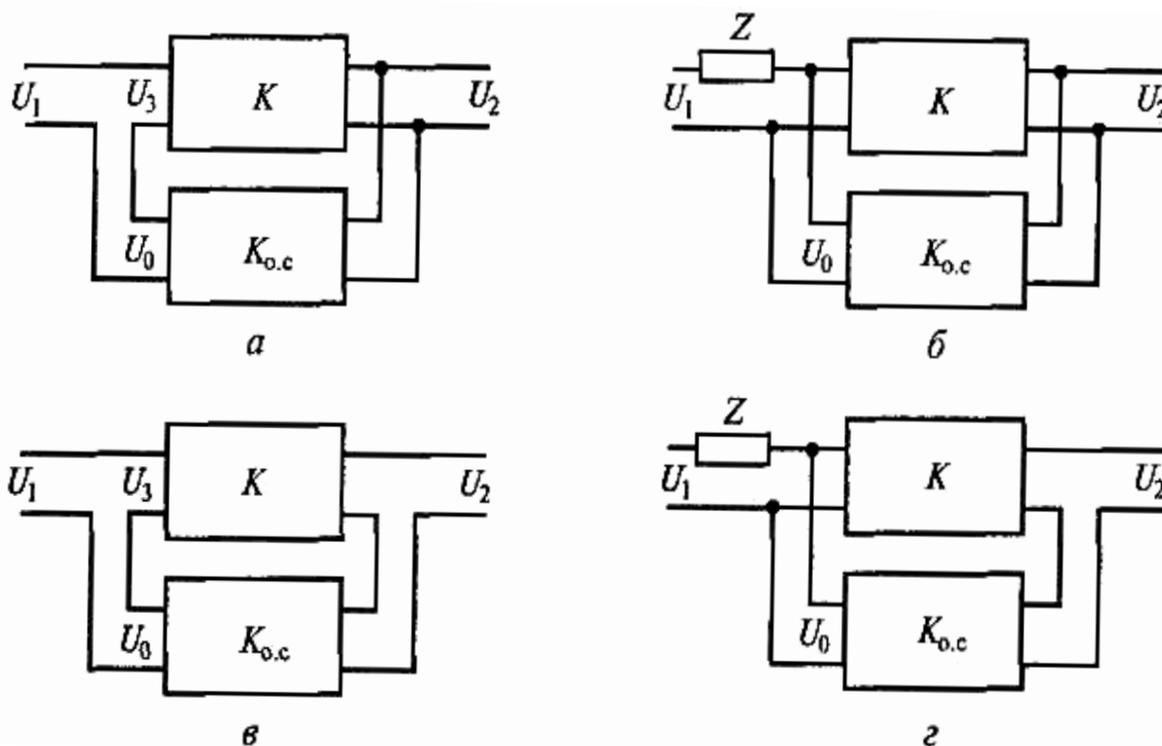
Управляющий (усилительный) элемент вместе с резисторами, конденсаторами и другими деталями схемы принято называть **усилительным каскадом**. При недостаточном усилении сигнала одним каскадом используется соединение нескольких каскадов, выполняющих роль предварительного усиления и обеспечивающих работу мощного выходного каскада. Исходя из

этого, различают однокаскадные и многокаскадные усилители. Каскады нумеруются в возрастающем порядке от входа к выходу усилителя, при этом первый каскад от входа называется входным, а последний – выходным (оконечным).

Основными характеристиками и параметрами усилителей систем автоматического управления являются характеристика управления, динамические характеристики, коэффициент усиления мощности, входное и выходное сопротивления, коэффициент полезного действия (для выходных каскадов), уровень собственных шумов.

В системах автоматики часто используют обратные связи в усилителях. **Обратной связью** называется передача сигнала с выхода на вход. Если за счет обратной связи значение сигнала на выходе увеличивается, обратная связь называется *положительной*. Если выходной сигнал понижается, обратная связь называется *отрицательной*. Обратные связи могут производиться по напряжению и току.

На рисунке 12.3 показаны обратные связи по напряжению и по току. Обратная связь по напряжению перестает действовать при коротком замыкании на выходе. Обратная связь по току перестает действовать при холостом ходе на выходе.



а, б – обратные связи по напряжению; в, г – обратные связи по току

Рисунок 12.3 – Обратные связи в усилителях

Во всех схемах с обратной связью коэффициент передачи усилителя

$$K_y = \frac{U_{вх}}{U_{вых}}; \quad (12.1)$$

где $U_{вх}$, $U_{вых}$ – напряжения соответственно на входе и выходе усилителя.

Коэффициент обратной связи усилителя определяется отношением

$$K_y = \frac{U_{o.c.}}{U_{вых}}; \quad (12.1)$$

где $U_{o.c.}$ – напряжение обратной связи

Для схем, показанных на рисунке 12.3 имеем выражение:

$$U = U_{вх} + K_{o.c.} \cdot U_{вых} = K(U_{вх} + K_{o.c.} \cdot U_{вых}); \quad (12.1)$$

где U – напряжение на входе усилителя при наличии напряжения обратной связи $U_{o.c.}$

Тогда коэффициент усиления каскада (коэффициент передачи) определяется из выражения:

$$K_y = \frac{K}{1 - K_{o.c.} \cdot K}; \quad (12.1)$$

где $K = U_{вх}/U_{вых}$ — коэффициент усиления без обратной связи

Отрицательная обратная связь существенно влияет на технические параметры усилителя. При наличии этой связи: уменьшаются нелинейные, частотные, фазовые искажения и шумы; повышается стабильность коэффициента передачи; уменьшается выходное и увеличивается входное сопротивление.

К недостаткам отрицательной обратной связи следует отнести уменьшение коэффициента усиления.

Положительная обратная связь применяется в генераторах для возбуждения незатухающих гармонических колебаний. Эта связь определяет стабильность частоты сигнала генератора.

Так же в системах автоматики используются **биполярные транзисторы**, которые представляют полупроводниковый прибор с двумя р-п переходами и тремя выводами, обеспечивающий усиление мощности электрических сигналов.

Основой биполярного транзистора является кристалл полупроводника, в котором создано два р-п перехода (рисунок 12.3).

Для нормальной и стабильной работы между выводами транзистора должны быть включены источники питания. Их можно включить таким образом, чтобы оба перехода оказались под обратным напряжением. Этот режим работы транзистора называют **отсечкой**. Все токи транзистора практически равны нулю. Если все переходы включить на прямое напряжение, то такой режим работы транзистора называют **насыщением**. Транзистор работает в активном режиме, если эмиттерный переход находится под прямым напряжением т.е. открыт, а коллекторный переход под обратным напряжением – закрыт.

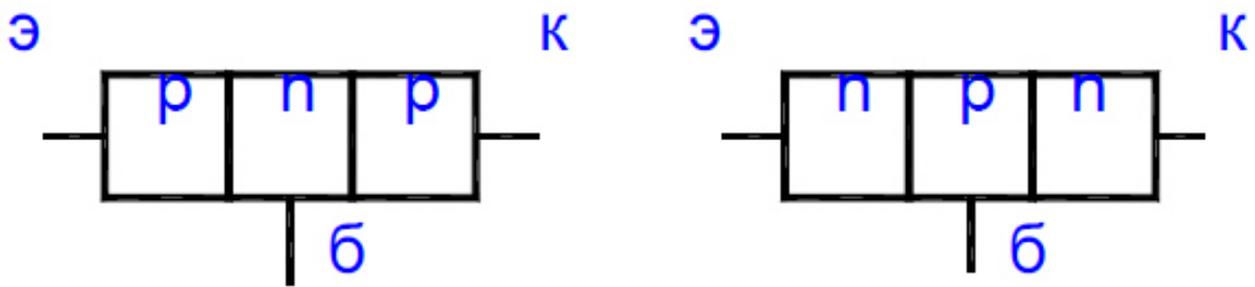


Рисунок 12.3 – Схема биполярного транзистора

На рисунке 12.4 приведена схема включения транзистора в активном режиме.

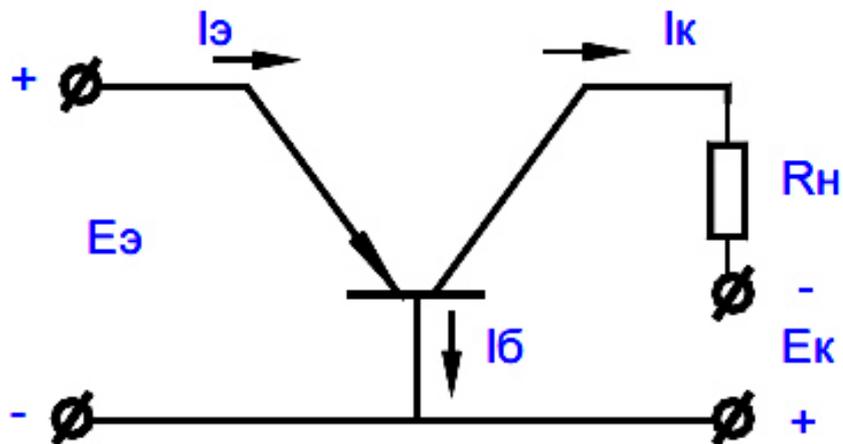


Рисунок 12.4 – Схема включения транзистора в активном режиме

Для транзистора справедливо уравнение:

$$I_э = I_к + I_б. \quad (12.1)$$

Данная схема дает усиление по напряжению и по мощности, но не дает усиления по току

Схема с общим эмиттером (рисунок 12.5) дает усиление по току, мощности, а так же по напряжению.

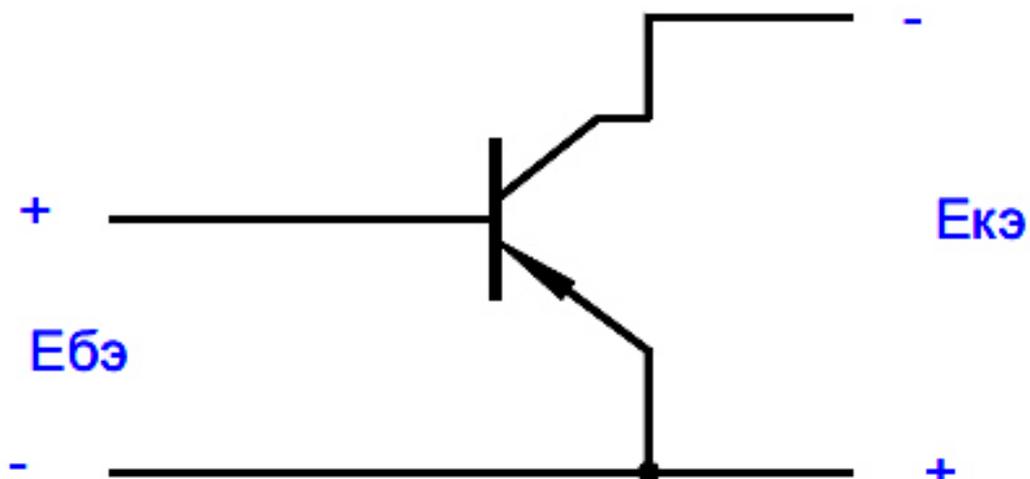
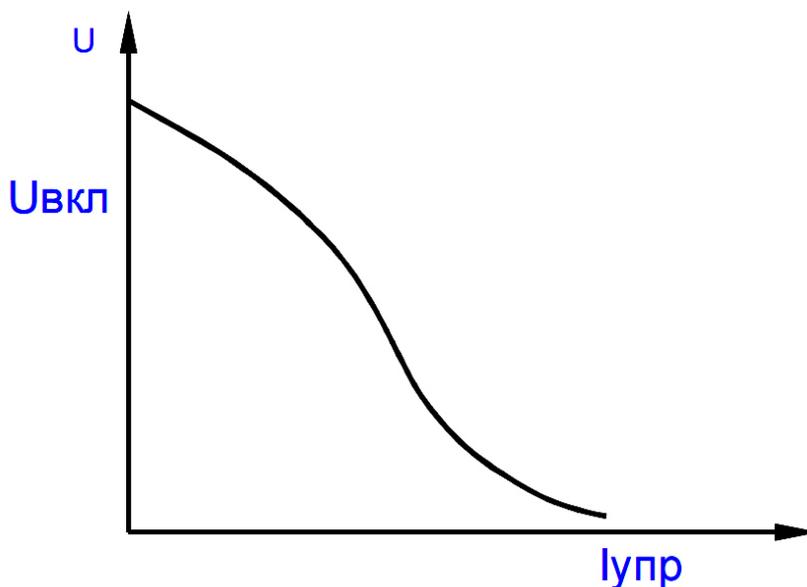


Рисунок 12.5 – Схема с общим эмиттером

Тиристором называется полупроводниковый прибор с тремя и более p-p переходами, который может находиться в одном из двух устойчивых состояний: в состоянии низкой проводимости (закрыт) или в состоянии высокой проводимости (открыт).

Тиристоры можно считать аналогом электрических контактов, которые могут быть замкнуты или разомкнуты. Тиристоры с малой мощностью применяют в релейных схемах и коммутирующих устройствах. Мощные тиристоры применяют при создании управляемых выпрямителей, инверторов и различных преобразователей. У трехэлектродных тиристоров имеется вывод, называемый управляющим. Управляющий электрод подключают к источнику, который создает ток управления. При отсутствии тока управления работа тиристора ничем не отличается от работы диодного динистора. При $I_{упр.}=0$ переключение тиристора из закрытого состояния в открытое происходит при меньшем анодном напряжении. Таким образом, работой тиристора можно управлять, воздействуя на объемные заряды в базах. Зависимость напряжения включения $U_{вкл}$ от тока управления $I_{упр.}$ называют характеристикой управления тиристора (рисунок 12.6)



$U_{вкл}$ – напряжение включения; $I_{упр.}$ – ток управления.

Рисунок 12.6 – Характеристика управления тиристора

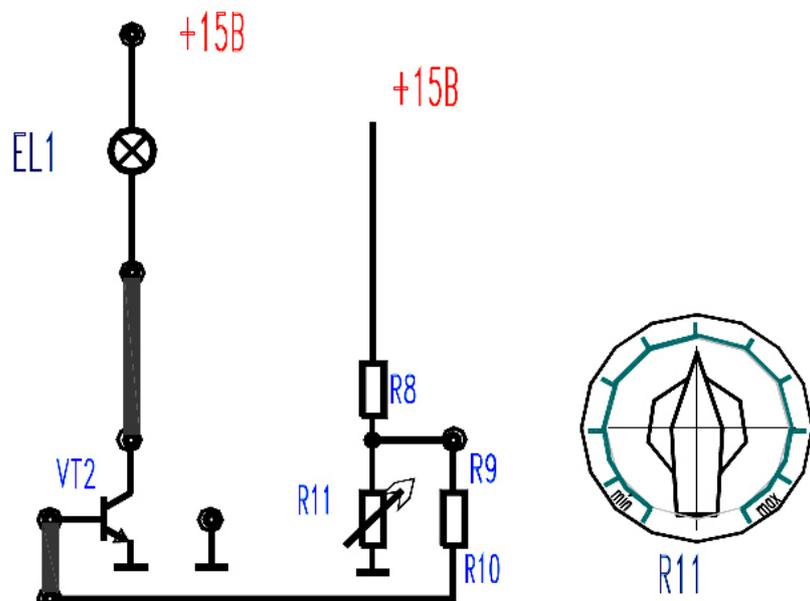
12.3 Проведение опытов

Собрать лабораторную схему рисунок 12.7 и последовательно увеличивать входной потенциал, наблюдая при этом за изменением потенциала на выходе.

Определить взаимосвязь выходного и входного сигналов.

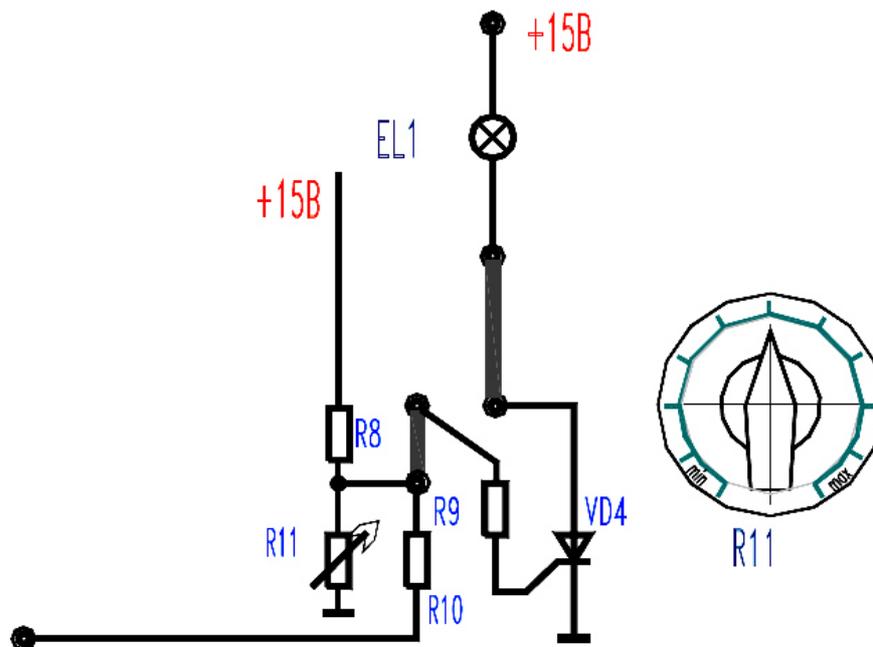
Определить свойства схемы рисунок 12.8, при этом включение тиристора производить размыканием цепи.

Разработать схему, в которой при достижении контролируемой величиной предельного значения загорается лампа, при этом лампа не должна гаснуть, когда контролируемая величина уменьшилась.



R – сопротивления; VD – фотодиоды; R11 – регулируемое сопротивление; VT – транзистор; EL – сигнальная лампа

Рисунок 12.7 – Схема 1 для выполнения лабораторной работы



R8,9,10 – сопротивления; VD4 – фотодиоды; R11 – регулируемое сопротивление; EL – сигнальная лампа

Рисунок 12.8 – Схема 2 для выполнения лабораторной работы

12.4 Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Что такое усилитель?
2. Какие типы усилителей используются в автоматике?
3. Что такое усилительный каскад?
4. Что такое обратная связь?
5. Что называется биполярным транзистором?
6. Какой режим работы транзистора называют отсечкой?
7. Какой режим работы транзистора называют насыщением?

Список рекомендуемой литературы

1. Малахов А.П. Элементы систем автоматики и автоматизированного электропривода / Малахов А.П., Усачев А.П. - Новосиb.:НГТУ, 2011. - 106 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-7782-1770-6.
2. Гвоздева В.А. Основы построения автоматизированных информационных систем: Учебник / В.А. Гвоздева, И.Ю. Лаврентьева. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 320 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8199-0315-5.
3. Ившин В.П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами: Учебное пособие / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-16-005162-8.
4. Калинеченко А.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам в автоматике [Электронный ресурс] / А.В. Калинеченко, Н.В. Уваров, В.В. Дойников. - М.: Инфра-Инженерия, 2015. - 576 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-9729-0017-6.