

В. Н. ПАНТЕЛЕЕВ, В. М. ПРОШИН

# ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

## Лабораторные работы

*Рекомендовано*

*Федеральным государственным учреждением  
«Федеральный институт развития образования»  
в качестве учебного пособия для использования в учебном процессе  
образовательных учреждений, реализующих программы  
начального профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 333  
от 4 октября 2010 г. ФГУ «ФИРО»*

4-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2016

УДК 004:658.011.56(075.32)  
ББК 32.965я722  
П166

Рецензенты:

преподаватель технических дисциплин ГОУ СПО «Политехнический колледж № 31» *Т. Б. Филюшкина*;  
преподаватель специальных дисциплин высшей квалификационной категории ГБОУ СПО «Колледж автоматизации и радиозлектроники № 27 им. П. М. Вострушина» *М. В. Галкина*

**Пантелеев В. Н.**

П166 Основы автоматизации производства. Лабораторные работы : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В. Н. Пантелеев, В. М. Прошин. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2016. — 208 с.  
ISBN 978-5-4468-4147-9

Представлены 20 лабораторных работ по темам: «Датчики», «Цифровые устройства автоматики», «Аналоговые и аналого-цифровые устройства», «Устройства управления», «Автоматические системы». К каждой работе даны цель, краткие теоретические сведения, указания по выполнению работы и оформлению отчета, задания для самоконтроля в виде тестовых вопросов. Часть работ снабжена заданиями по выполнению расчетов по теме работы, которые могут дополнять работу или использоваться отдельно на практических занятиях.

Учебное пособие может быть использовано при изучении общепрофессиональной дисциплины «Основы автоматизации производства» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 004:658.011.56(075.32)  
ББК 32.965я722

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Пантелеев В. Н., Прошин В. М., 2011  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011  
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-4468-4147-9

## УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Данное учебное пособие является частью учебно-методического комплекта по общепрофессиональной дисциплине «Основы автоматизации производства».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включены терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

## Список используемых сокращений

АЦП	—	аналого-цифровой преобразователь
БИД	—	блок испытания датчиков
БИДД	—	блок испытания датчика давления
БИЦУ	—	блок испытания цифровых устройств
БМ	—	блок мультиметров
БПР	—	блок программируемого реле
БСС	—	блок световой сигнализации
ДДС	—	двоично-десятичный счетчик
ДШ	—	дешифратор
ИЛУ	—	мини-блок индикации логических уровней
ИМ	—	исполнительный механизм
ИП	—	источник питания
ИЭД	—	блок исполнительного электродвигателя
МОП	—	модель отапливаемого помещения
МП	—	мультиплексор
МПР	—	мини-блок с переменным резистором
МРК	—	мини-блок с резисторами и конденсаторами
ОУ	—	операционный усилитель
ПР	—	программируемое реле
ПУ	—	пост управления
СИ	—	мини-блок с семисегментным индикатором
ТО	—	технологическое оборудование
ТТА	—	транзисторно-транзисторная логика
УЗО	—	устройство защитного отключения
ЦАП	—	цифроаналоговый преобразователь
ЭН	—	электронагреватель

Настоящее учебное пособие составлено в соответствии с учебной программой по дисциплине «Основы автоматизации производства». Оно может быть использовано учащимися различных специальностей всех видов обучения.

Тематика и содержание лабораторных работ соответствуют учебникам и учебным пособиям, указанным в списке литературы.

В учебном пособии приведено описание 20 лабораторных работ, охватывающих основные разделы автоматизации производства. Объем работ рассчитан на 20—40 учебных часов. Количество работ является рекомендуемым и может изменяться преподавателем по согласованию с учебной частью в зависимости от числа имеющихся учебных часов, учебной программы и подготовленности учащихся. Описание каждой работы включает в себя цели работы и используемое оборудование, порядок выполнения и оформления работы, форму отчета о выполнении работы и контрольные вопросы.

Экспериментальные исследования проводят на стенде, специально предназначенном для практического изучения основ автоматизации производства в учреждениях начального и среднего специального образования и выпускаемом Инженерно-производственным центром «Учебная техника»<sup>1</sup>.

Учебное пособие построено таким образом, что краткие теоретические сведения вынесены в отдельный раздел и структурированы по главам в соответствии с темами работ. Для удобства номера рисунков в разделе I начинаются с буквы Т (теория).

Авторы выражают благодарность генеральному директору ИПЦ «Учебная техника» д-ру техн. наук, проф. Ю. П. Галишникову, техническому директору канд. техн. наук, доц. П. Н. Сенигову и науч. сотруднику И. Л. Красногорцеву за предоставленное оборудование и консультации в процессе подготовки учебного пособия.

Часть приведенных в учебном пособии работ может быть выполнена и на другом оборудовании в зависимости от возможностей образовательного учреждения.

<sup>1</sup> ИПЦ «Учебная техника»: [www.electrolab.ru](http://www.electrolab.ru)

Лабораторные работы предназначены для углубления и закрепления теоретических знаний, приобретения навыков по сборке электрических схем, проведению измерений в электрических цепях, испытаний блоков и устройств автоматических систем, а также оформлению результатов испытаний и расчетов.

Предлагаемые лабораторные работы являются двухчасовыми и рассчитаны на выполнение подгруппой из 13... 15 учащихся в специально оборудованной лаборатории. Поскольку к рабочим местам подведено электрическое напряжение, целесообразно с точки зрения техники безопасности за каждым стендом работать двум учащимся. В этом случае в лаборатории достаточно иметь семь-восемь стендов.

В работах № 14 — 20 используются программируемые реле LOGO! фирмы Siemens, требующие составления и ввода коммутационной программы. В зависимости от уровня подготовки учащихся и выделенного времени разделы лабораторных работ, связанные с составлением и вводом коммутационной программы в программируемое реле, по усмотрению преподавателя могут быть выполнены факультативно. Альтернативой является использование карт памяти LOGO! с заранее введенными в них преподавателем программами.

Работа с реальными промышленными элементами и блоками автоматики, в том числе с датчиками и микропроцессорными управляющими устройствами, активизирует познавательную деятельность учащихся в процессе выполнения лабораторных работ.

На первом занятии в лаборатории учащиеся должны быть закреплены за определенными стендами. Их необходимо ознакомить с правилами техники безопасности, а также общими правилами поведения в лаборатории и оформления лабораторных работ, конструкцией и составными частями стенда, расположением и назначением его блоков и устройств.

Для выполнения и оформления лабораторных работ каждый учащийся должен иметь рабочую тетрадь, в которой оформляются отчеты по всем работам. Форма отчета приведена в описании каждой

работы. Весьма желательно наличие у каждого учащегося специально отпечатанной рабочей тетради «Основы автоматизации производства. Рабочая тетрадь к лабораторным работам» с уже готовыми формами отчетов о каждой работе.

**Правила выполнения лабораторных работ.** Лабораторные работы выполняются учащимися по графику в соответствии с расписанием учебных занятий.

Учащийся, не выполнивший лабораторную работу, должен в двухнедельный срок с разрешения преподавателя и по согласованию с учебной частью выполнить ее в дни консультаций.

К выполнению работ допускаются учащиеся:

- прошедшие инструктаж по технике безопасности;
- имеющие в тетради заполненную подготовительную часть отчета о выполнении очередной работы;
- ознакомившиеся с целью и порядком выполнения работы, а также со схемой соединений, которая будет применяться;
- изучившие теоретический материал, относящийся к выполняемой работе, по рекомендуемым учебным пособиям, конспекту лекций и разд. I настоящего пособия.

Подготовленность учащихся к выполнению лабораторных работ проверяется преподавателем индивидуально. Учащийся, получивший неудовлетворительную оценку, к выполнению работы не допускается.

**Внимание!** Включение источника питания стенда без проверки и разрешения преподавателя **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩЕНО!**

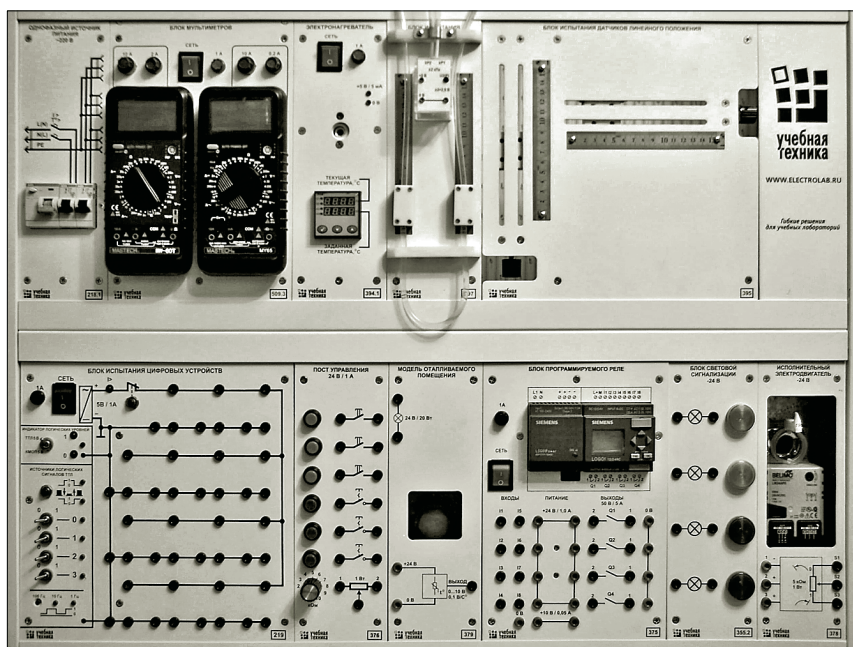
В случае порчи мини-блоков и оборудования стенда по вине учащихся последние несут материальную ответственность.

По окончании работы стенд должен быть обесточен, схема соединений разобрана, провода и мини-блоки убраны на место.

Результаты испытаний заносятся в таблицы отчета карандашом и представляются преподавателю для проверки. При неправильных результатах лабораторная работа должна быть переделана.

По результатам работы каждый учащийся оформляет отчет согласно настоящему пособию. Отчет оформляется в рабочей тетради «Основы автоматизации производства. Рабочая тетрадь к лабораторным работам» аккуратно, в полном соответствии с требованиями по оформлению.

Допускается по усмотрению преподавателя оформление одного отчета бригадой из двух учащихся. Минимум знаний, необходимых



Двухуровневая рама с размещенными на ней блоками

для защиты лабораторной работы, отражают контрольные вопросы в конце каждой работы.

**Описание лабораторного стенда.** Используемый комплект учебно-лабораторного оборудования предназначен для выполнения работ по следующим темам: датчики технологических параметров; цифровые устройства автоматики; аналоговые и аналого-цифровые устройства; устройства управления; автоматические системы.

Основу комплекта составляет двухуровневая рама с размещенными на ней блоками испытания, управления и измерений, в которую встроены или на которой размещаются в процессе выполнения лабораторной работы элементы автоматических систем.

В верхней части рамы размещены однофазный источник питания с устройством защиты и автоматическими выключателями, блок электронных мультиметров, электронагреватель для испытания датчиков температуры, блоки испытания датчика давления и датчиков линейного положения. На нижнем уровне находятся блок испытания цифровых устройств, кнопочный пост управления, модель отопляемого помещения, блок программируемого реле, блок



световой сигнализации и блок с исполнительным электродвигателем.

В комплект стенда входит набор датчиков технологических параметров, набор мини-блоков с цифровыми, аналого-цифровыми и аналоговыми электронными элементами, а также соединительные провода и техническая документация.

Питание стенда осуществляется от однофазного напряжения 220 В. Необходимые для питания элементов постоянные напряжения 24 и 5 В вырабатываются встроенными источниками питания.

**Правила сборки электрических схем.** Перед сборкой схемы электрических соединений необходимо внимательно ознакомиться со схемой в описании лабораторной работы и определить все входящие в нее элементы. Часть из них входит в состав блоков, закрепленных в раме, другие должны быть подготовлены отдельно и устанавливаться в указанных местах наборного поля или на панелях устройств стенда.

Особое внимание следует обратить на электронные мультиметры, переключатели которых должны устанавливаться на нужный предел измерения в нужном секторе до включения мультиметра, а вилки соединительных проводов вставляться строго в гнезда, указанные в описании лабораторной работы.

При сборке схемы соединений нужно следовать порядку сборки, приведенному в описании лабораторной работы, и не включать напряжение питания до проверки собранной схемы преподавателем.

В случае необходимости изменения схемы соединений в процессе испытаний важно соблюдать следующую последовательность действий:

- 1) перевести выключатель Сеть в положение «Выкл.» (положение 0);
- 2) изменить схему;
- 3) включить выключатель Сеть (положение I).

**Правила оформления отчета о выполнении лабораторной работы.** Все таблицы результатов в процессе выполнения работы должны заполняться карандашом и предъявляться для проверки преподавателю. При построении графика кривая должна быть плавной. Ее надо проводить так, чтобы полученные в результате испытаний точки отстояли от нее по разные стороны приблизительно на одинаковом расстоянии. Точки, далеко отстоящие от кривой, являются следствием промаха наблюдателя. Такие испытания надо по возможности провести повторно.

Отчет о выполнении лабораторной работы составляется каждым учащимся или бригадой по результатам испытаний и данным, за-

несенным в таблицы. Отчет оформляется в рабочей тетради «Основы автоматизации производства. Рабочая тетрадь к лабораторным работам».

**Рекомендуемые критерии оценки выполненной работы.** Для получения отличной оценки учащийся должен: 1) грамотно сформулировать в отчете цель работы; 2) выполнить задание подготовительной части; 3) правильно собрать схемы соединений и выполнить все задания по проведению испытаний; 4) заполнить все ячейки таблиц результатов испытаний полученными данными; 5) аккуратно выполнить графическую часть; 6) сделать грамотные выводы по результатам испытаний.

При невыполнении или неправильном выполнении одного из перечисленных пунктов оценка снижается на один балл, двух пунктов — на два балла, трех пунктов — ставится неудовлетворительная оценка.

**Техника безопасности при выполнении работ.** Лаборатория, в которой выполняются работы, относится к помещениям повышенной опасности, так как в ней находится оборудование, питаемое от источников электрической энергии. Цепи, находящиеся под напряжением 220 В, расположены с задней стороны стенда, поэтому не следует заходить за стенд и касаться руками задней поверхности закрепленных в раме блоков. Напряжения 24 и 5 В являются безопасными для человека, однако искры при случайном коротком замыкании могут оказаться опасными для глаз. Поэтому любые изменения в схеме соединений должны производиться только при обесточенной цепи. Все переключения и изменения должны быть проверены преподавателем.

Перед выполнением лабораторных работ учащиеся обязаны ознакомиться с действующими в учебном заведении инструкциями по охране труда при эксплуатации электроустановок до 1 000 В, пожарной безопасности, охране труда при проведении работ в лаборатории и расписаться в соответствующем журнале.

# КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

# I

## РАЗДЕЛ

- Глава 1. Датчики технологических параметров
- Глава 2. Цифровые устройства автоматики
- Глава 3. Аналоговые и аналого-цифровые устройства
- Глава 4. Устройства управления
- Глава 5. Автоматические системы

# ДАТЧИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

## 1.1. БЕСКОНТАКТНЫЕ ДАТЧИКИ-ВЫКЛЮЧАТЕЛИ (к лабораторной работе № 1)

Датчики автоматических систем преобразуют технологические параметры в электрические (в большинстве случаев) сигналы.

Один из основных технологических параметров — *положение* объекта. Особое значение имеют два положения: начальное и конечное, хотя часто важны и промежуточные положения. Нахождение объекта в одном из этих положений фиксируют специальные дискретные датчики, называемые *датчиками-выключателями*. Их выходной сигнал при достижении объектом соответствующего положения скачком изменяется от логического 0 (низкий уровень напряжения) до логической 1 (высокий уровень напряжения), или наоборот.

Датчики-выключатели бывают контактными и бесконтактными. Благодаря встроенным электронным средствам современные бесконтактные датчики независимо от принципа действия могут питаться от источников постоянного напряжения 10...30 В. Встроенные устройства нормализации сигнала обеспечивают выходной сигнал датчиков в виде постоянного напряжения или тока.

Основной характеристикой бесконтактных датчиков-выключателей является расстояние срабатывания — расстояние от рабочей поверхности датчика до объекта, при котором выходной сигнал изменяется с 0 на 1 (включение датчика) или, наоборот, с 1 на 0 (выключение датчика). Расстояние срабатывания зависит от направления перемещения и свойств объекта. Для надежности переключения выходного сигнала датчики-выключатели сконструированы так, что расстояние включения датчика (при приближении объекта) и расстояние выключения (при удалении объекта) не совпадают. Это свойство датчика называется *гистерезисом*.

Чувствительным элементом индуктивного датчика-выключателя типа ВБИ, используемого в лабораторной работе № 1, является ка-

тушка индуктивности с открытым магнитопроводом. При приближении к поверхности датчика ферромагнитного объекта индуктивность катушки изменяется, и при определенном расстоянии между объектом и датчиком происходит переключение выходного сигнала.

Испытываемый в работе емкостный бесконтактный датчик-выключатель типа ВБЕ содержит открытый конденсатор, пластины которого расположены у поверхности датчика. Приближение объекта к датчику изменяет емкость конденсатора, что в конечном счете ведет к переключению выходного сигнала.

Оптический бесконтактный датчик-выключатель типа ВБО, используемый в лабораторной работе, имеет собственный излучатель и приемник инфракрасного излучения, расположенные рядом у поверхности датчика. Для защиты от посторонних излучений собственное излучение датчика кодируется. Когда на приемник попадает отраженный от объекта луч, происходит переключение выходного сигнала.

Примененные в лабораторной работе датчики-выключатели закреплены в пластмассовых корпусах с гнездами для подключения к источнику питания и индикатору состояния датчика. Корпус снабжен штырями для установки в каретку блока испытания датчиков (рис. Т.1.1). Датчики питаются от шины +24 В блока программируемого реле, а в качестве индикатора состояния используется лампа блока световой сигнализации.

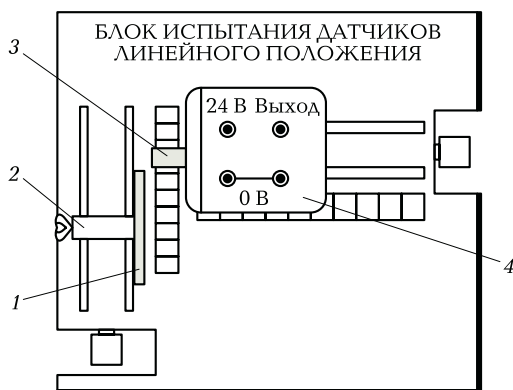


Рис. Т.1.1. Размещение датчика-выключателя на панели блока испытания датчиков линейного положения:

1 — пластина-имитатор технологического оборудования; 2 — зажим; 3 — датчик; 4 — корпус

В реальных условиях перемещение объекта относительно датчика может происходить как вдоль оси датчика, так и перпендикулярно ей. Для экономии времени выполнения лабораторной работы в ней изучается работа датчиков-выключателей только при перемещении объекта перпендикулярно оси датчика, как это и делается в большинстве автоматических систем.

## 1.2. АНАЛОГОВЫЕ ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ (к лабораторной работе № 2)

Информацию о текущем перемещении оборудования, инструментов, изделий и других объектов получают от соответствующих аналоговых датчиков. Их выходной сигнал изменяется при изменении положения объекта, и о величине перемещения судят по разности выходных сигналов при различных положениях объекта. Поэтому датчики перемещения фактически являются датчиками текущего положения объекта.

Важная характеристика датчика — функция преобразования. Это зависимость выходной величины датчика от входной; она может быть выражена формулой или графиком.

Аналоговые датчики положения могут быть индуктивными, емкостными, резистивными, магнитными, ультразвуковыми и др. В лабораторной работе № 2 изучаются наиболее распространенные индуктивный и резистивный датчики линейного положения. *Линейным* называется положение объекта на какой-либо линии, вдоль которой он перемещается.

Бесконтактный индуктивный аналоговый датчик положения ДПА-Ф60 устроен аналогично датчику-выключателю типа ВБИ. Он преобразует расстояние до ферромагнитного объекта в величину токового сигнала на выходе датчика. При изменении расстояния от 0 до 40 мм выходной ток датчика изменяется примерно от 1 до 20 мА. Датчик питается от шины +24 В блока программируемого реле, выходной сигнал датчика измеряется мультиметром.

Контактный резистивный аналоговый датчик положения, испытываемый в лабораторной работе, выполнен на основе потенциометра. Он крепится неподвижно, а его движок механически соединяется с перемещающимся объектом. При перемещении движка подвижный контакт потенциометра скользит по виткам проволочной обмотки или по токопроводящему пластику и электрическое сопро-

тивление между этим контактом и концами потенциометра изменяется. Это сопротивление и является выходной величиной датчика. Если подать на потенциометр постоянное напряжение, то выходной величиной будет напряжение, пропорциональное текущему сопротивлению. Функция преобразования резистивного датчика обычно линейная, хотя при решении конкретных задач автоматического управления она может быть и иной. Датчик питается от гнезда +5 В электронагревателя, выходной сигнал измеряется мультиметром.

### 1.3. ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ (к лабораторной работе № 3)

---

Для восприятия давления жидкости или газа используют упругие элементы, которые под действием давления деформируются. Типичным упругим элементом является мембрана, деформация которой может быть преобразована в электрический сигнал. Специально сконструированный проводящий элемент, используемый для преобразования деформации в изменение электрического сопротивления, называется *тензорезистором*. Он может быть изготовлен из тонкой проволоки, фольги, а также получен напылением в вакууме слоя металла или полупроводника на подложку. Размеры тензорезистора обычно не превышают нескольких миллиметров.

Выходная величина тензорезистора — сопротивление — зависит от его деформации в данный момент. Сопротивление преобразуется в напряжение устройством нормализации сигналов.

Полупроводниковый датчик давления MPXV7002DP, используемый в лабораторной работе № 3, разработан для измерения разности давлений газов, т. е. он является дифференциальным и имеет два входа. Его основа — мостовая схема из тензорезисторов, размещенная на кремниевой мембране. Датчик имеет два штуцера для подвода давления. Разность давлений между штуцерами датчика деформирует тензорезисторы и приводит к появлению напряжения на выходе мостовой схемы. Это напряжение усиливается встроенным в датчик устройством нормализации сигнала.

Датчик запрессован в пластмассу и имеет кроме штуцеров выводы для монтажа на печатной плате. Для удобства выполнения лабораторной работы печатная плата с датчиком размещена в пластмассовом корпусе с гнездами для подключения к источнику питания и измерительной цепи. Вся конструкция закреплена на панели блока испытания датчика давления. Датчик питается от гнезда +5 В элек-

тронагревателя, выходной сигнал датчика измеряется мультиметром.

Для создания на входах датчика разности давлений используется водяной манометр, концы трубок которого соединены со штуцерами датчика. На трубках имеются зажимы, которые магнитами крепятся к стальным линейкам. Перемещая зажим вдоль линейки, можно изменять разность уровней воды в трубках и соответственно разность давлений между штуцерами датчика. При нулевой разности давлений (одинаковые уровни воды в трубках) напряжение на выходе датчика около 2,5 В. Когда уровень воды в левой трубке выше, разность давлений считается положительной и выходное напряжение датчика превышает 2,5 В. Когда уровень воды выше в правой трубке, разность давлений считается отрицательной и выходное напряжение меньше 2,5 В. Разность уровней воды 10 мм (10 мм вод. ст.) примерно соответствует давлению 100 Па.

## 1.4. ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ

### (к лабораторной работе № 4)

В автоматических системах нашли широкое применение датчики температуры двух типов: на основе терморезисторов и термопар.

*Терморезистор*, или термопреобразователь сопротивления, — это спираль из металлической проволоки или стержень из полупроводника, обычно помещенный в защитный корпус. При изменении температуры сопротивление как проводников, так и полупроводников меняется, оно и является выходной величиной термопреобразователя.

Среди металлических терморезисторов наибольшее распространение получили преобразователи из меди. Они дешевы, стабильны, однако ввиду их малого электрического сопротивления (десятки ом) возможна дополнительная погрешность измерения из-за сопротивления длинных соединительных проводов. Для исключения этой погрешности терморезисторы подключают по трехпроводной схеме, в которой третий проводник используется для создания компенсационной цепи, или по четырехпроводной схеме с подачей питания по отдельной паре проводов.

Реже используются терморезисторы из платины: хотя они имеют гораздо более широкий температурный диапазон (более 1 100 °С) и очень высокую точность, они довольно дороги.

Полупроводниковые терморезисторы обладают гораздо более высокой чувствительностью и имеют высокое сопротивление (ки-



лоомы) даже при малых размерах, что позволяет сделать датчики температуры миниатюрными (менее 1 мм), а также избежать влияния сопротивления соединительных проводов.

*Термопара* — это электрическая цепь, составленная из двух разнородных проводников. Место их соединения называют горячим спаем, а точки соединения свободных концов термопары с соединительными проводами — холодным спаем. Если температуры горячего и холодного спаев различны, то в цепи возникает электродвижущая сила (термоЭДС), пропорциональная разности температур. Величина термоЭДС зависит от материала проводников, образующих термопару.

Выходным сигналом термопары является напряжение  $U$  между проводами, соединяющими термопару с измерительным прибором. Оно равно разности термоЭДС горячего спая  $E_{\text{гор}}$ , который находится при измеряемой температуре, и холодного спая  $E_{\text{хол}}$ , который находится при температуре окружающей среды:  $U = E_{\text{гор}} - E_{\text{хол}}$ .

Информацию об измеряемой температуре несет именно термоЭДС горячего спая  $E_{\text{гор}}$ . Для ее определения надо скорректировать выходное напряжение термопары, прибавив к нему термоЭДС холодного спая:  $E_{\text{гор}} = U + E_{\text{хол}}$ . Зная температуру среды, в которой находится холодный спай, его термоЭДС можно определить по таблице стандартных значений термоЭДС.

В лабораторной работе № 4 испытываются медный термопреобразователь сопротивления ТС125, работающий в температурном диапазоне  $-50 \dots +100$  °С, полупроводниковый терморезистор КТ110 на кристалле кремния (диапазон  $-50 \dots +150$  °С) и термоэлектрический преобразователь ТПК 265 (термопара хромель—алюмель), температурный диапазон которого  $-40 \dots +800$  °С. Стандартные значения термоЭДС для спая хромель-алюмель приведены в табл. 4.3 (см. лабораторную работу № 4).

Необходимая температура устанавливается и поддерживается автоматическим регулятором температуры электронагревателя. При росте температуры до заданного значения испытывается термопреобразователь сопротивления, при последующем остывании электронагревателя испытывается термоэлектрический преобразователь.

# ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

## 2.1. ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ (к лабораторной работе № 5)

Цифровые устройства автоматики — это устройства, работающие в дискретном режиме. Они формируют команды управления технологическим процессом на основе логического анализа информации, поступающей от датчиков и из управляющей программы. Поэтому такие устройства называют *логическими*, а сигналы, с которыми они работают, — *логическими сигналами*.

Современные цифровые электронные устройства изготавливаются в виде интегральных схем (микросхем). Интегральные схемы, в которых логические операции выполняются транзисторами, относятся к классу транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Для элементов ТТЛ уровень сигнала  $0 \dots 0,8$  В считают уровнем логического нуля (0), а уровень  $2 \dots 5$  В — уровнем логической единицы (1).

*Логические элементы* автоматических систем — это простейшие цифровые устройства, сигнал на выходе которых определяется логикой их работы. Если, например, в какую-либо цепь должен подаваться сигнал 1 каждый раз, когда некий датчик имеет на выходе 0, то такое преобразование соответствует логической функции НЕ (1 — это НЕ 0 и 0 — это НЕ 1). Элемент, выполняющий такое преобразование, называют *логическим элементом НЕ*.

Если сигнал 1 должен формироваться тогда, когда хотя бы один из нескольких датчиков (ИЛИ первый, ИЛИ второй, ИЛИ любой другой) выдает такой сигнал, то используют *логический элемент ИЛИ*.

Наконец, если сигнал 1 должен формироваться только тогда, когда такой сигнал присутствует на выходах всех датчиков (И первого, И второго, И всех остальных), используется *логический элемент И*.

Основой логических элементов ТТЛ является транзистор, работающий в ключевом режиме (ключ). Он может находиться только в

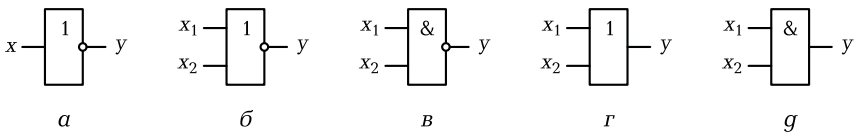


Рис. Т.2.1. Условные обозначения элементов, реализующих логические функции:

*a* – НЕ; *б* – ИЛИ–НЕ; *в* – И–НЕ; *г* – ИЛИ; *g* – И

одном из двух состояний: или открытым, т. е. через него течет ток, или закрытым, т. е. тока нет. При подаче на его вход логического 0 (сигнал  $x$ ) транзистор закрыт и уровень сигнала  $y$  на его выходе близок к напряжению питания 5 В, что соответствует логической 1. Наоборот, при подаче на вход сигнала  $x$  с уровнем 1 (2... 5 В) транзистор открыт и сигнал  $y$  на его выходе 0. Такой элемент называется *инвертором*, его условное графическое обозначение показано на рис. Т.2.1, *a*. Окружность в обозначении элемента означает, что сигнал на выходе инверсный (обратный, противоположный) по отношению к входному сигналу, т. е. инвертор реализует логическую функцию НЕ.

Широко используются инверторы с двумя или несколькими входами, в которых транзистор открывается при подаче сигнала 1 или на первый, или на второй, или на любой иной вход. Такой инвертор реализует логическую функцию ИЛИ–НЕ (рис. Т.2.1, *б*). Входные цепи инвертора могут быть построены и так, что уровень 0 на его выходе появится только при наличии сигнала 1 одновременно на всех входах. В этом случае инвертор реализует логическую функцию И–НЕ (рис. Т.2.1, *в*).

Если в элемент встроен дополнительный транзистор, вторично инвертирующий сигнал, то элемент может выполнять описанные ранее функции ИЛИ или И (рис. Т.2.1, *г*, *g*).

Логические элементы, реализующие функции НЕ, ИЛИ–НЕ, ИЛИ, И, испытываются в лабораторной работе № 5.

## 2.2. ТРИГГЕРЫ

### (к лабораторной работе № 6)

Два инвертора можно соединить так, что если один из них открыт, то второй закрыт, и наоборот, т. е. получается устройство с двумя

устойчивыми состояниями. Такое устройство называется *триггером*, а его состояния обозначаются цифрами 0 и 1. Поступление сигнала 1 на один из входов триггера устанавливает его в одно состояние, а на другой вход — в противоположное.

У триггера два выхода, сигналы на которых всегда противоположны. Один выход называется прямым, а другой выход — инверсным. При создании на базе триггеров различных цифровых устройств используют сигналы как с прямого, так и с инверсного выхода.

Существуют различные типы триггеров. Самый простой — *RS-триггер*, реализация которого на элементах ИЛИ—НЕ показана на рис. Т.2.2, а, а условное графическое обозначение — на рис. Т.2.2, б.

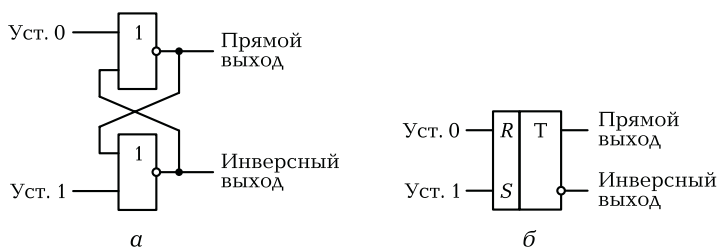


Рис. Т.2.2. RS-триггер на элементах ИЛИ—НЕ (а) и его условное обозначение (б)

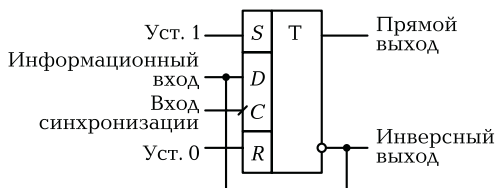


Рис. Т.2.3. Условное обозначение D-триггера

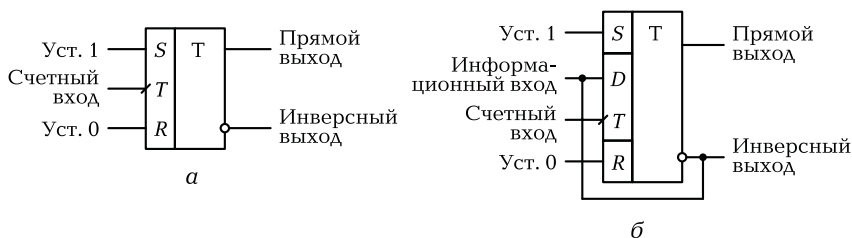


Рис. Т.2.4. Условное обозначение T-триггера (а) и его реализация на основе D-триггера (б)

Входы триггера обозначаются буквами  $S$  (от *англ.* set — устанавливать) и  $R$  (от *англ.* reset — сбрасывать). Триггер изменяет свое состояние в момент поступления сигнала 1 на один из входов. Если сигнал 1 поступает на вход  $S$ , то  $RS$ -триггер переходит в состояние 1 и остается в нем. При поступлении сигнала 1 на вход  $R$  триггер переходит в состояние 0 и сохраняет его. Таким образом, триггер может использоваться как элемент памяти для хранения одного бита информации.

Одновременная подача сигнала 1 на входы  $R$  и  $S$  запрещена, так как дальнейшее состояние триггера становится неопределенным.

В  $D$ -триггере (рис. Т.2.3) для перехода в состояние 0 или 1 достаточно подать уровень 0 или 1 на вход, называемый информационным, или  $D$ -входом. В момент поступления сигнала на вход синхронизации триггер установится в соответствующее состояние.

Соединив иначе элементы триггера, можно получить триггер еще одного типа — счетный, или  $T$ -триггер (рис. Т.2.4, а). Он имеет один вход ( $T$ -вход, или счетный вход), при подаче на который серии сигналов триггер последовательно переходит из одного состояния в другое и обратно. Число переключений равно числу поступивших на вход триггера сигналов, что позволяет использовать его в качестве элемента счетчиков импульсов. Входы  $S$  и  $R$  используются для принудительной установки триггера в состояние 1 или 0 независимо от его текущего состояния и сигнала на входе  $T$ .

$T$ -триггер может быть построен на основе  $D$ -триггера. Для этого инверсный выход  $D$ -триггера соединяется с его информационным входом, как показано на рис. Т.2.4, б. Тогда вход синхронизации работает как счетный вход, и с каждым поступлением на него сигнала 1 триггер переключается в противоположное состояние.

Все эти типы триггеров испытываются в лабораторной работе № 6.

## 2.3. РЕГИСТРЫ

### (к лабораторной работе № 7)

Используя группу триггеров, можно создать устройства, способные принимать и сохранять многоразрядный двоичный код, а также выполнять преобразование этого кода путем сдвига его разрядов. Такие устройства называются *регистрами*.

Регистр, в котором все триггеры независимы, называется *параллельным* (рис. Т.2.5, а). Сигналы (например, с дискретных датчиков)

поступают параллельно на входы всех триггеров, образуя на выходе регистра двоичный код. Младший разряд этого кода, как и любого многоразрядного числа, расположен справа и считается нулевым, следующий — первым и т. д. Входы  $R$  установки триггеров в состояние 0 объединены и используются для установки регистра в исходное состояние.

Пример условного графического обозначения четырехразрядного параллельного регистра приведен на рис. Т.2.5, б. Входы регистра обозначаются  $S$ , а выходы  $Q$ .

Параллельные регистры могут быть реализованы как на  $RS$ -триггерах, так и на триггерах других типов, например на  $D$ -триггерах

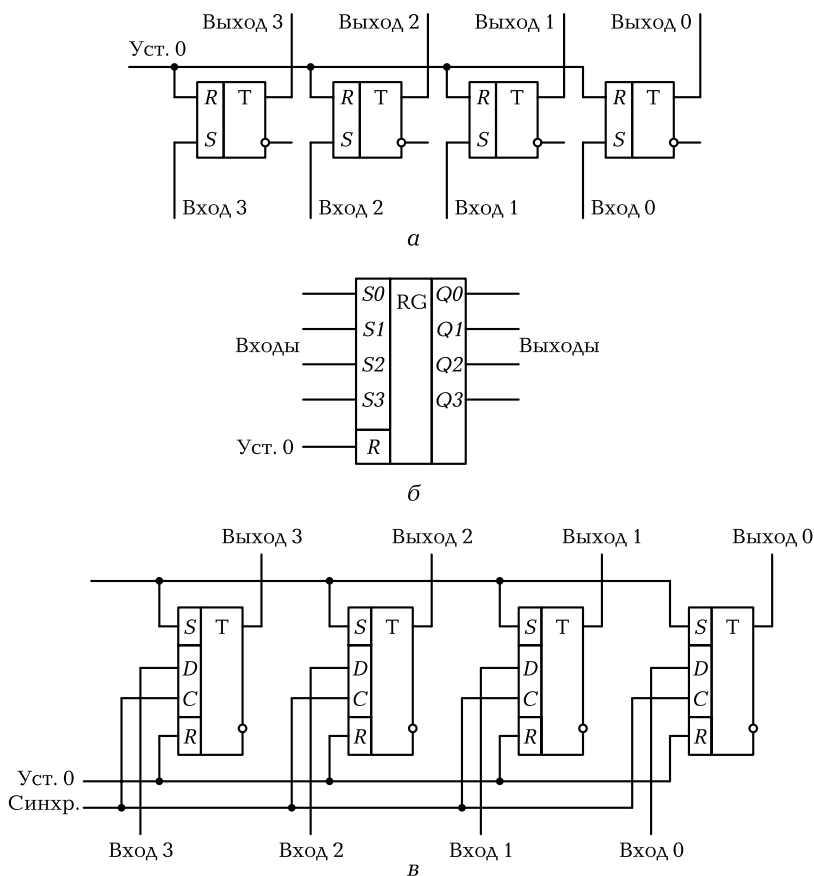


Рис. Т.2.5. Схема параллельного четырехразрядного регистра (а), его условное обозначение (б) и реализация на  $D$ -триггерах (в)

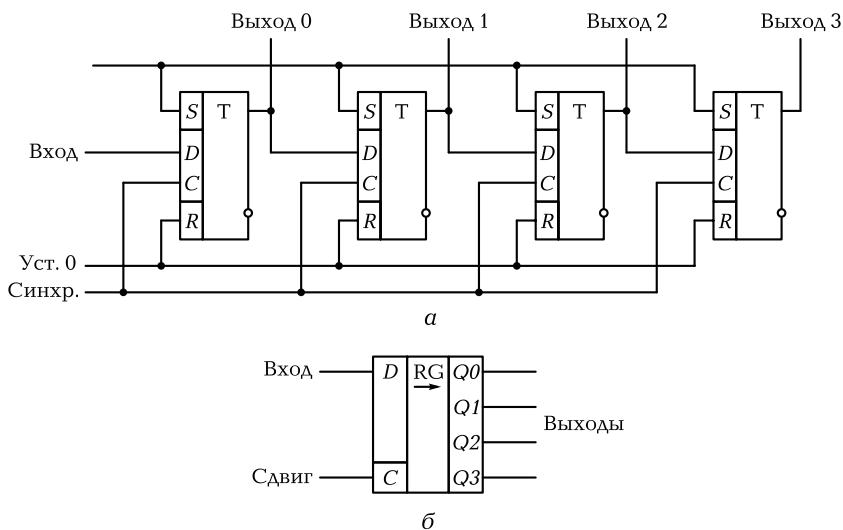


Рис. Т.2.6. Схема сдвигового четырехразрядного регистра на *D*-триггерах (а) и его условное обозначение (б)

(рис. Т.2.5, в). В этом случае двоичный код, установленный на входах регистра, появляется на его выходах только после подачи сигнала 1 на входы синхронизации триггеров.

В ряде случаев требуется сдвигать двоичный код, занесенный в регистр, на один или несколько разрядов. Для этого триггеры соединяют последовательно, например, как показано на рис. Т.2.6, а для регистра, собранного на *D*-триггерах.

В таком регистре, называемом *последовательным*, или *сдвиговым*, сигнал с выхода каждого триггера поступает на информационный вход следующего. Поэтому с приходом сигнала синхронизации каждый триггер переходит в состояние, в котором до этого находился предыдущий триггер. В результате двоичный код на выходах регистра сдвигается на один разряд: например, если на первый триггер сначала был подан сигнал 1, а затем сигналы 0, то код 0001 превращается в 0010, затем в 0100 и т.д. Фактически сигнал синхронизации в сдвиговом регистре является сигналом сдвига кода на выходах регистра.

Входом регистра служит вход триггера младшего разряда, расположенный на рис. Т.2.6, а слева, поэтому нумерация разрядов на этом рисунке идет слева направо. Условное графическое обозначение сдвигового регистра приведено на рис. Т.2.6, б.

В лабораторной работе № 7 испытываются параллельный и сдвиговой регистры, выполненные на *D*-триггерах.

## 2.4. СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ (к лабораторной работе № 8)

*Счетчик импульсов* — это устройство, предназначенное для подсчета количества поступающих на его вход электрических импульсов. Результат счета представляется в виде двоичного или десятичного числа.

В автоматических системах счетчики используются как по прямому назначению (для подсчета количества изделий, заготовок и

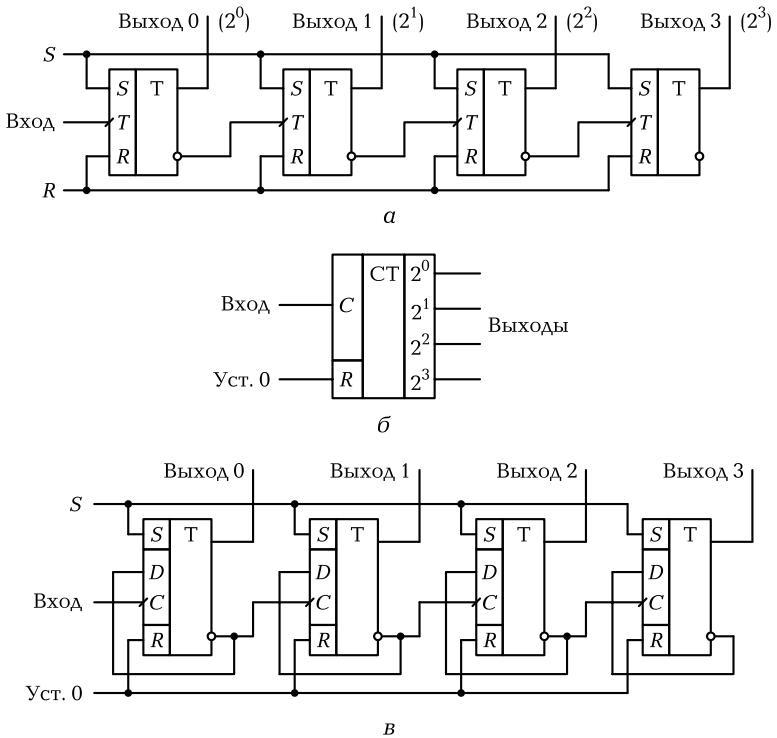


Рис. Т.2.7. Схема четырехразрядного двоичного счетчика импульсов (а), его условное обозначение (б) и реализация на *D*-триггерах (в)



т.п.), так и в процессах обработки информации от датчиков технологических параметров.

Счетчики строятся на базе  $T$ -триггеров. Один триггер представляет один разряд двоичного числа, поэтому для формирования, например, 4-разрядного двоичного числа требуется четыре триггера. Триггеры соединяются последовательно, как показано на рис. Т.2.7, а. Условное графическое обозначение счетчика приведено на рис. Т.2.7, б.

В отличие от сдвиговых регистров в счетчиках импульсы подаются на счетные входы триггеров. Благодаря этому смена состояния триггера происходит независимо от того, в каком состоянии он перед этим находился. Но, как и в сдвиговом регистре, триггер переключается только тогда, когда предыдущий триггер переходит из состояния 1 в состояние 0.

Первый триггер, на который поступают входные импульсы, образует младший (0-й) разряд двоичного числа, последний от входа триггер образует старший разряд. Максимальное количество импульсов, которые может сосчитать счетчик, равно количеству возможных комбинаций состояний его триггеров. Так, 4-разрядный счетчик позволяет считать до  $2^4 = 16$ .

Первый входной импульс переключает триггер младшего разряда в состояние 1. Второй импульс возвращает этот триггер в 0, но при этом триггер второго разряда переходит в 1. Третий импульс вновь переводит триггер младшего разряда в 1, и т.д. Так происходит до тех пор, пока 15-й импульс не установит счетчик (если в нем четыре разряда) в состояние 1111. Следующий, 16-й, импульс должен установить на выходе число 10000, но так как в счетчике нет 5-го разряда, то код на его выходе становится 0000. Таким образом, счетчик возвращается в исходное состояние и готов к новому счету.

В зависимости от того, как организованы связи между триггерами, счетчики могут быть *суммирующими* или *вычитающими*. Счетчик, показанный на рис. Т.2.7, суммирующий.

Вычитающий счетчик строится аналогично, но сигнал на триггер более старшего разряда поступает не с инверсного, а с прямого выхода каждого триггера. В результате при поступлении на вход счетчика очередного импульса двоичное число на его выходе уменьшается на 1. Счетчик, находящийся в исходном состоянии 0000, первым импульсом переводится в состояние 1111, затем в 1110, 1101 и так далее; 15-й импульс установит счетчик в состояние 0001, а 16-й — снова в состояние 0000.

Если результат счета должен быть передан оператору, то его нужно представить не в двоичной, а в десятичной системе счисления.

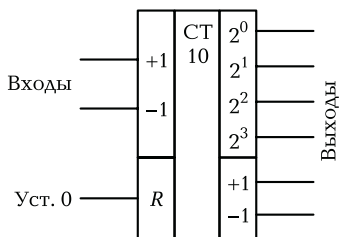


Рис. Т.2.8. Условное обозначение одноразрядного реверсивного двоично-десятичного счетчика

Для этого в двоичный счетчик вводят дополнительные элементы, которые обеспечивают возврат счетчика в исходное состояние 0000 не после 16-го, а после 10-го импульса. Такой счетчик называется *двоично-десятичным*. Имея 10 различных комбинаций состояний триггеров, он формирует один разряд десятичного числа. Для подсчета большого количества импульсов одноразрядные счетчики соединяют последовательно.

Счетчики, которые позволяют производить как суммирование, так и вычитание поступающих импульсов, называются *реверсивными*. Они имеют или два входа (один для суммируемых импульсов, другой для вычитаемых) (рис. Т.2.8), или один вход с возможностью переключения счетчика из режима сложения в режим вычитания, и наоборот. Выходы +1 и -1 используются для последовательного соединения одноразрядных счетчиков при формировании многоразрядных десятичных чисел.

В лабораторной работе № 8 изучаются суммирующий и вычитающий двоичные счетчики, выполненные на базе *T*-триггеров, а также реверсивный двоично-десятичный счетчик. Для определения кода на выходах счетчиков используются как двоичный, так и десятичный индикаторы.

## АНАЛОГОВЫЕ И АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА

### 3.1. ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ (к лабораторной работе № 9)

*Усилитель* — это устройство, усиливающее сигналы за счет внешнего источника энергии.

В автоматических системах контроля и управления используют электронные *операционные усилители*, выполненные обычно на микросхемах. Это усилители постоянного тока, обладающие очень большим усилением и имеющие дифференциальный вход, т. е. фактически два входа: прямой и инверсный (рис. Т.3.1, а). Входное напряжение обычно прикладывается между одним из входов и «нулевой точкой» усилителя. Выходной сигнал также снимается относительно этой нулевой точки.

Важнейшая характеристика усилителя — коэффициент усиления  $K_U$ , равный отношению напряжения на выходе усилителя  $U_{\text{ВЫХ}}$  к напряжению на его входе  $U_{\text{ВХ}}$ . Если напряжение подается на прямой вход, то  $U_{\text{ВЫХ}} = K_U U_{\text{ВХ1}}$ , если на инверсный, то  $U_{\text{ВЫХ}} = -K_U U_{\text{ВХ2}}$ , а если на оба входа, то  $U_{\text{ВЫХ}} = K_U (U_{\text{ВХ1}} - U_{\text{ВХ2}})$ .

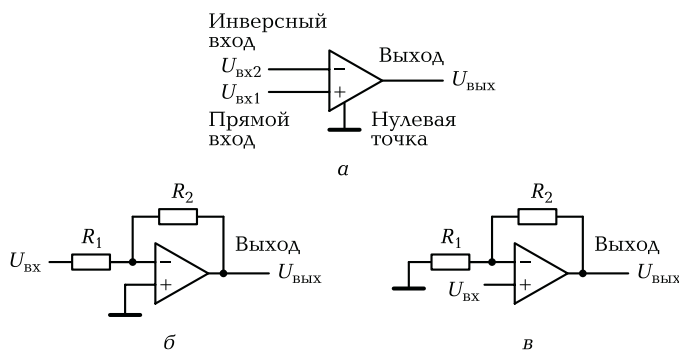


Рис. Т.3.1. Операционный усилитель:

а — графическое обозначение; б, в — усилитель с отрицательной обратной связью

Коэффициент усиления операционного усилителя можно регулировать, введя отрицательную обратную связь с выхода на инверсный вход (рис. Т.3.1, б, в). Подача выходного напряжения на вход частично подавляет входной сигнал, поэтому такая связь называется отрицательной. Нужный коэффициент усиления устанавливается изменением сопротивления одного из резисторов в цепи обратной связи (обычно  $R_2$ ). С достаточной точностью можно считать, что коэффициент усиления с обратной связью  $K_{o.c}$  при подаче входного напряжения на инверсный вход (см. рис. Т.3.1, б) равен  $K_{o.c} = R_2/R_1$ , а при подаче на прямой вход (см. рис. Т.3.1, в)  $K_{o.c} = 2R_2/R_1$ . В лабораторной работе № 9 входное напряжение подается на прямой вход усилителя.

Зависимость выходного напряжения от входного называется *амплитудной характеристикой усилителя* (рис. Т.3.2).

На характеристике выделены три зоны: А, В и С. Зона А соответствует входному сигналу, близкому к нулю, но напряжение на выходе усилителя отлично от нуля — оно равно так называемому напряжению шумов. В зоне В амплитудная характеристика усилителя линейна. В зоне С начинается насыщение усилителя, напряжение на его выходе приближается к напряжению источника питания, а коэффициент усиления падает. В лабораторной работе № 9 предусмотрено построение амплитудной характеристики реального операционного усилителя.

Операционные усилители с большим коэффициентом усиления и без обратной связи широко используются в автоматических системах в качестве *компаратора* — устройства сравнения напряжений, которое также изучается в лабораторной работе № 9.

Если на входы такого усилителя подать два напряжения, то в соответствии с уже приводившейся формулой  $U_{\text{вых}} = K_U (U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}})$  напряжение на выходе будет зависеть от разности входных сигналов. При очень большом коэффициенте усиления даже очень маленькая разница напряжений выведет усилитель в состояние насыщения.

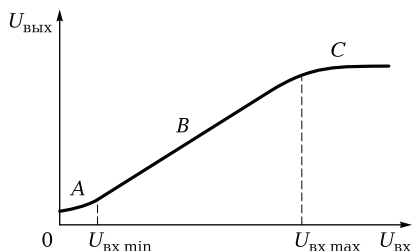


Рис. Т.3.2. Амплитудная характеристика усилителя

Если теперь одно напряжение будет становиться то чуть больше, то чуть меньше другого, выходной сигнал усилителя будет скачком меняться от напряжения питания до нуля, и наоборот. Таким образом, компаратор фиксирует практически момент равенства напряжений на его входах.

## 3.2. КОММУТАТОРЫ

### (к лабораторной работе № 10)

*Коммутатор* — это устройство, подключающее в определенном порядке различные электрические цепи ко входу или выходу какого-либо устройства.

Коммутаторы состоят из переключающих и управляющих элементов.

В качестве переключающих элементов (ключей) часто используют транзисторы, в том числе выполненные на кристаллах микросхем. Через эти элементы проходят сигналы, несущие информацию от датчиков, а также сигналы управления.

Управляющим элементом коммутатора обычно является регистр. Записанный в нем код указывает адрес устройства, от которого приходит или на который должен поступить коммутируемый сигнал, поэтому входы регистра называют *адресными входами* коммутатора.

Коммутатор является аналого-цифровым устройством: через ключи могут проходить как цифровые, так и аналоговые сигналы, а управляется коммутатор цифровыми кодами.

Связь между регистром и ключами обеспечивает дешифратор. Он определяет, какой именно ключ должен открыться при том или ином коде в регистре.

*Дешифратор* в коммутаторе — это цифровое устройство, которое преобразует двоичный код в так называемый позиционный. Он имеет адресные входы для приема двоичного кода и несколько выходов. Каждому двоичному коду на адресных входах дешифратора соответствует сигнал 1 только на одном конкретном выходе. Графическое обозначение дешифратора приведено на рис. Т.3.3.

Дешифратор может быть встроен в микросхему коммутатора, а может представлять собой отдельную микросхему, часто имеющую вход для сигнала разрешения работы. Такой дешифратор испытывается в лабораторной работе № 10.

Коммутаторы, имеющие один вход и несколько выходов, называются *демультиплексорами (DMS)*. В автоматических системах их

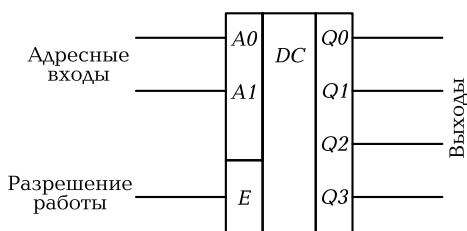
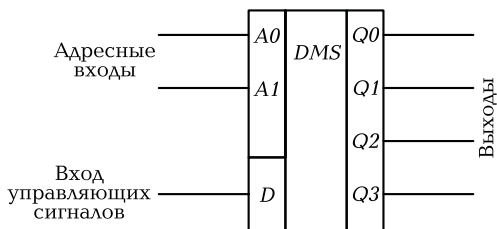


Рис. Т.3.3. Графическое обозначение дешифратора

Рис. Т.3.4. Графическое обозначение демультиплексора



используют обычно для передачи управляющих сигналов от командного устройства на исполнительные механизмы.

Графическое обозначение демультиплексора, изучаемого в лабораторной работе № 10, показано на рис. Т.3.4. В нем имеется двухразрядный регистр с адресными входами  $A_0, A_1$ , встроенный дешифратор, вход  $D$  для приема управляющих сигналов и четыре выхода  $Q_0 \dots Q_3$ . В зависимости от кода на адресных входах дешифратор открывает один из четырех ключей, и управляющий сигнал проходит на соответствующий выход.

Если демультиплексор предназначен для распределения дискретных управляющих сигналов, то его функции может выполнять дешифратор. При этом вход разрешения работы дешифратора будет служить входом управляющих сигналов. Именно так используется микросхема дешифратора в лабораторной работе № 10.

Коммутаторы, имеющие несколько входов и один выход, называются *мультиплексорами (MS)*. Они используются в автоматических системах для поочередной подачи сигналов датчиков на вход общего для них усилителя или аналого-цифрового преобразователя.

Графическое обозначение мультиплексора, используемого в лабораторной работе № 10, приведено на рис. Т.3.5. Он имеет двухразрядный регистр с адресными входами  $A_0, A_1$ , четыре информационных входа  $D_0 \dots D_3$  и один выход  $Q$ . Встроенный дешифратор обеспечивает в зависимости от кода на адресных входах открытие

одного из четырех ключей, передающих сигнал с соответствующего информационного входа на выход.

Двоичные коды на адресные входы мультиплексоров и демультимплексоров поступают от управляющего устройства, которое ведет технологический процесс.

### 3.3. ЦИФРОАНАЛОГОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (к лабораторной работе № 11)

*Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП)* — это устройство, которое преобразует цифровой код в аналоговую величину. В автоматических системах ЦАП используют для связи цифрового устройства управления с аналоговыми исполнительными механизмами.

Обычно выходной величиной ЦАП является электрическое напряжение или ток.

Для реализации ЦАП необходимо выбрать «единицу веса» выходной величины, например значение напряжения или тока, соответствующее «весу» самого младшего разряда входного двоичного числа. Затем в каждом разряде числа, где имеется цифра 1, выбранная «единица веса» умножается на «вес» данного разряда, после чего напряжения или токи всех разрядов суммируются.

В реальных ЦАП указанные операции умножения и сложения выполняются с помощью резистивной матрицы (группы особым образом соединенных резисторов) и транзисторных ключей, управляемых входным регистром (рис. Т.3.6). Количество ключей равно числу разрядов входного двоичного числа. Ключи разрядов, в которых на входе имеется 1, открываются и пропускают на выход ЦАП напряжение или ток, соответствующие «весу» данного разряда, которые затем суммируются.

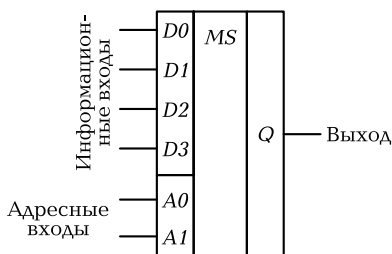


Рис. Т.3.5. Графическое обозначение мультиплексора

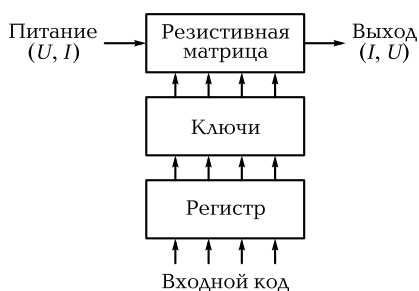


Рис. Т.3.6. Структура цифроаналогового преобразователя



Рис. Т.3.7. Графическое обозначение цифроаналогового преобразователя

Например, для двоичного числа 1011 при выбранном в качестве «единицы веса» напряжении 0,1 В выходное напряжение образуется следующим образом:

$$U_{\text{вых}} = 0,1 \cdot 2^3 + 0,1 \cdot 2^1 + 0,1 \cdot 2^0 = 0,8 + 0,2 + 0,1 = 1,1 \text{ В.}$$

Это и есть результат преобразования двоичного числа 1011 в аналоговую величину.

Графическое обозначение используемого в лабораторной работе № 11 4-разрядного ЦАП представлено на рис. Т.3.7. В обозначении входов указан «вес» каждого разряда входного кода. Используемая микросхема ЦАП является универсальной: при питании током через вывод *I* выходная величина — напряжение на выводе *U*. Если же подавать на вывод *U* напряжение питания, то с вывода *I* можно снимать выходную величину в виде тока. Вывод *R* в лабораторной работе не используется.

Изменяя напряжение или ток питания, можно подобрать «единицу веса» так, чтобы выходная величина изменялась в нужных пределах, в том числе с изменением полярности.

### 3.4. АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (к лабораторной работе № 12)

Для получения информации о значении технологического параметра в виде числа, выводимого оператору или поступающего в устройство управления, сигнал с аналогового датчика должен быть преобразован в цифровую форму. Это делается с помощью аналого-цифрового преобразователя.

*Аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) — это устройство, преобразующее аналоговую величину в цифровой код.

В лабораторной работе № 12 испытываются АЦП разветвляющего и следящего типов.



Принцип работы развертывающего преобразователя заключается в том, что измеряемое напряжение  $U_{вх}$  сравнивается с возрастающим напряжением развертки  $U_0$ , вырабатываемым специальным генератором. Чем больше измеряемое напряжение, тем дольше будет нарастать напряжение генератора, пока не сравняется с измеряемым напряжением (рис. Т.3.8, участок А). Момент равенства напряжений фиксируется компаратором. Значение измеряемого напряжения определяется по времени нарастания напряжения развертки или по коду на выходе цифрового устройства, формирующего это напряжение.

В лабораторной работе напряжение развертки  $U_0$  формируется с помощью счетчика импульсов и цифроаналогового преобразователя (рис. Т.3.9). В момент равенства входного напряжения и напряжения развертки сигнал компаратора прекращает поступление импульсов в счетчик. Код на выходе счетчика в этот момент является выходной величиной АЦП. Для выполнения следующего измерения надо обнулить счетчик и начать счет импульсов заново.

В следующих аналого-цифровых преобразователях цифровой код на выходе счетчика всегда соответствует реальному значению

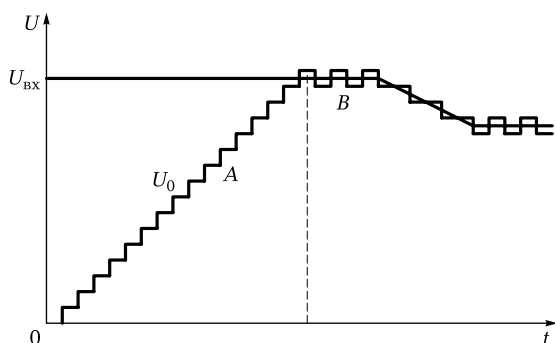


Рис. Т.3.8. Принцип аналого-цифрового преобразования

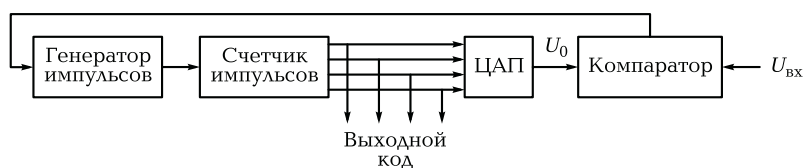


Рис. Т.3.9. Структура развертывающего аналого-цифрового преобразователя

измеряемого напряжения. Поскольку это напряжение может как увеличиваться, так и уменьшаться, в следящем АЦП применяется реверсивный счетчик, а компаратор используется для переключения его режимов.

На начальном этапе следящий АЦП работает так же, как и развертывающий. Выходное напряжение ЦАП увеличивается, пока не превысит  $U_{\text{вх}}$  (см. рис. Т.3.8). В этот момент срабатывает компаратор и переключает реверсивный счетчик в режим вычитания. С очередным импульсом код счетчика уменьшается на 1, при этом уменьшается на одну ступеньку и напряжение на выходе ЦАП, которое вновь оказывается меньше входного напряжения (см. рис. Т.3.8, участок В). Компаратор срабатывает и вновь возвращает счетчик в режим сложения. Следующий импульс снова увеличивает код счетчика и напряжение  $U_0$ , и т. д. В результате напряжение  $U_0$  колеблется около значения входного напряжения, как бы следя за ним (отсюда название «следящий АЦП»).

Так как напряжение  $U_0$  в любой момент практически равно входному напряжению  $U_{\text{вх}}$ , то код счетчика является выходным кодом аналого-цифрового преобразователя.

# УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ

## 4.1. КОМАНДОАППАРАТ С ЖЕСТКОЙ ЛОГИКОЙ (к лабораторной работе № 13)

Устройства управления технологическим оборудованием и технологическими процессами можно разделить на два класса: простейшие устройства, реализующие линейные алгоритмы, и более сложные по функционированию устройства, реализующие алгоритмы с ветвлением, вложенными вспомогательными алгоритмами и т. д.

Устройства управления, формирующие линейную (жесткую) последовательность команд для исполнительных механизмов, называются *командоаппаратами*. Устройства для реализации более сложных алгоритмов строятся на базе микропроцессоров и микроЭВМ и относятся к классу *программируемых контроллеров*.

Командоаппарат в соответствии с алгоритмом управления формирует импульсы напряжения или тока, которые подаются на исполнительный механизм путем замыкания электрической цепи, соединенной с источником питания. Следовательно, задача командоаппарата сводится к замыканию и размыканию в определенные моменты нужных электрических цепей.

Эта задача может быть выполнена как электромеханическими, так и электронными устройствами; электронные командоаппараты могут быть реализованы как аппаратными, так и программными средствами. Структура аппаратно реализованного командоаппарата показана на рис. Т.4.1.

Генератор импульсов формирует последовательность импульсов, подсчитываемых счетчиком. Двоичные коды с выходов счетчика поступают на дешифратор, который выдает сигнал на каждом из своих выходов только при определенном коде счетчика. Включение и выключение исполнительных механизмов (ИМ) производится с помощью реле (электромагнитных или электронных), подключенных к выходам дешифратора. Например, первый исполнительный меха-

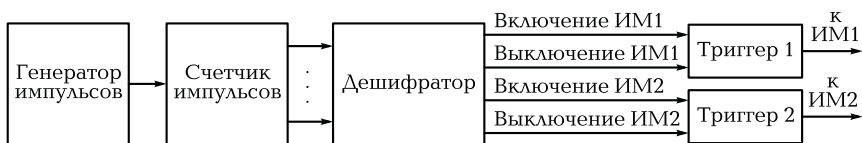


Рис. Т.4.1. Структура электронного командоаппарата с жесткой логикой

низ включается при коде на выходе счетчика 0010, а выключается при 0011, второй включается при коде 0101, а выключается при 1000.

Конкретное время включения и выключения каждого механизма зависит от частоты следования импульсов. При частоте импульсов 1 Гц в приведенном примере исполнительные механизмы включаются и выключаются, как показано на рис. Т.4.2.

По этому принципу построен командоаппарат для управления двумя исполнительными механизмами, испытываемый в лабораторной работе № 13. Он реализует следующий алгоритм:

- 1) пока импульсы поступают на счетчик, выполнять действия:
- 2) при коде 0001 включить ИМ1;
- 3) при коде 0010 выключить ИМ1;
- 4) при коде 0011 включить ИМ1;
- 5) при коде 0100 включить ИМ2;
- 6) при коде 1000 выключить ИМ1 и ИМ2;
- 7) при коде 1001 включить ИМ1;

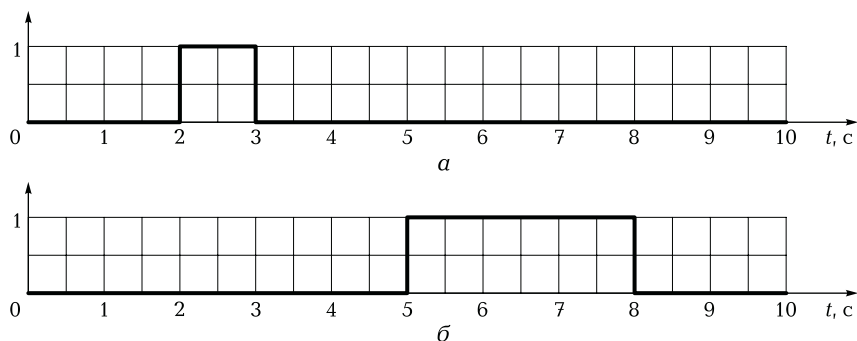


Рис. Т.4.2. Графики сигналов на выходах командоаппарата:

а – выход 1; б – выход 2

- 8) при коде 1010 выключить ИМ1;
- 9) обнулить счетчик импульсов;
- 10) конец цикла.

Серьезный недостаток аппаратно-реализуемых командоаппаратов в том, что любое изменение даже одной команды требует изменения схемы соединений устройств, что и проверяется в лабораторной работе № 13.

Программная реализация подобного командоаппарата будет рассмотрена далее (в лабораторной работе № 16).

## 4.2. ПРОГРАММИРУЕМОЕ РЕЛЕ (ЧАСТЬ 1)

### (к лабораторной работе № 14)

---

Программируемые контроллеры содержат микропроцессор и устройства преобразования информации, предназначенные для связи с технологическим оборудованием. Это устройства ввода данных, соединяемые с датчиками и преобразующие их аналоговые и дискретные сигналы в двоичные коды, и устройства вывода управляющих сигналов, соединяемые с исполнительными механизмами. При необходимости число этих устройств может изменяться.

Используемое в лабораторных работах №№ 14 — 20 *программируемое реле* (ПР) семейства LOGO! фирмы Siemens является упрощенным вариантом программируемого контроллера и отличается тем, что оно не имеет выходов аналоговых сигналов. Тем не менее оно успешно используется для контроля и управления при построении не очень сложных автоматических систем.

Описанные далее действия по составлению программы для ПР, ее вводу и выполнению касаются только функций ПР, связанных с исполнением заданий лабораторных работ №№ 14 — 20. Эти задания охватывают лишь малую часть возможностей, предоставляемых ПР.

Для управления ПР на его лицевой панели имеются кнопки *ESC* (отмена), *OK* (ввод) и кнопки перемещения курсора ▲, ►, ▼, ◀. Реле имеет два состояния: *RUN* (выполнение программы) и *STOP* (программа остановлена).

Если ПР не содержит программы, то после включения на его экране появляется надпись *No Program. Press ESC (Нет программы. Нажмите ESC)*. После нажатия кнопки *ESC* на экране появляется главное меню (рис. Т.4.3).

Если в ПР ранее была введена программа, то после включения реле главное меню появляется сразу. Для удаления старой програм-



> Program..  
Card..  
Setup..  
Start

Рис. Т.4.3. Главное меню программируемого реле

мы нужно при позиции курсора на пункте меню *Program* нажать *OK*, в появившемся новом меню кнопкой  $\blacktriangledown$  перевести курсор в строку *Clear Prg* (*Стереть программу*), нажать *OK*, перевести курсор на *Yes* (*Да*), нажать *OK*, затем с помощью кнопки *ESC* вернуться в главное меню.

Курсор, стоящий на пункте меню *Program* (*Программа*), указывает, что именно с этой позиции начинается работа с программой (ввод или редактирование). Но прежде надо составить саму программу, которая называется коммутационной.

Коммутационная программа для ПР LOGO! представляет собой схему соединения встроенных в реле функциональных блоков (см. рис. Т.4.5), выполняющих или логические (*И*, *ИЛИ*, *НЕ* и др.), или специальные функции (генерирование импульсов, задержка импульсов, усиление аналоговых сигналов, сравнение их значений и др.). Программа должна быть составлена (нарисована) на основе алгоритма, который предстоит выполнить подключенным к выходам ПР исполнительным механизмам. Функциональные блоки отображаются на экране ПР их символьными обозначениями, а соединения между блоками задаются выбором на экране нужных входов (выходов) нужных блоков.

Выходы ПР обозначаются *Q*, дискретные входы *I*, аналоговые входы *AI*. Реле имеет четыре дискретных выхода (*Q1 ... Q4*) и восемь дискретных входов (*I1 ... I8*), два из которых (*I7* и *I8*) могут использоваться как аналоговые входы *AI1* и *AI2*. Входы встроенных в реле блоков обозначаются *In* (дискретный вход) или *A* (аналоговый вход), вход импульса запуска блока *Trg*, вход включения и выключения генератора импульсов *En*. Инверсный вход или выход обозначаются кружком на границе блока. Блоки обозначаются *B* и автоматически нумеруются по мере их ввода в программу.

Для перехода из главного меню в режим ввода коммутационной программы нужно при позиции курсора в строке *Program* трижды нажать кнопку *OK* (до появления на экране символа первого выхода ПР *Q1*).

Основной принцип ввода программы в ПР LOGO! — «от конца схемы к ее началу». Ввод начинается с выбора выхода реле (например, *Q1*), затем указывается функциональный блок, который будет под-

ключен к выходу  $Q1$ , далее выбирается один из входов этого блока, задается соединение этого входа с выходом предыдущего блока и т. д. Если имеется ветвление программы, т. е. блок имеет несколько входов, то вводится сначала одна ветвь (от первого входа к предыдущему блоку и далее), затем другая ветвь (от второго входа к предыдущему блоку и далее) и т. д. При подключении входа блока к одному из входов ПР вместо задания соединения с предыдущим блоком указывается вход реле, к которому производится подключение.

В процессе ввода программы предоставляется возможность выбора нужных соединений и функциональных блоков из следующих списков:

- $Co$  (контакты) — подключение входа блока к одному из входов реле  $I1 \dots I8$ ;
- $GF$  — список встроенных блоков, реализующих основные логические функции;
- $SF$  — список встроенных блоков, реализующих специальные функции;
- $BN$  — подключение к выходам уже введенных блоков (по номерам блоков).

Содержание каждого шага при вводе программы определяется позицией курсора. По мере ввода программы курсор может изменять свой вид: это может быть и мигающая черточка, и мигающий прямоугольник. В любом случае нажатие кнопки  $OK$  означает выбор параметра, на который указывает курсор, и переход к следующему действию. Нажатие кнопки  $ESC$  возвращает программу на шаг назад и дает возможность сделать новый выбор.

По окончании ввода программы нужно несколько раз нажать  $ESC$  до появления на экране главного меню. Для запуска программы надо перевести курсор на пункт меню  $Start$  и нажать кнопку  $OK$ . Для прекращения работы программы надо нажать кнопку  $ESC$ , в положении курсора на строке  $Stop$  нажать  $OK$ , кнопкой  $\blacktriangledown$  перевести курсор в строку  $Yes$  и снова нажать  $OK$ .

В лабораторной работе № 14 составляется и выполняется простейшая коммутационная программа для испытаний блоков, выполняющих основные логические функции НЕ, И, ИЛИ. Основные логические функции являются составной частью многих алгоритмов, и выполняющие эти функции блоки часто входят в коммутационную программу. Символьные обозначения этих блоков в ПР LOGO! приведены на рис. Т.4.4.

Для испытаний блоков, выполняющих основные логические функции, на входы  $I1$  и  $I2$  ПР подаются через кнопки поста управле-

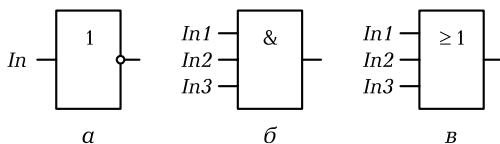


Рис. Т.4.4. Символьные обозначения блоков:

*a* – НЕ; *б* – И; *в* – ИЛИ

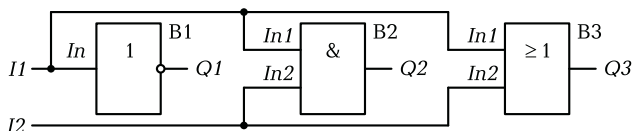


Рис. Т.4.5. Коммутационная программа для испытаний блоков НЕ, И, ИЛИ

ния сигналы 1 или 0. Выходы  $Q1 \dots Q3$  ПР подключаются к лампам блока световой сигнализации, включение которых означает появление сигнала 1 на соответствующем выходе ПР.

При вводе коммутационной программы выходы ПР  $Q1 \dots Q3$  подключаются к выходам испытываемых блоков, а входы всех блоков соединяются с двумя первыми входами реле  $I1$  и  $I2$ . Если блок имеет три или четыре входа, то незадействованные входы можно оставить неподключенными. При написании программы в ней прощаются обозначения выходов и входов ПР LOGO! и его блоков.

Коммутационная программа для испытаний блоков НЕ, И, ИЛИ представлена на рис. Т.4.5.

### 4.3. ПРОГРАММИРУЕМОЕ РЕЛЕ (ЧАСТЬ 2) (к лабораторной работе № 15)

В число встроенных функциональных блоков ПР LOGO!, выполняющих специальные функции, входят:

- интервальное реле: сигнал 1 на выходе блока устанавливается по истечении заданного времени  $T_L$  после поступления 1 на вход *Trg* блока и сохраняется в течение заданного времени  $T_H$ ;



- генератор импульсов: при подаче 1 на вход  $En$  формирует импульсы уровня 1 с заданной длительностью  $T_H$  и заданной паузой между импульсами  $T_L$ ;
- аналоговый пороговый выключатель: сигнал 1 на выходе блока устанавливается при превышении входным аналоговым сигналом  $A_x$  заданного уровня включения  $On$  и снимается при уменьшении входного сигнала ниже уровня выключения  $Off$ ;
- аналоговый компаратор: сигнал 1 на выходе блока устанавливается, когда разность входных сигналов  $A_x - A_y$  превышает заданный уровень включения  $On$ , и снимается, когда разность входных сигналов становится меньше заданного уровня выключения  $Off$ .

В этот список включены только те функциональные блоки, которые используются в лабораторных работах №№ 15—20.

При программировании блоков, выполняющих специальные функции, используется вход управления параметрами блоков  $Par$ . После установки курсора на строку  $Par$  на экране ПР и нажатия кнопки  $OK$  появляется возможность ввода значений  $T_H$ ,  $T_L$ ,  $On$ ,  $Off$  и других параметров.

На рис. Т.4.6 приведены символьные обозначения блоков ПР LOGO!, выполняющих специальные функции.

В лабораторной работе № 15 испытывается аналоговый компаратор программируемого реле и моделируется устройство управления уличным освещением.

Алгоритм управления уличным освещением выглядит следующим образом:

1) если сигнал датчика освещенности меньше сигнала задатчика, то включить освещение (выдать 1 на выход  $Q1$ );

2) иначе (если сигнал датчика больше сигнала задатчика) выключить освещение (выдать 0 на выход  $Q1$ ).

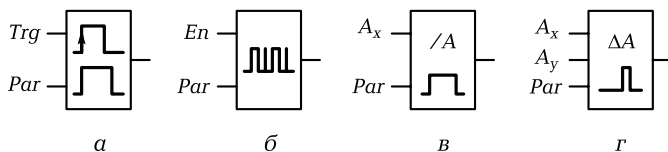


Рис. Т.4.6. Символьные обозначения блоков:

*а* — интервальное реле; *б* — генератор импульсов; *в* — аналоговый пороговый выключатель; *г* — аналоговый компаратор

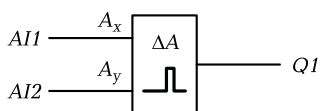


Рис. Т.4.7. Коммутационная программа для испытаний аналогового компаратора и управления уличным освещением

Напряжение от задатчика, которым является мини-блок с переменным резистором, подается на аналоговый вход  $AI1$  ( $I7$ ) ПР. На другой аналоговый вход  $AI2$  ( $I8$ ) при испытании компаратора подается напряжение от второго мини-блока с переменным резистором, а при испытании устройства управления уличным освещением — сигнал от датчика освещенности. Выход реле  $Q1$  соединяется с лампой блока световой сигнализации, имитирующей лампы уличного освещения.

В коммутационной программе выход  $Q1$  подключается к выходу аналогового компаратора, входы которого  $A_x$  и  $A_y$  соединяются с аналоговыми входами  $AI1$  и  $AI2$  ПР, как показано на рис. Т.4.7. Эта программа используется для испытаний как самого аналогового компаратора, так и устройства управления освещением. Установка через вход  $Par$  компаратора отличных от нуля уровней его включения  $On$  и выключения  $Off$  позволяет избежать ситуации «дребезга», когда при равенстве сигналов на входах компаратора выходной сигнал становится неустойчивым.

#### 4.4. КОМАНДОАППАРАТ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕЛЕ (к лабораторной работе № 16)

Командоаппарат, рассмотренный в лабораторной работе № 13, реализован аппаратными средствами, специально подобранными для формирования заданных алгоритмом управляющих сигналов. В лабораторной работе № 16 испытывается командоаппарат, вырабатывающий те же управляющие сигналы, но реализованный программно на основе программируемого реле.

Для воспроизведения той же последовательности управляющих сигналов составим следующий алгоритм:

- 1) пока на входе  $I1$  командоаппарата сигнал разрешения работы выполнет действия:
- 2) выдать сигнал начала 10-секундного интервала на выход  $Q1$ ;

- 3) выдавать сигнал 1 на выход  $Q2$  в течение 2-й секунды;
- 4) выдавать сигнал 1 на выход  $Q2$  в течение интервала с 4-й по 8-ю секунды;
- 5) выдавать сигнал 1 на выход  $Q2$  в течение 10-й секунды;
- 6) выдавать сигнал 1 на выход  $Q3$  в течение интервала с 5-й по 8-ю секунды;
- 7) конец цикла.

Сигнал разрешения работы подается на вход  $I1$  командоаппарата кнопкой поста управления. Выходы командоаппарата (выходы  $Q1 \dots Q3$  ПР) соединяются с лампами блока световой сигнализации (БСС). Лампа, соединенная с выходом  $Q1$ , вспыхивает в момент начала цикла, а лампы, подключенные к выходам  $Q2$  и  $Q3$ , имитируют включение и выключение двух исполнительных механизмов.

В коммутационной программе для формирования управляющих сигналов используются блоки интервальных реле. Выход  $Q1$  подключается к генератору импульсов, формирующему 10-секундный интервал, вход  $En$  которого соединяется с входом  $I1$  ПР. Поскольку на выход  $Q2$  в соответствии с алгоритмом подаются сигналы с трех интервальных реле, он подключается к этим реле через блок ИЛИ. Выход  $Q3$  подключается непосредственно к своему интервальному реле. Входы запуска  $Trg$  всех интервальных реле соединяются с выходом генератора импульсов. Коммутационная программа командоаппарата представлена на рис. Т.4.8.

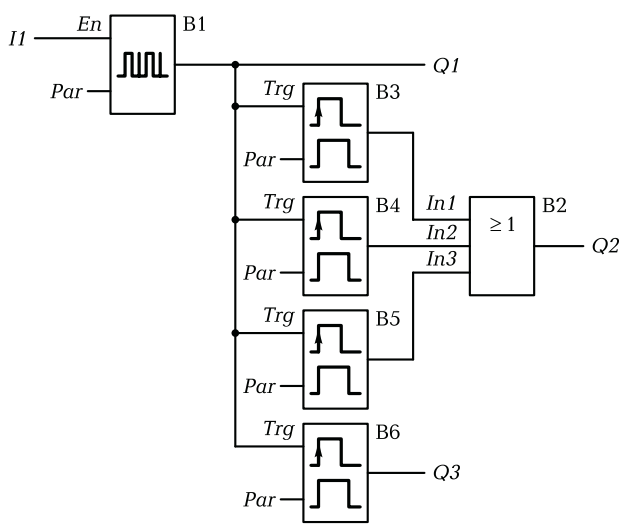


Рис. Т.4.8. Коммутационная программа командоаппарата на основе ПР

Период импульсов генератора (длительность импульса + длительность паузы до следующего импульса) задается через его вход *Par* и устанавливается равным длительности цикла командоаппарата. Для визуального определения момента начала цикла длительность импульса генератора, подаваемого на выход *Q1*, выбирается очень короткой (0,1 с). Интервалы времени, формируемые интервальными реле, задаются установкой времени задержки и продолжительности импульсов через их входы *Par*.

В отличие от командоаппарата, рассмотренного в лабораторной работе № 13, программно-реализованный командоаппарат практически не имеет ограничений на выбор количества управляемых исполнительных механизмов, количества и продолжительности интервалов времени их работы. Любые изменения производятся вводом в коммутационную программу нужного количества интервальных реле и установкой для каждого из них необходимого времени задержки и продолжительности импульса, при этом никаких изменений в схеме соединений делать не нужно.

## 4.5. КОМАНДОАППАРАТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРМ

### (к лабораторной работе № 17)

Испытываемый в лабораторной работе № 17 командоаппарат обеспечивает автоматическое управление светофором, причем время работы каждой из ламп задается программно и легко изменяется. В качестве дополнительной функции введен режим мигания желтого света при выключенной основной программе работы светофора.

Командоаппарат построен аналогично рассмотренному в лабораторной работе № 16, но реализует другой алгоритм. При этом схема соединений остается та же, что в лабораторной работе № 16.

Алгоритм командоаппарата для управления светофором содержит «циклы в цикле» и выглядит таким образом:

- 1) начало цикла;
- 2) пока на входе командоаппарата сигнал 0, выполнять действия:
  - выдавать сигнал 1 на выход *Q1* в течение 1-й секунды;
  - выдавать сигнал 0 на выход *Q1* в течение 2-й секунды;
- 3) конец цикла;
- 4) пока на входе *I1* сигнал 1, выполнять действия:

- выдавать сигнал 1 на выход  $Q1$  с 1-й по 3-ю секунды;
- выдавать сигнал 1 на выход  $Q1$  с 14-й по 16-ю секунды;
- выдавать сигнал 1 на выход  $Q2$  с 4-й по 13-ю секунды;
- выдавать сигнал 1 на выход  $Q3$  с 17-й по 26-ю секунды;

5) конец цикла;

6) пока включено питание командоаппарата, повторять действия цикла.

Сигнал включения основной программы работы светофора подается на вход  $I1$  командоаппарата кнопкой поста управления. Выходы командоаппарата (выходы  $Q1 \dots Q3$  ПР) соединяются с лампами блока световой сигнализации, которые имитируют включение и выключение соответственно желтого, красного и зеленого сигналов светофора.

В алгоритме имеются два цикла: один выполняется, пока на входе  $I1$  ПР сигнал 0, второй — при наличии 1 на входе  $I1$ . Оба цикла входят в «большой» цикл, обеспечивающий их поочередное выполнение, пока включено питание командоаппарата.

В коммутационной программе в первом цикле для подачи сигналов на выход  $Q1$  ПР (включение желтой лампы) используется генератор импульсов, формирующий чередующиеся сигналы 1 и 0, длительность которых задается через вход  $Par$  генератора. Поскольку

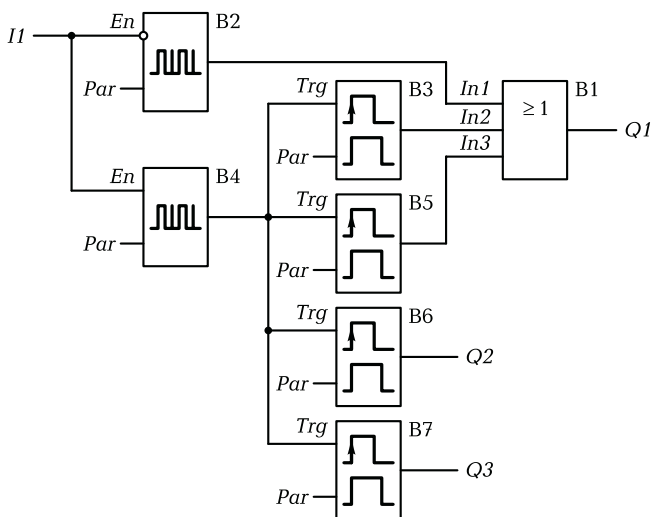


Рис. Т.4.9. Коммутационная программа командоаппарата для управления светофором

ку генератор должен работать при сигнале 0 на входе  $I1$ , производится инвертирование сигнала на его входе  $En$ .

Второй цикл задается вторым генератором импульсов, работающим при сигнале 1 на входе  $I1$ . Длительность формируемых им сигналов 1 и 0 не существенна, главное, чтобы их суммарная длительность равнялась заданному времени цикла (в приведенном алгоритме цикл — 26 с).

Выходы  $Q1$ ,  $Q2$  и  $Q3$  ПР подключаются к соответствующим интервальным реле, входы запуска  $Trg$  которых соединяются с выходом второго генератора импульсов. Нужные интервалы времени задаются установкой времени задержки и продолжительности импульсов интервальных реле через их входы  $Par$ . Так как желтая лампа должна включаться на разных шагах алгоритма, выход  $Q1$  подключается к первому генератору импульсов и к интервальному реле через блок ИЛИ.

Коммутационная схема командоаппарата для управления светодиффузором приведена на рис. Т.4.9.

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

## 5.1. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

(к лабораторной работе № 18)

---

*Система автоматического контроля* осуществляет сбор, обработку, анализ и предоставление оператору информации о параметрах технологического процесса.

Для нормального протекания технологического процесса каждый его параметр должен иметь определенное значение, которое называется *номинальным*. Обычно допускаются колебания значений параметров в некоторых пределах, тогда говорят о *диапазоне номинальных значений* параметра (регламентных границах).

Незначительный выход параметра за пределы диапазона номинальных значений обычно не ведет к каким-либо неприятным последствиям. Система контроля просто предупреждает оператора о необходимости принять меры к скорейшей ликвидации отклонения.

Однако существуют такие максимальные или минимальные значения параметров, при достижении которых нарушается нормальный ход технологического процесса и, может быть, даже возникает опасность аварии. Эти значения называются *предельными*. Превышение предельных значений расценивается как аварийная ситуация. При ее возникновении система контроля включает устройства сигнализации, побуждающие оператора к оперативному вмешательству.

В общих чертах алгоритм системы контроля может быть следующим: задаются регламентные границы и предельные значения технологических параметров, после чего начинается опрос датчиков. Если контролируемый параметр находится в пределах регламентных границ, то система переходит к контролю очередного параметра. Если параметр находится за пределами диапазона номинальных значений, то система предупреждает об этом оператора. Если превышено предельное значение параметра, то оператору выдается

сообщение об аварийной ситуации. После выдачи информации оператору система переходит к опросу очередного датчика и т. д.

В лабораторной работе № 18 испытывается система автоматического контроля температуры внутри модели отапливаемого помещения, построенная на основе ПР. Ее задача не допустить перегрева помещения. Система получает аналоговый сигнал от датчика температуры, сравнивает его с установленной регламентной границей и предельным значением и управляет включением сигнальных ламп, по цвету которых оператор может судить о пребывании параметра внутри диапазона номинальных значений, выходе за его пределы или об аварийной ситуации. Кроме того, значение параметра постоянно выводится на экран ПР. Управление температурой производится вручную включением и выключением нагревателя.

Перед испытанием системы автоматического контроля температуры проводится тестирование системы путем подачи на ее вход регулируемого напряжения и проверки реакции системы на его изменение.

Алгоритм системы автоматического контроля температуры в лабораторной работе № 18 имеет следующий вид:

- 1) начало цикла;
- 2) если сигнал датчика температуры больше предельного значения, то выдать аварийный сигнал на выход  $Q1$  (включить красную лампу);
- 3) иначе, если сигнал датчика температуры больше регламентной границы, то выдать предупредительный сигнал на выход  $Q2$  (включить желтую лампу);
- 4) иначе, выдать сигнал «норма» на выход  $Q3$  (включить зеленую лампу);
- 5) конец ветвления;
- 6) пока включено питание системы, повторять действия цикла.

Сигнал датчика температуры поступает на вход  $I7$  ( $A11$ ) ПР, а выходы  $Q1 \dots Q3$  соединяются с лампами блока световой сигнализации. При тестировании системы контроля на вход  $I7$  ( $A11$ ) подается сигнал с переменного резистора поста управления.

Для оценки сигнала датчика используются два аналоговых пороговых выключателя, к которым подключаются выходы  $Q1 \dots Q2$  ПР. Входы пороговых выключателей соединяются со входом  $A11$  ПР. Один из этих выключателей производит сравнение сигнала датчика с предельным значением, другой — с регламентной границей. При выполнении условия «если» на выходе порогового выключателя появляется сигнал 1, что приводит к включению соответствующей лампы. При невыполнении условия «если», т. е. при 0 на выходе по-



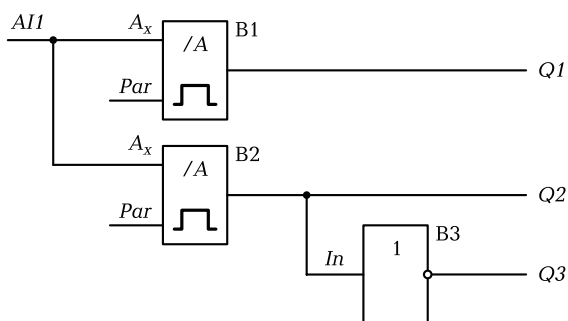


Рис. Т.5.1. Коммутационная программа системы автоматического контроля

рогового выключателя, сигнал 1 для включения зеленой лампы можно получить с помощью блока НЕ.

Коммутационная программа системы автоматического контроля приведена на рис. Т.5.1.

Предусмотренные в работе предельное значение температуры 42 °С и значение регламентной границы 40 °С вводятся в пороговые выключатели через входы *Par*.

## 5.2. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ (к лабораторной работе № 19)

Главной задачей системы автоматического управления является ведение технологического процесса, т. е. формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы в соответствии с алгоритмом процесса и информацией, получаемой от датчиков технологических параметров.

В отличие от командоаппаратов, системы автоматического управления содержат устройства ввода данных, принимающие сигналы датчиков, и способны корректировать ход технологического процесса с учетом всех влияющих факторов. Датчики систем управления в первую очередь обеспечивают обратную связь, давая информацию о реакции исполнительного механизма на управляющий сигнал.

В ответ устройство управления прекращает воздействие на механизм или продолжает его с прежними или новыми параметрами.

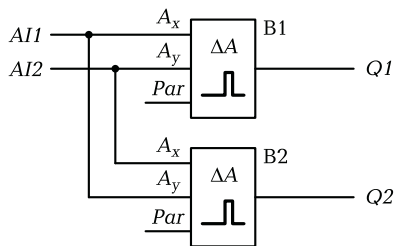


Рис. Т.5.2. Коммутационная программа системы автоматического управления исполнительным электродвигателем

Система автоматического управления исполнительным электродвигателем на основе программируемого реле, испытываемая в лабораторной работе № 19, поворачивает вал электродвигателя на определенный угол в зависимости от интенсивности света, падающего на датчик освещенности. Установленный на валу потенциометрический датчик вырабатывает сигнал, пропорциональный углу поворота вала. По цепи обратной связи этот сигнал поступает в ПР, которое формирует управляющий сигнал для двигателя с учетом как угла поворота вала, так и засветки датчика освещенности.

Алгоритм системы автоматического управления электродвигателем имеет следующий вид:

- 1) начало цикла;
- 2) если сигнал датчика освещенности меньше сигнала датчика угла поворота вала, то выдать 1 на выход  $Q1$  (поворот вала влево);
- 3) иначе, если сигнал датчика освещенности больше сигнала датчика угла поворота вала, то выдать 1 на выход  $Q2$  (поворот вала вправо);
- 4) иначе, выдать 0 на выходы  $Q1$  и  $Q2$ ;
- 5) конец ветвления;
- 6) пока включено питание системы, повторять действия цикла.

Сигнал датчика электродвигателя подается на вход  $I7$  ( $AI1$ ) ПР, а сигнал датчика освещенности на вход  $I8$  ( $AI2$ ). Выходы  $Q1$  и  $Q2$  ПР подключаются к входам 2 (вращение влево) и 3 (вращение вправо) электродвигателя. При тестировании системы контроля на вход  $I8$  ( $AI2$ ) подается сигнал с переменного резистора поста управления.

В коммутационной программе (рис. Т.5.2) выходы  $Q1$  и  $Q2$  подключаются к аналоговым компараторам, входы которых соединяются с аналоговыми входами  $AI1$  и  $AI2$  ПР. Поскольку один компаратор должен включаться при положительной разности сигналов на входах

$AI1$  и  $AI2$ , а другой — при отрицательной разности этих же сигналов, то входы  $A_x$  и  $A_y$  компараторов подключаются к входам  $AI1$  и  $AI2$  ПР противоположно.

Для исключения «дребезга» и формирования сигнала 0 на двух выходах ПР при равенстве сигналов датчиков в компараторах задается отличный от нуля уровень включения (через входы  $Par$ ).

### 5.3. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ (к лабораторной работе № 20)

Задача системы автоматического регулирования — поддержание постоянного значения регулируемого параметра или его изменение по заданному закону.

Система должна следить за значением параметра и при его отклонении от заданного создавать такое управляющее воздействие на исполнительный механизм, которое обеспечит возврат параметра к нужному значению. Воздействие продолжается до тех пор, пока значение регулируемого параметра не станет равным заданному.

Для задания нужного значения параметра используют устройство, называемое *задатчиком*. Если сигнал, поступающий от задатчика, не изменяется с течением времени, то система регулирования называется *стабилизирующей*.

Такая система автоматического регулирования температуры испытывается в лабораторной работе № 20. Алгоритм системы:

- 1) пока на входе  $I1$  сигнал 1, выполнять действия:
- 2) если сигнал датчика температуры меньше сигнала задатчика, то выдать 1 на выход  $Q1$ ;
- 3) иначе, выдать 0 на выход  $Q1$ ;
- 4) конец ветвления;
- 5) конец цикла.

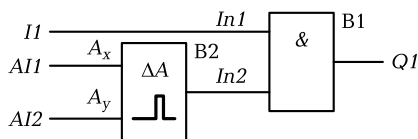


Рис. Т.5.3. Коммутационная программа системы автоматического регулирования температуры

Сигнал задатчика (переменного резистора поста управления) подается на вход *I7* (*AI1*) ПР, а сигнал датчика температуры модели отапливаемого помещения поступает на вход *I8* (*AI2*). Выход *Q1* ПР соединяется с нагревателем модели отапливаемого помещения, в качестве которого используется лампа накаливания. Сигнал разрешения работы системы автоматического регулирования подается на вход *I1* от кнопки поста управления. Сигналы задатчика и датчика сравниваются аналоговым компаратором.

В коммутационной программе (рис. Т.5.3) выход *Q1* ПР подключается к блоку *И*, обеспечивающему работу системы только при наличии сигнала 1 на входе *I1*. Один вход блока *И* соединяется с входом *I1* ПР, а другой его вход подключается к выходу компаратора. Входы компаратора соединяются с входами *AI1* и *AI2* ПР.

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## II

### РАЗДЕЛ

# БЕСКОНТАКТНЫЕ ДАТЧИКИ-ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами работы индуктивного, емкостного и оптического бесконтактных датчиков-выключателей.

1.2. Изучить экспериментально работу бесконтактных датчиков-выключателей.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний являются индуктивный, емкостный и оптический бесконтактные датчики-выключатели.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания датчиков линейного положения (БИД);
- стальная пластина-имитатор технологического оборудования (ТО) в зажиме;
- блок программируемого реле (БПР);
- блок световой сигнализации (БСС);
- однофазный источник питания (ИП) с устройством защитного отключения (УЗО) и автоматическими выключателями;
- соединительные провода и переходники.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Источником питания датчиков является блок программируемого реле.

Индикатором состояния датчиков служит блок световой сигнализации.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БПР в положение «Выкл.» (положение О); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БПР (положение I).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 3.1.5. Датчики и 4.2.8. Датчики дискретных параметров [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 1.1).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БПР выключены.

4.4. Извлеките БИД из стенда и расположите его на рабочем столе перед стендом.

**Испытание индуктивного бесконтактного датчика-выключателя.**

4.5. Установите в каретку горизонтального перемещения БИД блок индуктивного бесконтактного датчика-выключателя так, чтобы цилиндрический датчик был ориентирован в сторону каретки вертикального перемещения.

4.6. Установите зажим со стальной пластиной-имитатором ТО в нижние гнезда каретки вертикального перемещения. Рукояткой вертикального перемещения установите каретку с зажимом на уровне 50...60 мм по вертикальной линейке.

4.7. Вращая рукоятку горизонтального перемещения, установите левую плоскость корпуса датчика на отметку 10 мм горизонтальной линейки.

4.8. Соберите схему в соответствии с рис. 1.1. Для этого:

- гнездо +24 В датчика-выключателя соедините с шиной питания +24 В БПР, а гнездо 0 В датчика — с шиной питания 0 В БПР;
- гнездо Выход датчика соедините через переходник с выводом одной из ламп БСС, а другой ее вывод — с шиной питания 0 В.

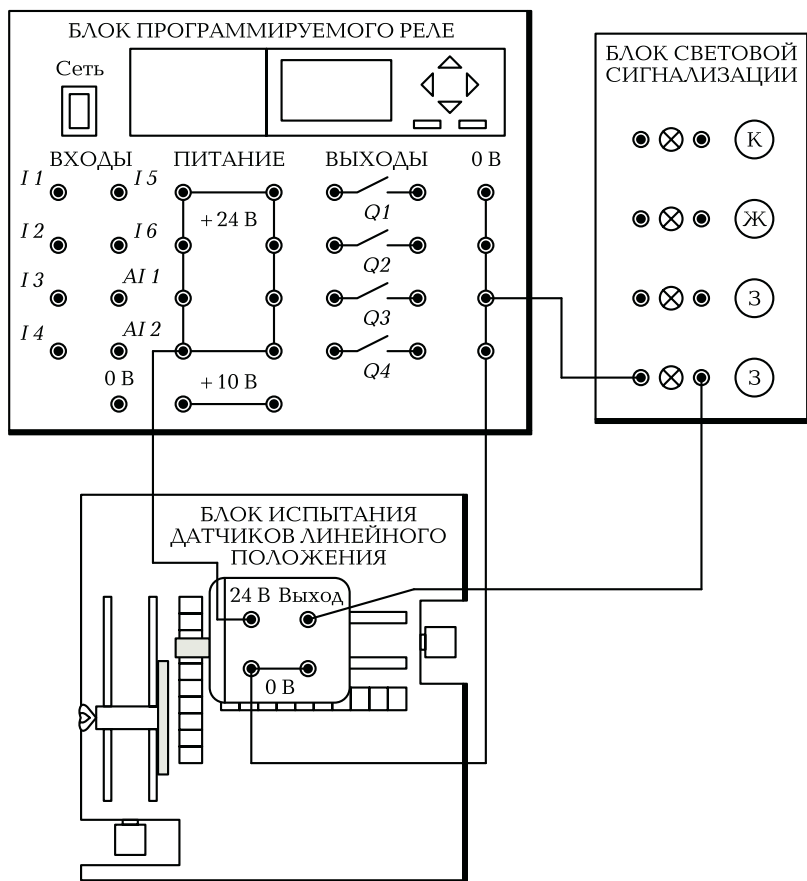


Рис. 1.1. Схема соединений для испытаний бесконтактных датчиков-выключателей

4.9. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БПР.

4.10. Вращая рукоятку вертикального перемещения и наблюдая за состоянием лампы БСС, подведите пластину-имитатор ТО снизу к датчику до момента его включения (загорания лампы БСС).

4.11. Вращая рукоятку вертикального перемещения в обратном направлении, перемещайте пластину вниз до момента выключения датчика (погасания лампы БСС). Обратите внимание на наличие гистерезиса датчика.

4.12. Сообщите о проведенных испытаниях преподавателю.



4.13. Вращая рукоятку вертикального перемещения, установите пластину ниже уровня поверхности датчика.

4.14. Установите выключатель Сеть БПР в положение «Выкл.». Отключите провода от датчика и извлеките его из каретки.

**Испытание емкостного бесконтактного датчика-выключателя.**

4.15. Установите в каретку горизонтального перемещения БИД блок емкостного бесконтактного датчика-выключателя так, чтобы датчик был ориентирован в сторону каретки вертикального перемещения.

4.16. Повторите пп. 4.7... 4.11.

4.17. Сообщите о проведенных испытаниях преподавателю.

4.18. Вращая рукоятку вертикального перемещения, установите пластину-имитатор ТО ниже уровня поверхности датчика.

4.19. Установите выключатель Сеть БПР в положение «Выкл.». Отключите провода от датчика и извлеките его из каретки.

**Испытание оптического бесконтактного датчика-выключателя.**

4.20. Установите в каретку горизонтального перемещения БИД блок оптического бесконтактного датчика-выключателя так, чтобы датчик был ориентирован в сторону каретки вертикального перемещения.

4.21. Повторите пп. 4.7... 4.11.

4.22. Сообщите о проведенных испытаниях преподавателю.

4.23. Вращая рукоятку вертикального перемещения, установите пластину-имитатор ТО ниже уровня поверхности датчика. Извлеките зажим с пластиной из каретки.

4.24. Установите выключатель Сеть БПР в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода и извлеките датчик из каретки. Установите БИД на его место на стенде.

4.25. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 1

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---



---

5.1.2. Изменится ли сигнал на выходе оптического датчика-выключателя, если вместо стального объекта на том же расстоянии расположить алюминиевый объект тех же размеров, формы и цвета? Объясните, почему:

---

---

---

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.2. Схема соединений.

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? Какой из испытанных датчиков-выключателей — индуктивный, емкостный или оптический — более удобен для применения и почему?)

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Для чего используют датчики-выключатели?
2. Назовите основную характеристику бесконтактных датчиков-выключателей.
3. Как работают индуктивные бесконтактные датчики-выключатели?
4. Как работают емкостные бесконтактные датчики-выключатели?
5. Как работают оптические бесконтактные датчики-выключатели?
6. Почему в оптических датчиках используется кодированное излучение?
7. Объясните понятие «гистерезис».

# АНАЛОГОВЫЕ ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

---

1.1. Ознакомиться с принципами работы аналоговых датчиков положения.

1.2. Определить экспериментально функции преобразования индуктивного и резистивного датчиков положения.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

---

2.1. Объектом испытаний являются индуктивный и резистивный аналоговые датчики положения.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания датчиков линейного положения;
- стальная пластина-имитатор технологического оборудования в зажиме;
- электронагреватель (ЭН);
- блок программируемого реле;
- блок мультиметров (БМ);
- однофазный источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода и переходники.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

---

Источником питания индуктивного датчика является блок программируемого реле, а резистивного датчика — электронагреватель.

Для измерения выходных сигналов датчиков используется блок мультиметров. Если показания включенного мультиметра через некоторое время исчезают, установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние, затем снова нажмите ее.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БПР или ЭН в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БПР или ЭН (положение I).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 3.1.5. Датчики и 4.2.3. Датчики линейных и угловых перемещений [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 1.2).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть БПР, ЭН и БМ выключены.

4.4. Извлеките БИД из стенда и расположите его на рабочем столе перед стендом.

**Испытания индуктивного аналогового датчика положения.**

4.5. Установите в каретку вертикального перемещения БИД блок индуктивного датчика линейного положения так, чтобы датчик был ориентирован в сторону каретки горизонтального перемещения.

4.6. Вращая рукоятку вертикального перемещения, установите риску на корпусе датчика на отметку 100 мм вертикальной линейки.

4.7. Соберите схему в соответствии с рис. 2.1. Для этого:

- гнездо +24 В датчика соедините с шиной питания +24 В БПР, а гнездо 0 В датчика — с шиной питания 0 В БПР;
- гнезда Выход и 0 В датчика соедините через переходники соответственно с гнездами А и СОМ левого мультиметра (МУ-60Т);
- переключателем пределов измерения левого мультиметра установите предел измерения постоянного тока 200 мА (200m, сектор А=).

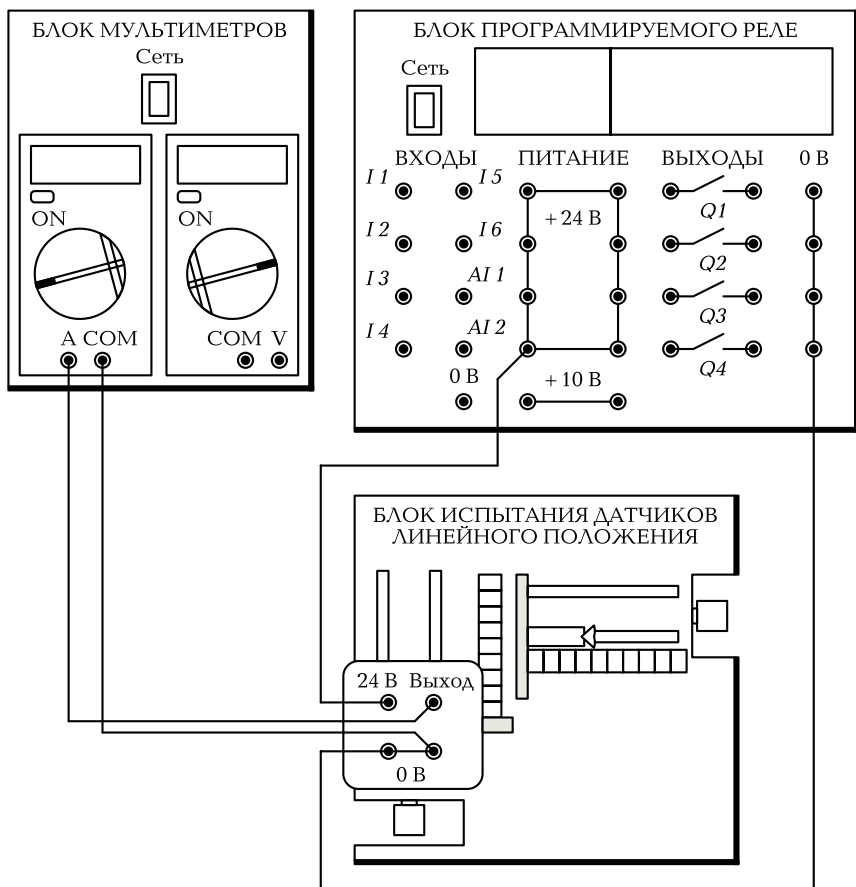


Рис. 2.1. Схема соединений для испытаний индуктивного датчика линейного положения

4.8. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть БПР и БМ. Включите левый мультиметр, нажав его кнопку *ON/OFF*.

4.9. Установите зажим со стальной пластиной-имитатором ТО в нижние гнезда каретки горизонтального перемещения.

4.10. Вращая рукоятку горизонтального перемещения, установите пластину на отметку 10 мм горизонтальной линейки. Определите по показаниям мультиметра выходной ток датчика и занесите его в табл. 2.1.

4.11. Вращая рукоятку горизонтального перемещения, отодвигайте пластину от датчика, через каждые 5 мм измеряйте выходной ток и заносите его в табл. 2.1. Измерения проводите до достижения координаты 40 мм.

4.12. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.13. Установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние. Установите выключатели Сеть БПР и БМ в положение «Выкл.». Отключите все соединительные провода и извлеките зажим с пластиной и индуктивный датчик из кареток. Установите БИД на его место на стенде.

#### **Испытания резистивного аналогового датчика положения.**

4.14. Установите в верхние гнезда каретки горизонтального перемещения БИД резистивный аналоговый датчик линейного положения, как показано на рис. 2.2.

4.15. Переместите движок датчика в крайнее левое положение. Затем, вращая рукоятку горизонтального перемещения, установите датчик в такое положение, чтобы его движок оказался на отметке 0 горизонтальной линейки.

4.16. Соберите схему в соответствии с рис. 2.2. Для этого:

- гнезда +5 В и 0 В датчика соедините соответственно с гнездами +5 В и 0 В ЭН;

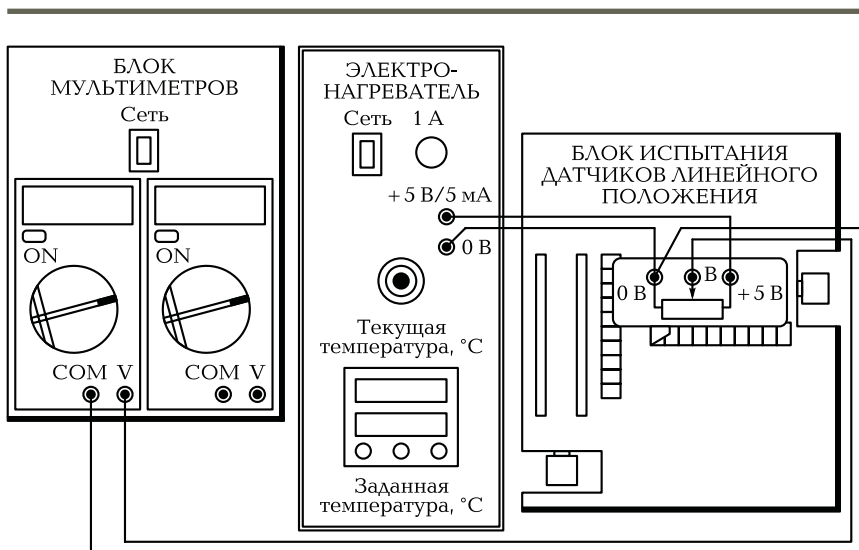


Рис. 2.2. Схема соединений для испытаний резистивного датчика линейного положения

- гнезда Выход и 0 В датчика соедините через переходники соответственно с гнездами V и СОМ левого мультиметра;
- переключателем пределов измерения левого мультиметра установите предел измерения постоянного напряжения 20 В (20, сектор V=).

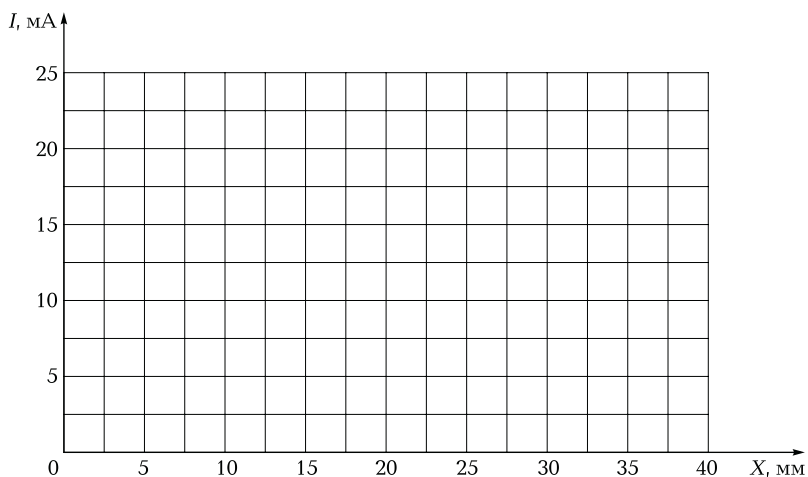


Рис. 2.3. Функция преобразования индуктивного аналогового датчика линейного положения

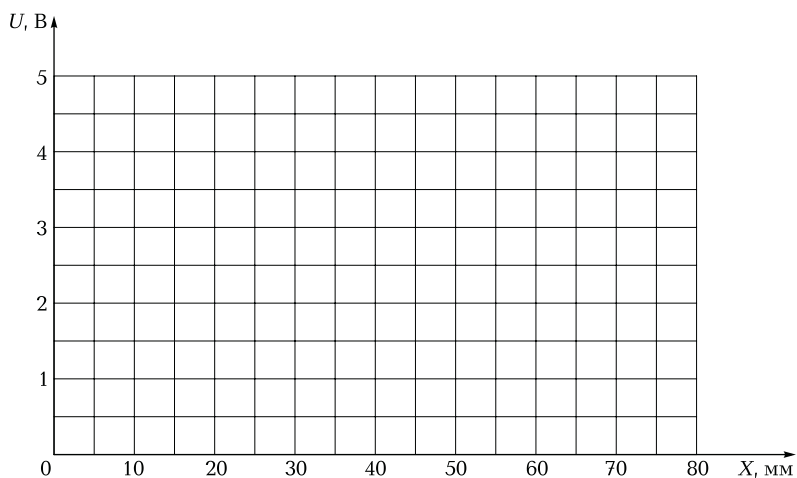


Рис. 2.4. Функция преобразования резистивного аналогового датчика линейного положения

4.17. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть ЭН и БМ. Включите левый мультиметр, нажав кнопку *ON/OFF*.

4.18. Перемещайте движок датчика вправо от 0 до 80 мм, через каждые 10 мм измеряя выходное напряжение датчика мультиметром и занося его в табл. 2.2.

4.19. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.20. Установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние. Установите выключатели Сеть ЭН и БМ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отсоедините все провода и извлеките датчик из каретки БИД.

4.21. На основе данных табл. 2.1, 2.2 постройте графики функций преобразования индуктивного и резистивного датчиков (рис. 2.3, 2.4).

4.22. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 2

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---

---

---

---

5.1.2. При некотором перемещении объекта выходной сигнал аналогового датчика положения с линейной функцией преобразования изменился на 8 мА. Что произойдет с выходным сигналом датчика, если объект переместится на вдвое большее расстояние:

- а) выходной сигнал датчика увеличится в 2 раза;
- б) выходной сигнал датчика уменьшится в 2 раза;
- в) изменение выходного сигнала датчика будет в 2 раза больше;
- г) изменение выходного сигнала датчика будет в 2 раза меньше;
- д) изменение выходного сигнала датчика непредсказуемо?

Ответ: \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_



## 5.2. Схемы соединений и таблицы результатов.

Таблица 2.1. Результаты испытаний индуктивного датчика положения

Координата $X$ , мм	10	15	20	25	30	35	40
Выходной ток $I$ , мА							

Таблица 2.2. Результаты испытаний резистивного датчика положения

Координата $X$ , мм	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Выходное напряжение $U$ , В									

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.3. Графическая часть.

**5.4. Выводы.** (Какие испытания проведены? Какое преимущество имеет индуктивный датчик положения перед резистивным? Оцените линейность функций преобразования двух датчиков.)

---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение датчиков линейного положения?
2. Перечислите возможные виды датчиков линейного положения.
3. Как работает индуктивный аналоговый датчик положения?
4. Как работает резистивный аналоговый датчик положения?

# ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципом работы аналогового датчика давления.

1.2. Определить экспериментально функцию преобразования дифференциального датчика давления.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является аналоговый дифференциальный датчик давления с тензорезистором.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания датчика давления (БИДД);
- электронагреватель;
- блок мультиметров;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода и переходники.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Испытываемый датчик соединен с водяным манометром, который используется для создания и измерения разности давлений.

Источником питания датчика является электронагреватель.

Для измерения выходного напряжения датчика используется блок мультиметров. Если показания включенного мультиметра через некоторое время исчезают, установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние, затем снова нажмите ее.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть ЭН в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть ЭН (положение 1).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 4.2.2. Первичные механические преобразователи и 4.2.5. Датчики деформации [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 1.3).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть ЭН и БМ выключены.

4.4. Соберите схему в соответствии с рис. 3.1. Для этого:

- гнезда +5 В и 0 В датчика давления соедините соответственно с гнездами +5 В и 0 В ЭН;
- гнезда U2(P) (выход) и 0 В датчика соедините через переходники соответственно с гнездами V и СОМ левого мультиметра;
- переключателем пределов измерения левого мультиметра установите предел измерения постоянного напряжения 20 В (20, сектор V=).

4.5. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть ЭН и БМ. Включите левый мультиметр, нажав кнопку *ON/OFF*.

4.6. Разместив зажимы на одном уровне в нижней части линейек, установите одинаковые уровни воды в левой и правой трубках. Выходное напряжение датчика при нулевой разности давлений занесите в табл. 3.1.

4.7. Переместите левый зажим вверх вдоль линейки так, чтобы уровень воды в левой трубке стал на 10 мм выше, чем в правой (положительная разность давлений). Определите выходное напряжение датчика и занесите его в табл. 3.1.

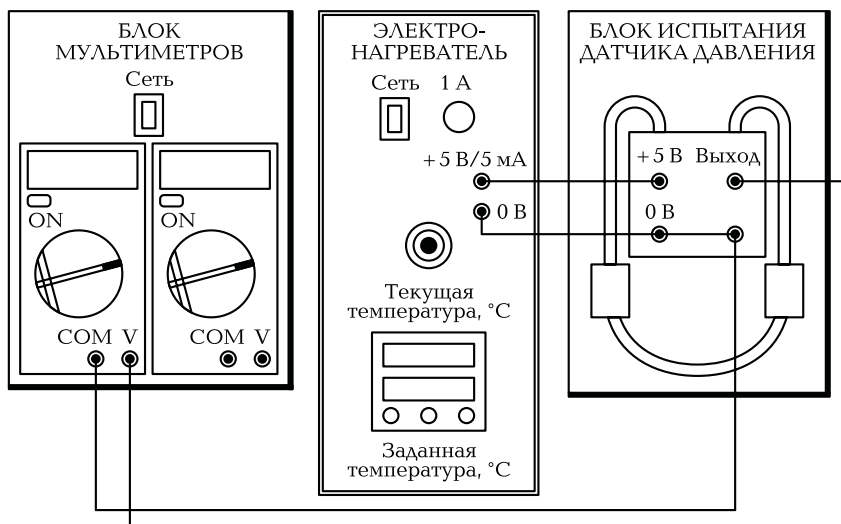


Рис. 3.1. Схема соединений для испытаний датчика давления

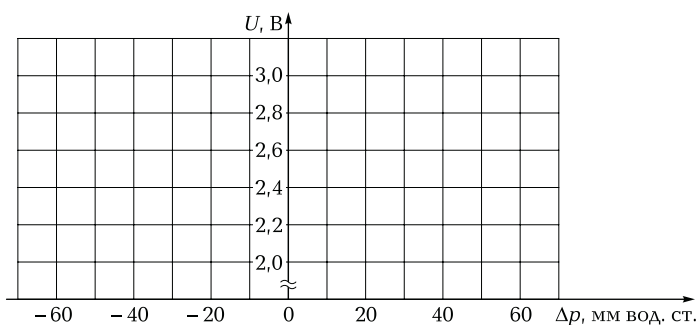


Рис. 3.2. Зависимость напряжения на выходе датчика от разности давлений

4.8. Продолжая перемещать левый зажим вверх, повторяйте измерения через каждые 10 мм разности уровней, поддерживая неизменным уровень воды в правой трубке. Результаты измерений заносите в табл. 3.1.

4.9. Сдвинув левый зажим вниз, восстановите одинаковые уровни воды в трубках. Перемещая правый зажим вверх вдоль линейки (отрицательная разность давлений), определяйте выходное напряжение датчика через каждые 10 мм разности уровней, поддерживая неизменным уровень воды в левой трубке. Результаты измерений заносите в табл. 3.2.

4.10. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.11. Установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние. Установите выключатели Сеть ЭН и БМ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода.

4.12. На основе данных табл. 3.1, 3.2 постройте график зависимости напряжения на выходе дифференциального датчика от разности давлений (рис. 3.2).

4.13. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 3

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---



---



---



---

5.1.2. Переведите давление, выраженное в миллиметрах водяного столба, в давление в паскалях (для своего варианта):

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
мм вод. ст.	15	25	35	45	55	65	75	85

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ: Па

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.2. Схема соединений и таблицы результатов.

Таблица 3.1. Результаты испытаний датчика давления при положительной разности давлений

Разность давлений $\Delta p$ , мм вод. ст.	0	+10	+20	+30	+40	+50	+60
Выходное напряжение $U$ , В							

Таблица 3.2. Результаты испытаний датчика давления при отрицательной разности давлений

Разность давлений $\Delta p$ , мм вод. ст.	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60
Выходное напряжение $U$ , В							

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.3. Графическая часть.

**5.4. Выводы.** (Какие испытания проведены? Оцените линейность функции преобразования датчика.)

---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как можно измерить давление жидкости или газа?
2. Что такое тензорезистор?
3. Каковы функции устройства нормализации сигналов при измерении давления?
4. Для чего в лабораторной работе используется водяной манометр?

# ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

---

1.1. Ознакомиться с принципами работы аналоговых датчиков температуры.

1.2. Определить экспериментально функции преобразования термопреобразователя сопротивления и термоэлектрического преобразователя.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

---

2.1. Объектами испытаний являются аналоговые термопреобразователи сопротивления ТС125, КТ110 и термоэлектрический преобразователь ТПК265 на основе термопары хромель—алюмель.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- электронагреватель;
- блок мультиметров;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода и переходники.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

---

Необходимая температура устанавливается и поддерживается автоматическим регулятором температуры электронагревателя.

Для измерения выходного сопротивления или напряжения используется блок мультиметров. Если показания включенного мультиметра

тиметра через некоторое время исчезают, установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние, затем снова нажмите ее.

Перед включением питания правого мультиметра (МУ65) убедитесь, что кнопка *HOLD* на его панели отжата.

**Внимание!** Для исключения ожога рук при извлечении нагретого датчика всегда берите его за корпус у соединительных проводов.

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 4.2.7. Датчики температуры [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 1.4).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть ЭН и БМ выключены.

4.4. Соберите схему для испытаний термопреобразователя сопротивления (медного ТС125-50М или полупроводникового КТ110 — по указанию преподавателя) в соответствии с рис. 4.1. Для этого:

- установите в отверстие в лицевой панели ЭН термопреобразователь сопротивления;

**Внимание!** Для исключения нагрева датчиков от рук их необходимо брать за корпус у соединительных проводов.

- подключите выводы термопреобразователя к гнездам СОМ и  $\Omega$  левого мультиметра;
- переключателем пределов измерения левого мультиметра установите предел измерения сопротивления 200 Ом для ТС125-50М (200, сектор  $\Omega$ ) или 20 кОм для КТ110 (20к, сектор  $\Omega$ ).

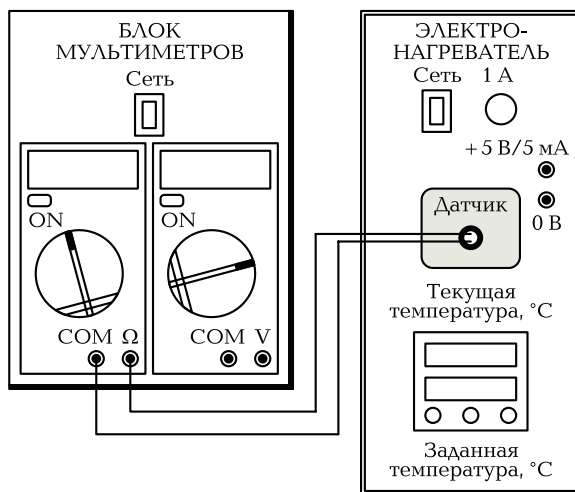
4.5. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть ЭН и БМ.

4.6. Включите левый мультиметр, нажав его кнопку *ON/OFF*.

4.7. В верхней строке индикатора блока ЭН отображается текущая температура электронагревателя, которая до включения процесса нагрева равна температуре окружающей среды. Занесите это значение в табл. 4.2 в последнюю клетку строки «Температура».



Рис. 4.1. Схема соединений для испытаний термопреобразователей сопротивления



4.8. Задайте автоматическому регулятору значение температуры 75 °С. Для этого:

- кнопкой ▲ или ▼ установите в нижней строке индикатора значение 75 (мигает);
- дважды нажмите кнопку √ — в нижней строке появится сообщение *Stop* (Стоп), указывающее, что автоматический режим регулятора выключен. Включите его, нажимая кнопку ▲ или ▼ до появления мигающего сообщения *run* (Работа).

4.9. Дважды нажав кнопку √, следите за ростом температуры в верхней строке индикатора и при достижении значений 30, 40, 50, 60, 70 °С заносите сопротивление термопреобразователя (показания левого мультиметра) в табл. 4.1.

4.10. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.11. Установите кнопку *ON/OFF* левого мультиметра в отжатое состояние. Отключите термопреобразователь от мультиметра и извлеките его из отверстия.

**Внимание!** Для исключения ожога рук при извлечении датчика всегда берите его за корпус у соединительных проводов.

4.12. Соберите схему для испытаний термоэлектрического преобразователя ТПК265 в соответствии с рис. 4.2. Для этого:

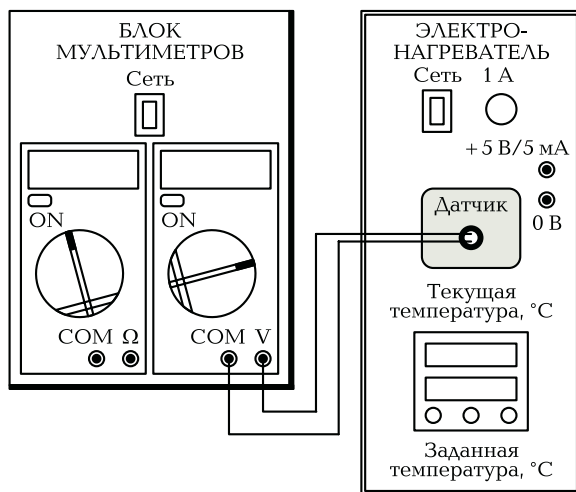


Рис. 4.2. Схема соединений для испытаний термоэлектрического преобразователя

- установите в отверстие в лицевой панели ЭН термоэлектрический преобразователь ТПК265;
- подключите выводы преобразователя к гнездам COM и V правого мультиметра, соблюдая полярность (цвет гнезда мультиметра должен совпадать с цветом вставляемой в это гнездо вилки);
- переключателем пределов измерения правого мультиметра установите предел измерения напряжения 200 мВ (200m, сектор V=).

4.13. Включите правый мультиметр, нажав его кнопку *ON/OFF*.

**Внимание!** Перед включением мультиметра его кнопка *HOLD* должна быть отжата!

4.14. Выключите автоматический режим регулятора температуры. Для этого:

- нажмите кнопку  $\sqrt{\quad}$ , затем кнопку  $\blacktriangle$  или  $\blacktriangledown$  до появления мигающего сообщения *Stop*;
- дважды нажмите кнопку  $\sqrt{\quad}$ . Автоматический режим регулятора выключается, а в верхней строке индикатора отображается падающая текущая температура.

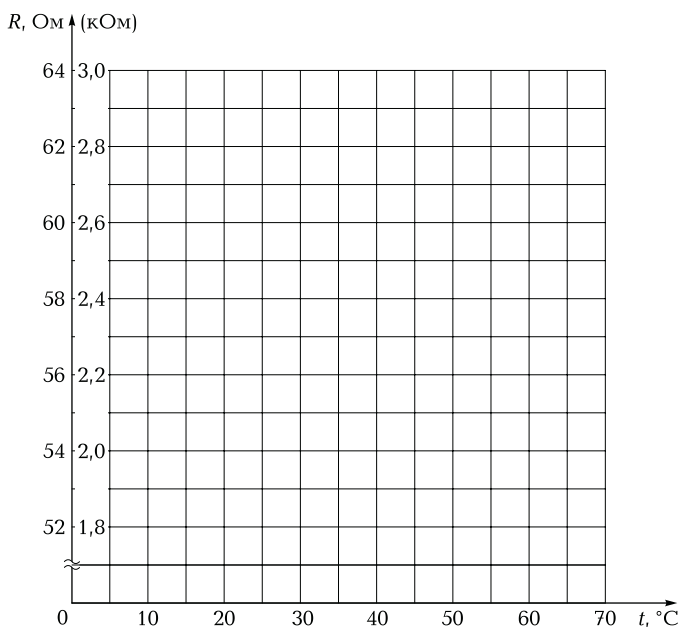


Рис. 4.3. Зависимость сопротивления терморезистора от температуры

4.15. При достижении каждого из указанных в табл. 4.2 значений температуры определяйте напряжение на выходе преобразователя (показания правого мультиметра) и заносите его в среднюю строку табл. 4.2.

4.16. После заполнения средней строки табл. 4.2 отключите преобразователь от мультиметра и извлеките его из отверстия.

4.17. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.18. Установите кнопку *ON/OFF* правого мультиметра в отжатое состояние. Установите выключатели Сеть ЭН и БМ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП.

4.19. Найдите в табл. 4.3 термоЭДС холодного спая для измеренной в п. 4.7 температуры окружающей среды и занесите ее значение в последнюю клетку нижней строки табл. 4.2.

4.20. Вычислите термоЭДС горячего спая для каждого значения температуры табл. 4.2, суммируя выходное напряжение преобразователя с величиной термоЭДС холодного спая и занося результат в нижнюю строку табл. 4.2.

4.21. На основе данных табл. 4.1, 4.2 постройте графики зависимости сопротивления термопреобразователя и термоЭДС горячего спая термопары от температуры (рис. 4.3, 4.4).

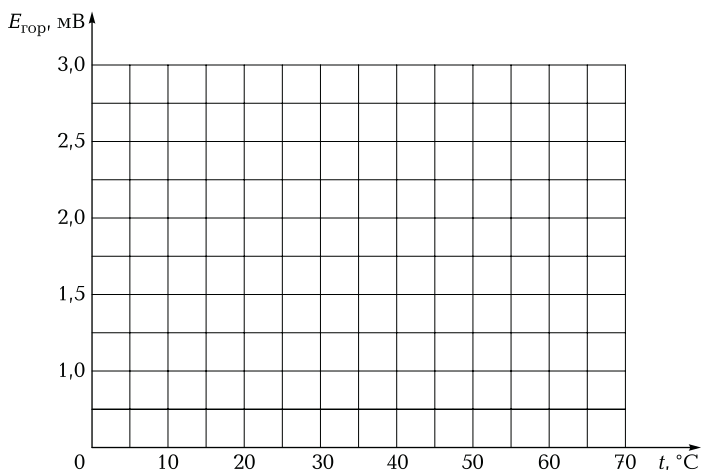


Рис. 4.4. Зависимость термоЭДС горячего спая термоэлектрического преобразователя от температуры

4.22. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 4

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---



---

5.1.2. Сопротивление термопреобразователя при комнатной температуре равно 25 Ом. К какому типу относится термопреобразователь:

- а) металлический термопреобразователь сопротивления;
- б) полупроводниковый термопреобразователь сопротивления;
- в) термоэлектрический преобразователь?

Ответ: \_\_\_\_\_

5.1.3. С помощью табл. 4.3 найдите температуру горячего спая термопары хромель—алюмель, если термоЭДС холодного спая 0,1 мВ, а напряжение на выходе термопреобразователя определяется номером вашего варианта:

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Напряжение, мВ	0,34	0,42	0,54	0,62	0,82	0,86	0,98	1,02

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ: °С

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.2. Схемы соединений и таблицы результатов.

Таблица 4.1. Результаты испытаний термопреобразователя сопротивления

Температура $t_i$ , °С	30	40	50	60	70
Сопротивление преобразователя $R$ , Ом (кОм)					

Таблица 4.2. Результаты испытаний термоэлектрического преобразователя

Температура $t_i$ , °С	70	60	50	40	30	
Напряжение на выходе термопреобразователя $U$ , мВ						0
ТермоЭДС горячего спая $E_{гор}$ , мВ						

Таблица 4.3. Стандартные значения термоЭДС для спая хромель-алюмель

Температура спая, °С	ТермоЭДС, мВ									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76
20	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.3. Графическая часть.

**5.4. Выводы.** (Какие испытания проведены? Для чего и как использовались данные табл. 4.3? Оцените линейность функций преобразования датчиков.)

---

---

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Назовите основные типы датчиков температуры, применяемых в автоматических системах.
2. Что представляет собой терморезистор?
3. Какие из металлических терморезисторов наиболее распространены и почему?
4. Каковы основные различия между металлическими и полупроводниковыми терморезисторами?
5. Что представляет собой термопара?
6. Почему для определения температуры выходной сигнал термопары требует корректировки?

# ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами построения интегральных логических элементов ТТЛ.

1.2. Изучить экспериментально работу логических элементов НЕ, ИЛИ—НЕ, ИЛИ, И.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний являются логические элементы НЕ, ИЛИ—НЕ, ИЛИ, И, построенные на базе инверторов. Логические элементы реализованы в виде мини-блоков с интегральными элементами ТТЛ: 4 НЕ, 2 ИЛИ—НЕ, 2 ИЛИ, 2 И.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств (БИЦУ) с наборным полем и источниками логических сигналов;
- мини-блок индикации логических уровней (ИЛУ);
- вспомогательный мини-блок для соединения входов элементов с шиной питания +5 В или с общей шиной питания  $\perp$ ;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ, что автоматически обеспечивает их

подключение к источнику питания. В мини-блоках входные гнезда расположены слева, а гнезда выхода — справа.

Источниками сигналов являются тумблеры, формирующие сигналы 0 (положение влево) и 1 (положение вправо).

Логическая функция НЕ реализуется элементами мини-блока 4 НЕ, содержащего четыре инвертора.

Логическая функция ИЛИ—НЕ реализуется элементами мини-блока 2 ИЛИ—НЕ, содержащего два инвертора с двумя входами каждый.

Логическая функция ИЛИ реализуется элементами мини-блока 2 ИЛИ, содержащего два неинвертирующих элемента с двумя входами каждый.

Логическая функция И реализуется элементами мини-блока 2 И, содержащего два неинвертирующих элемента с двумя входами каждый.

Мини-блок ИЛУ содержит четыре светодиода, свечение которых означает наличие уровня 1 на соответствующем входе мини-блока.

Для нормальной работы интегральных элементов ТТЛ их неиспользуемые *входы* должны быть обязательно соединены с шиной питания +5 В или  $\perp$ . Эти соединения производятся через отдельный вспомогательный мини-блок.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение 1).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 5.4.1. Общие сведения [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 2.1).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ выключены.

**Испытание логического элемента НЕ.**



4.4. Установите в любые гнезда второго ряда наборного поля мини-блок 4 НЕ, а в последние гнезда первого ряда — мини-блок ИЛУ.

4.5. Соберите схему в соответствии с рис. 5.1. Для этого:

- соедините входы мини-блока 4 НЕ с выходами тумблеров 0, 1, 2, 3 источников логических сигналов;
- соедините выходы мини-блока 4 НЕ с входами 0, 1, 2, 3 мини-блока ИЛУ.

4.6. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ.

4.7. Тумблерами источников логических сигналов установите комбинацию сигналов 1001.

4.8. По свечению светодиодов ИЛУ определите состояние выходов элементов НЕ (0 или 1) и занесите данные в табл. 5.1.

4.9. Повторите пп. 4.7 и 4.8 с двумя другими произвольными комбинациями сигналов и занесите данные в соответствующие графы табл. 5.1.

4.10. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.11. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

4.12. Отключите соединительные провода от мини-блока 4 НЕ и извлеките его из гнезд наборного поля.

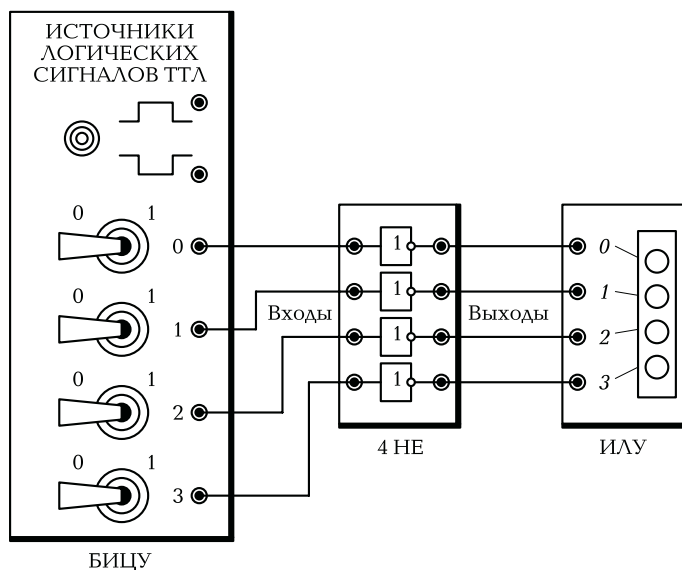


Рис. 5.1. Схема соединений для испытаний элементов НЕ

## Испытание логического элемента ИЛИ—НЕ.

4.13. Установите в любые гнезда второго ряда наборного поля мини-блок 2 ИЛИ—НЕ, а в последние гнезда третьего ряда — вспомогательный мини-блок подключения к шинам питания.

4.14. Соберите схему в соответствии с рис. 5.2. Для этого:

- соедините два входа первого элемента ИЛИ—НЕ с выходами тумблеров 0 и 1;
- соедините два входа второго элемента ИЛИ—НЕ с выходами тумблеров 2 и 3;
- соедините выходы первого и второго элементов ИЛИ—НЕ соответственно с входами 0 и 1 мини-блока ИЛУ;
- соедините неиспользуемые входы 2 и 3 мини-блока ИЛУ с общей шиной питания  $\perp$  через вспомогательный мини-блок.

4.15. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.16. Тумблерами установите на входах первого элемента ИЛИ—НЕ комбинацию сигналов 00.

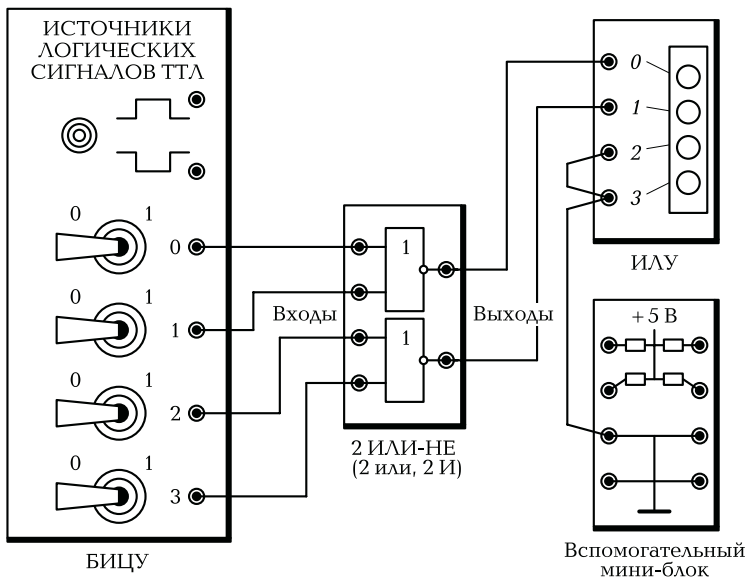


Рис. 5.2. Схема соединений для испытаний элементов ИЛИ—НЕ, ИЛИ и И

4.17. По свечению первого светодиода мини-блока ИЛУ определите сигнал на выходе первого элемента ИЛИ—НЕ (0 или 1) и занесите данные в табл. 5.2.

4.18. Повторите пп. 4.16 и 4.17 с комбинациями сигналов 01, 10, 11 и занесите данные в табл. 5.2.

4.19. Повторите пп. 4.16, 4.17 и 4.18 для второго элемента ИЛИ—НЕ.

4.20. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.21. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

4.22. Отключите соединительные провода от мини-блока 2 ИЛИ—НЕ и извлеките его из гнезд наборного поля.

#### **Испытание логического элемента ИЛИ.**

4.23. Установите в гнезда второго ряда наборного поля мини-блок 2 ИЛИ.

4.24. Соберите схему (см. рис. 5.2). Для этого:

- соедините входы первого элемента ИЛИ с выходами тумблеров 0 и 1;
- соедините входы второго элемента ИЛИ с выходами тумблеров 2 и 3;
- соедините выходы первого и второго элементов ИЛИ соответственно с входами 0 и 1 мини-блока ИЛУ.

4.25. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.26. Тумблерами установите на входах первого элемента ИЛИ комбинацию сигналов 00.

4.27. По свечению первого светодиода мини-блока ИЛУ определите сигнал на выходе первого элемента ИЛИ (0 или 1) и занесите данные в табл. 5.3.

4.28. Повторите пп. 4.26 и 4.27 с комбинациями сигналов 01, 10, 11 и занесите данные в табл. 5.3.

4.29. Повторите пп. 4.26, 4.27 и 4.28 для второго элемента ИЛИ.

4.30. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.31. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

4.32. Отключите соединительные провода от мини-блока 2 ИЛИ и извлеките его из гнезд наборного поля.

#### **Испытание логического элемента И.**

4.33. Установите в любые гнезда второго ряда наборного поля мини-блок 2 И.

4.34. Соберите схему (см. рис. 5.2). Для этого:

- соедините входы первого элемента И с выходами тумблеров 0 и 1;

- соедините входы второго элемента И с выходами тумблеров 2 и 3;
- соедините выходы первого и второго элементов И соответственно с входами 0 и 1 мини-блока ИЛУ.

4.35. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.36. Тумблерами установите на входах первого элемента И комбинацию сигналов 00.

4.37. По свечению первого светодиода мини-блока ИЛУ определите сигнал на выходе первого элемента И (0 или 1) и занесите данные в табл. 5.4.

4.38. Повторите пп. 4.36 и 4.37 с комбинациями сигналов 01, 10, 11 и занесите данные в табл. 5.4.

4.39. Повторите пп. 4.36, 4.37 и 4.38 для второго элемента И.

4.40. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.41. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП.

4.42. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

4.43. На основе данных табл. 5.1 — 5.4 сформулируйте выводы о работе логических элементов НЕ, ИЛИ—НЕ, ИЛИ, И, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 5

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---



---



---



---

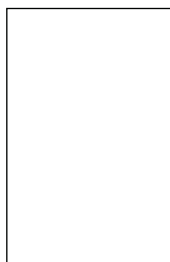


---

5.1.2. Изобразите в отведенных полях условные обозначения логических элементов НЕ, ИЛИ—НЕ, ИЛИ, И:



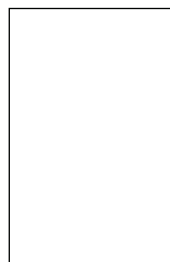
Элемент  
НЕ



Элемент  
ИЛИ—НЕ



Элемент  
ИЛИ



Элемент  
И

5.1.3. Укажите значение сигнала  $y$  на выходе логического элемента (для своего варианта), если на входы  $x_1$  и  $x_2$  подаются следующие комбинации сигналов:

вариант № 1: 00 (элемент  
ИЛИ—НЕ);

вариант № 5: 00 (элемент ИЛИ);

вариант № 2: 01 (элемент  
ИЛИ—НЕ);

вариант № 6: 01 (элемент ИЛИ);

вариант № 3: 10 (элемент  
ИЛИ—НЕ);

вариант № 7: 10 (элемент ИЛИ);

вариант № 4: 11 (элемент  
ИЛИ—НЕ);

вариант № 8: 11 (элемент ИЛИ).

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ:  $x_1 = \underline{\quad}$ ;  $x_2 = \underline{\quad}$ ;  $y = \underline{\quad}$ .

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схемы соединений и таблицы результатов.

Таблица 5.1. Результаты испытаний логического элемента НЕ

1-я комбинация сигналов на входах элементов НЕ	1	0	0	1
Сигналы на выходах элементов НЕ				
2-я комбинация сигналов на входах элементов НЕ				
Сигналы на выходах элементов НЕ				
3-я комбинация сигналов на входах элементов НЕ				
Сигналы на выходах элементов НЕ				

Таблица 5.2. Результаты испытаний логического элемента ИЛИ—НЕ

Элемент № 1 ИЛИ—НЕ			Элемент № 2 ИЛИ—НЕ		
Комбинация сигналов на входах		Сигнал на выходе	Комбинация сигналов на входах		Сигнал на выходе
0	0		0	0	
0	1		0	1	
1	0		1	0	
1	1		1	1	

Таблица 5.3. Результаты испытаний логического элемента ИЛИ

Элемент № 1 ИЛИ			Элемент № 2 ИЛИ		
Комбинация сигналов на входах		Сигнал на выходе	Комбинация сигналов на входах		Сигнал на выходе
0	0		0	0	
0	1		0	1	
1	0		1	0	
1	1		1	1	

Таблица 5.4. Результаты испытаний логического элемента И

Элемент № 1 И			Элемент № 2 И		
Комбинация сигналов на входах		Сигнал на выходе	Комбинация сигналов на входах		Сигнал на выходе
0	0		0	0	
0	1		0	1	
1	0		1	0	
1	1		1	1	

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.4. Выводы.** (Какие испытания проведены? В какой ситуации на выходе каждого элемента появляется сигнал 1?)

---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Почему исследуемые элементы называются цифровыми?
2. Что является основным элементом цифровых устройств?
3. Какую логическую функцию реализует инвертор с одним входом?
4. Опишите работу логического элемента ИЛИ—НЕ.
5. Опишите работу логического элемента ИЛИ.
6. Опишите работу логического элемента И.

# ТРИГГЕРЫ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами работы и обозначениями триггеров.

1.2. Изучить экспериментально работу *RS*-, *D*- и *T*-триггеров, выполненных на элементах ТТЛ.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний являются *RS*-, *D*- и *T*-триггеры, реализованные на базе мини-блоков с интегральными элементами ТТЛ: 2 ИЛИ—НЕ и *D*-триггер.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем и источниками логических сигналов;
- мини-блок индикации логических уровней;
- вспомогательный мини-блок для соединения входов элементов с шиной питания +5 В или с общей шиной питания  $\perp$ ;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ.



Источниками сигналов являются тумблеры, формирующие сигналы 0 и 1, а также кнопка источников логических сигналов.

*RS*-триггер реализуется на базе мини-блока 2 ИЛИ—НЕ.

*D*-триггер реализуется отдельным мини-блоком.

*T*-триггер реализуется на базе мини-блока с *D*-триггером.

Для нормальной работы интегральных элементов ТТЛ их неиспользуемые *входы* должны быть обязательно соединены с шиной питания +5 В или  $\perp$ . Эти соединения производятся через отдельный вспомогательный мини-блок.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение 1).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 5.4.2. Триггеры [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 2.2).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ выключены.

**Испытание *RS*-триггера.**

4.4. Установите в гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ мини-блок 2 ИЛИ—НЕ, в последние гнезда первого ряда — мини-блок ИЛУ, а в последние гнезда третьего ряда — вспомогательный мини-блок подключения к шинам питания.

4.5. Соберите схему в соответствии с рис. 6.1. Для этого:

- соедините каждый выход мини-блока 2 ИЛИ—НЕ с одним из входов другого элемента мини-блока, создав таким образом *RS*-триггер;
- соедините свободные входы верхнего и нижнего элементов ИЛИ—НЕ (входы *R* и *S* на рис. 6.1) соответственно с выходами тумблеров 0 и 1;

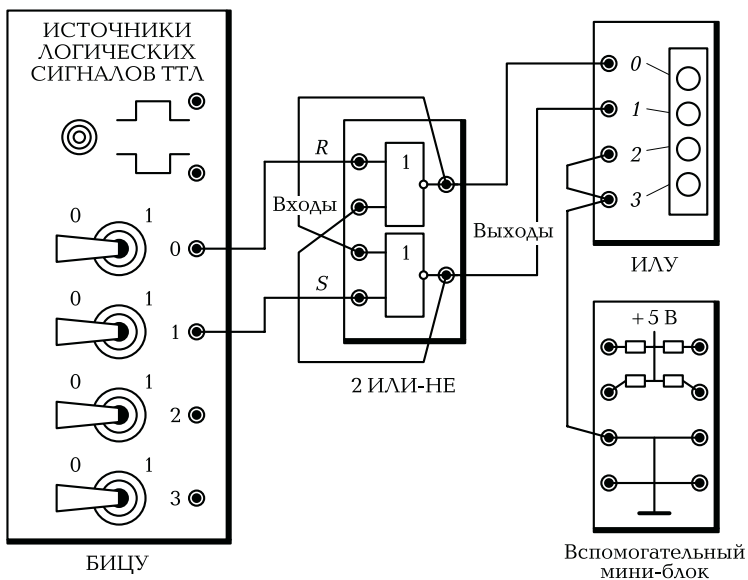


Рис. 6.1. Схема соединений для испытаний *RS*-триггера

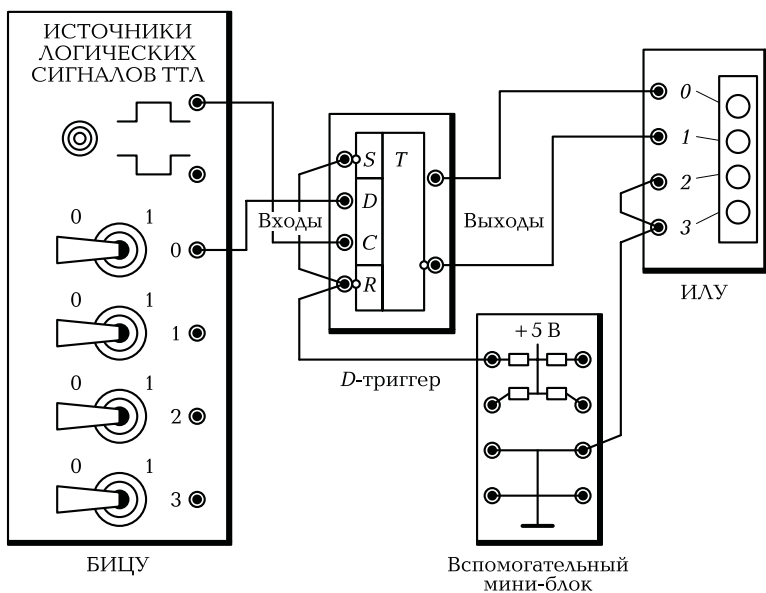


Рис. 6.2. Схема соединений для испытаний *D*-триггера

- соедините выходы верхнего и нижнего элементов ИЛИ—НЕ (т. е. прямой и инверсный выходы триггера) соответственно с входами  $0$  и  $1$  мини-блока ИЛУ;
- неиспользуемые входы  $2$  и  $3$  мини-блока ИЛУ соедините с общей шиной питания  $\perp$  через вспомогательный мини-блок.

4.6. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ.

4.7. Установите тумблерами на входах  $R$  и  $S$  триггера последовательно комбинации сигналов, приведенные в табл. 6.1, каждый раз определяя состояние триггера по свечению светодиодов ИЛУ и занося данные в табл. 6.1.

4.8. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.9. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

4.10. Отключите соединительные провода от мини-блока 2 ИЛИ—НЕ и извлеките его из гнезд наборного поля.

#### **Испытание $D$ -триггера.**

4.11. Установите в гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ мини-блок  $D$ -триггер.

4.12. Соберите схему в соответствии с рис. 6.2. Для этого:

- соедините информационный вход  $D$  мини-блока  $D$ -триггера с выходом тумблера  $0$ , а вход синхронизации  $C$  — с верхним выходом кнопки источников логических сигналов;
- соедините входы  $S$  и  $R$   $D$ -триггера с шиной  $+5$  В вспомогательного мини-блока;
- соедините прямой и инверсный выходы триггера соответственно с входами  $0$  и  $1$  мини-блока ИЛУ.

4.13. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.14. Тумблером, соединенным со входом  $D$ , установите на нем сигнал  $0$ . Определите состояние триггера до подачи сигнала на вход синхронизации и занесите данные в табл. 6.2.

4.15. Нажав и отпустив кнопку, подайте сигнал  $1$  на вход синхронизации триггера. Определите его состояние и занесите данные в табл. 6.2. Повторите эти действия еще раз.

4.16. Тумблером, соединенным со входом  $D$ -триггера, установите на нем сигнал  $1$ . Определите состояние триггера до подачи сигнала на вход синхронизации и занесите в табл. 6.2.

4.17. Повторите результаты испытаний действия п.4.15.

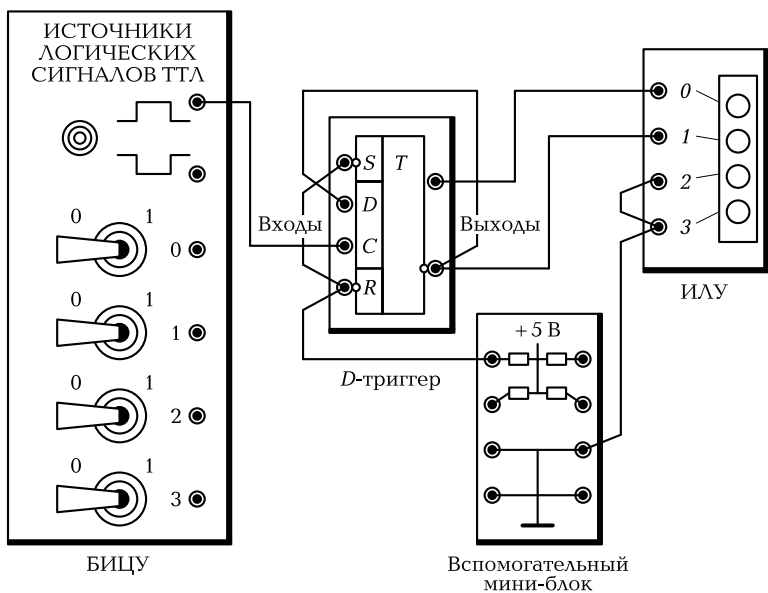


Рис. 6.3. Схема соединений для испытаний  $T$ -триггера

4.18. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» и покажите результаты испытаний преподавателю.

#### Испытание $T$ -триггера.

4.19. Соберите схему в соответствии с рис. 6.3. Для этого отключите соединительный провод от выхода тумблера 0 и подключите его к инверсному выходу  $D$ -триггера.

4.20. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.21. Кнопкой подайте сигнал 1 на вход синхронизации триггера. Определите состояние триггера и занесите данные в табл. 6.3.

4.22. Повторите пп. 4.21 несколько раз, определяя каждый раз состояние триггера и занося данные в табл. 6.3.

4.23. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

4.24. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

4.25. На основе данных табл. 6.1 — 6.3 сформулируйте выводы о работе  $RS$ -,  $D$ - и  $T$ -триггеров, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 6

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---

---

---

---

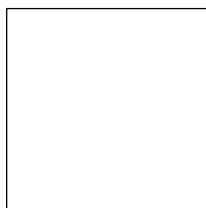
5.1.2. Изобразите в отведенных полях условные обозначения *RS*-триггера, *D*-триггера и *T*-триггера:



*RS*-триггер



*D*-триггер



*T*-триггер

5.1.3. Укажите значения сигналов на прямом и инверсном выходах *RS*-триггера после подачи сигнала 1 на вход *R*:

на прямом выходе \_\_\_\_\_ на инверсном выходе \_\_\_\_\_

5.1.4. На информационный вход *D*-триггера подан сигнал 0. Укажите значения сигналов на прямом и инверсном выходах триггера после поступления сигнала синхронизации на вход *C*:

на прямом выходе \_\_\_\_\_ на инверсном выходе \_\_\_\_\_

5.1.5. *T*-триггер находится в состоянии 0. Укажите значения сигналов на прямом и инверсном выходах триггера после поступления на его вход *T* сигналов 1 в количестве, равном номеру вашего варианта:

ваш вариант № \_\_\_\_\_ на прямом выходе \_\_\_\_\_ на инверсном выходе \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схемы соединений и таблицы результатов.

Таблица 6.1. Результаты испытаний *RS*-триггера

Сигнал на входе <i>R</i>	Сигнал на входе <i>S</i>	Сигналы на выходах триггера	
		Прямой выход	Инверсный выход
0	0		
0	1		
0	0		
1	0		
0	0		
0	1		
0	0		

Таблица 6.2. Результаты испытаний *D*-триггера

Сигналы на входе <i>D</i>	Сигналы на входе синхронизации	Сигналы на выходах триггера	
		Прямой выход	Инверсный выход
0	До подачи сигнала		
	После 1-го сигнала		
	После 2-го сигнала		
1	До подачи сигнала		
	После 1-го сигнала		
	После 2-го сигнала		

Таблица 6.3. Результаты испытаний *T*-триггера

Последовательность сигналов на входе <i>C</i>		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
Сигналы на выходах триггера	Прямой выход						
	Инверсный выход						

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? При каких условиях переключаются триггеры каждого типа?)

---

---

---

---

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Что такое триггер?
2. Назовите различные типы триггеров.
3. В какой момент переключаются *RS*-триггер и *D*-триггер?
4. Чем определяется число переключений счетного триггера из одного состояния в другое?

## РЕГИСТРЫ

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1. Ознакомиться со схемами и принципами работы регистров.
- 1.2. Изучить экспериментально работу параллельного и сдвигового регистров, выполненных на элементах ТТЛ.

### 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний являются параллельный и сдвиговый регистры, реализованные на базе мини-блоков с интегральными элементами ТТЛ *D*-триггер (4 шт.).

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем и источниками логических сигналов;
- мини-блок индикации логических уровней;
- вспомогательный мини-блок для соединения входов элементов с шиной питания +5 В или с общей шиной питания  $\perp$ ;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

### 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ.



Параллельный и сдвиговый регистры реализуются четырьмя мини-блоками, содержащими каждый по одному  $D$ -триггеру.

Источниками сигналов являются тумблеры, формирующие сигналы 0 и 1.

Кнопка источников логических сигналов используется для подачи на регистры сигналов синхронизации (сдвига).

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение О); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение I).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 5.4.3. Регистры [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 2.3).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ выключены.

**Испытание параллельного регистра.**

4.4. Установите в гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ четыре мини-блока  $D$ -триггер, в последние гнезда первого ряда — мини-блок ИЛУ, а в последние гнезда третьего ряда — вспомогательный мини-блок подключения к шинам питания.

4.5. Соберите схему в соответствии с рис. 7.1. Для этого:

- информационные входы  $D$  1, 2, 3 и 4-го триггеров соедините соответственно с выходами тумблеров 0, 1, 2, 3 источников логических сигналов;
- соедините входы синхронизации  $C$  всех триггеров друг с другом и с верхним выходом кнопки источников логических сигналов;
- соедините прямые выходы 1, 2, 3 и 4-го триггеров соответственно с входами 0, 1, 2, 3 мини-блока ИЛУ;
- соедините входы  $S$  и  $R$  всех триггеров друг с другом и с шиной +5 В вспомогательного мини-блока.

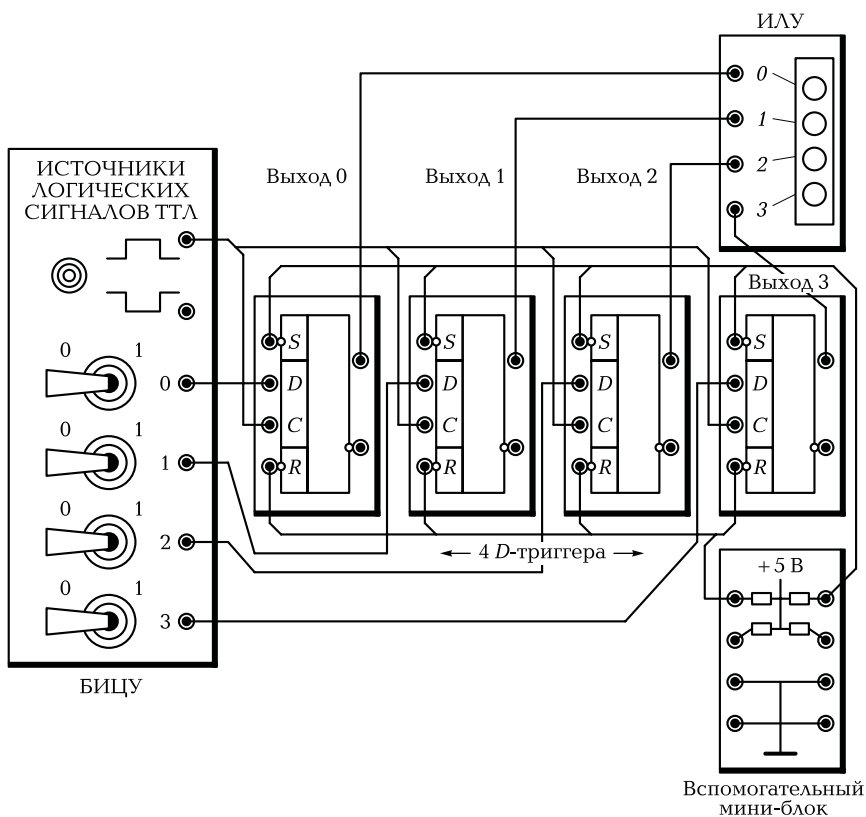


Рис. 7.1. Схема соединений для испытаний параллельного регистра

4.6. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ.

4.7. Задайте тумблерами произвольную комбинацию сигналов на входах триггеров регистра (например, 1001) и занесите эту комбинацию в табл. 7.1.

4.8. Подайте кнопкой сигнал 1 на входы синхронизации триггеров, определите по свечению светодиодов ИЛУ двоичный код на выходах регистра и занесите его в табл. 7.1.

4.9. Повторите пп. 4.7 и 4.8 еще 2 раза с различными комбинациями сигналов на входах регистра, заполняя табл. 7.1.

4.10. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.11. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.». Отключите соединительные провода от выходов тумблеров 1, 2, 3 источников логических сигналов.

### Испытание сдвигового регистра.

4.12. Постройте сдвиговый регистр в соответствии со схемой рис. 7.2. Для этого соедините информационные входы  $D$  2, 3 и 4-го триггеров с прямыми выходами предыдущих триггеров, т.е. соответственно с выходами 1, 2 и 3-го триггеров.

4.13. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.14. Если какие-либо из светодиодов мини-блока ИЛУ светятся, нажмите несколько раз кнопку, чтобы на выходах регистра установился двоичный код 0000.

4.15. Установите тумблером сигнал 1 на информационном входе  $D$  первого триггера. Подайте на триггеры кнопкой первый сигнал синхронизации. Определите двоичный код на выходах регистра и занесите его в табл. 7.2.

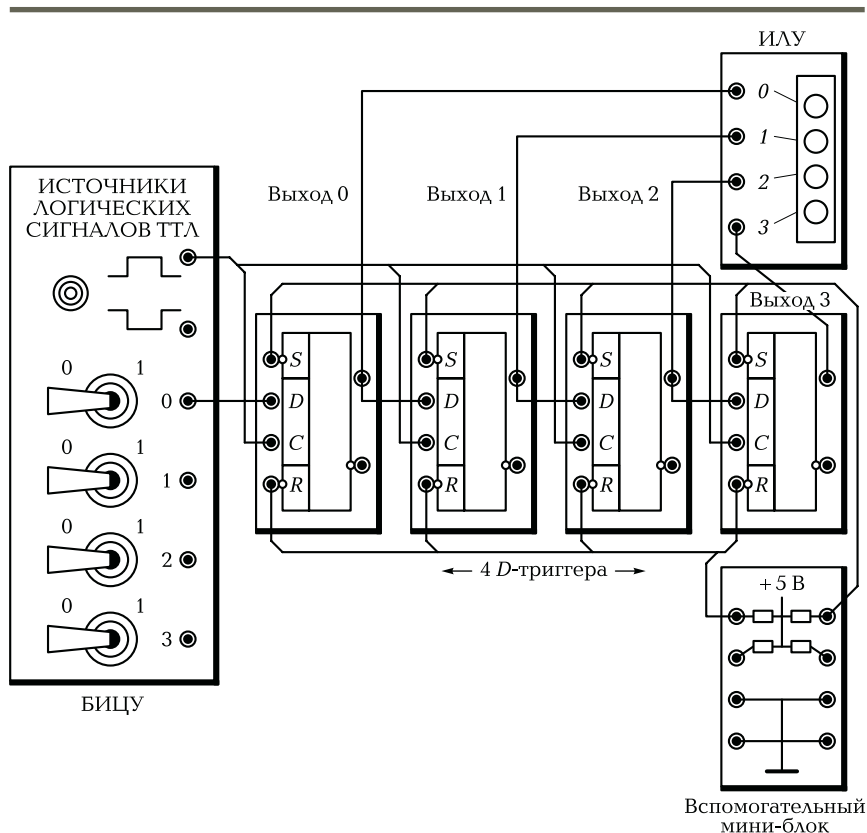


Рис. 7.2. Схема соединений для испытаний сдвигового регистра

4.16. Установите тумблером на входе  $D$  первого триггера сигнал 0. Снова подайте на триггеры кнопкой сигнал синхронизации. Определите код на выходах регистра и занесите его в табл. 7.2.

4.17. Подайте на триггеры кнопкой сигнал синхронизации (сдвига) еще 3 раза, каждый раз определяя двоичный код на выходах регистра и заносите его в табл. 7.2.

4.18. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.19. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП.

4.20. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

4.21. На основе данных табл. 7.1 и 7.2 сформулируйте выводы о работе параллельного и сдвигового регистров, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 7

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---



---



---



---



---



---

5.1.2. На входы параллельного регистра подана комбинация сигналов 0101. Какова комбинация сигналов на выходах регистра?

Ответ: \_\_\_\_\_

5.1.3. Двоичный код на выходах регистра сдвига 0110. Какой код будет на выходах регистра после подачи на его вход  $C$  импульсов сдвига в количестве, равном номеру вашего варианта?

Ваш вариант \_\_\_\_ Ответ: \_\_\_\_|\_\_\_\_|\_\_\_\_|\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схемы соединений и таблицы результатов.

Таблица 7.1. Результаты испытаний параллельного регистра

Комбинации сигналов	1-я				2-я				3-я			
	№ тумблера БИЦУ				№ тумблера БИЦУ				№ тумблера БИЦУ			
Сигналы на входах параллельного регистра (на выходах тумблеров)	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0
Сигналы на выходах параллельного регистра (на входах ИЛУ)	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0
	№ выхода регистра				№ выхода регистра				№ выхода регистра			

Таблица 7.2. Результаты испытаний сдвигового регистра

Порядковый номер сигнала синхронизации	Код на выходах сдвигового регистра			
	Выход 3	Выход 2	Выход 1	Выход 0
1				
2				
3				
4				
5				

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? Какие коды появляются на выходах параллельного и сдвигового регистров после подачи сигналов синхронизации?)

---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Каково основное назначение регистра?
2. Что представляет собой параллельный регистр?
3. Как построен последовательный регистр?
4. Почему последовательный регистр называется сдвиговым?

# СЧЕТЧИКИ ИМПУЛЬСОВ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться со схемами и принципами работы суммирующего и вычитающего двоичных счетчиков, а также реверсивного двоично-десятичного счетчика.

1.2. Изучить экспериментально работу суммирующего и вычитающего двоичных счетчиков, выполненных на  $T$ -триггерах, а также реверсивного двоично-десятичного счетчика.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний являются суммирующий и вычитающий двоичные счетчики, выполненные на  $T$ -триггерах, а также реверсивный двоично-десятичный счетчик, реализованный в виде мини-блока.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем и источниками логических сигналов;
- мини-блок индикации логических уровней;
- мини-блок с семисегментным индикатором (СИ);
- вспомогательный мини-блок для соединения входов элементов с шиной питания +5 В или с общей шиной питания  $\perp$ ;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

### 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ.

Двоичные счетчики реализуются четырьмя мини-блоками, содержащими каждый по одному  $D$ -триггеру.

Двоично-десятичный счетчик (ДДС) реализуется отдельным мини-блоком.

Кнопка источников логических сигналов используется для подачи импульсов на входы счетчиков.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение 1).

### 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 5.4.4. Счетчики [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 2.4).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ выключены.

**Испытание двоичных суммирующего и вычитающего счетчиков.**

4.4. Установите в гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ четыре мини-блока  $D$ -триггер, а в последние гнезда первого ряда — мини-блок ИЛУ.

4.5. Соберите схему в соответствии с рис. 8.1. Для этого:

- соедините инверсный выход каждого триггера с его входом  $D$ , преобразуя тем самым  $D$ -триггеры в  $T$ -триггеры;
- счетный вход  $C$  первого триггера соедините с верхним выводом кнопки источников логических сигналов БИЦУ;
- счетный вход  $C$  каждого из остальных триггеров соедините с инверсным выходом предыдущего триггера, создав тем самым суммирующий счетчик;



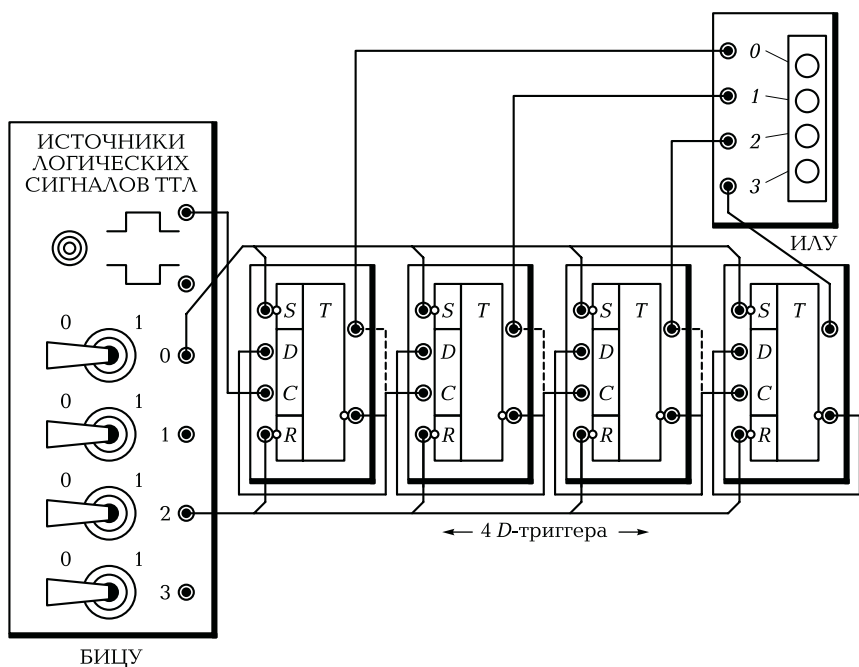


Рис. 8.1. Схема соединений для испытаний двоичного счетчика

- соедините прямые выходы 1, 2, 3 и 4-го триггеров соответственно с входами 0, 1, 2, 3 мини-блока ИЛУ;
- соедините входы *S* всех триггеров друг с другом и с выходом тумблера 0;
- соедините входы *R* всех триггеров друг с другом и с выходом тумблера 2.

4.6. Для нормальной работы триггеров установите тумблеры 0 и 2 в положение 1.

4.7. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ.

4.8. Выполните сброс счетчика в исходное состояние 0000, переведя тумблер 2 в положение 0 на 1...2 с.

4.9. Нажатием кнопки подавайте импульсы на вход счетчика, каждый раз определяя с помощью мини-блока ИЛУ двоичное число на его выходах и занося его в табл. 8.1.

4.10. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

4.11. Отсоедините входы С 2, 3 и 4-го триггеров от инверсных выходов предыдущих триггеров и подключите их к прямым выходам этих триггеров (как показано штриховой линией на рис. 8.1), создав тем самым вычитающий счетчик.

4.12. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.13. Выполните сброс счетчика в исходное состояние 0000, переведя тумблер 2 в положение 0 на 1 ... 2 с.

4.14. Повторите п. 4.9, заноса данные в табл. 8.1.

4.15. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.16. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» Установите все тумблеры в положение 0.

4.17. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блок триггеров из гнезд наборного поля.

#### **Испытание двоично-десятичного реверсивного счетчика.**

4.18. Установите в первые гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ мини-блок ДДС, а в последние гнезда третьего ряда — вспомогательный мини-блок подключения к шинам питания.

4.19. Соберите схему в соответствии с рис. 8.2. Для этого:

- соедините вход суммирования +1 счетчика с верхним выходом кнопки, а вход вычитания –1 с шиной питания +5 В вспомогательного мини-блока;
- соедините вход сброса счетчика R с выходом тумблера 0;
- выходы 1, 2, 4, 8 счетчика соедините соответственно с входами 0, 1, 2, 3 мини-блока ИЛУ.

4.20. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.21. Выполните сброс счетчика в исходное состояние, переведя тумблер 0 в положение 1 на 1 ... 2 с.

4.22. Нажатием кнопки подавайте импульсы на суммирующий вход +1 счетчика, после каждого импульса определяя двоичное число на выходах счетчика и заноса его в табл. 8.1.

4.23. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

4.24. Поменяйте местами провода, подводящие сигналы к входу суммирования +1 и входу вычитания –1 счетчика (показано штриховой линией на рис. 8.2).

4.25. Включите выключатель Сеть БИЦУ и выполните сброс счетчика в исходное состояние, переведя тумблер 0 в положение 1 на 1 ... 2 с.

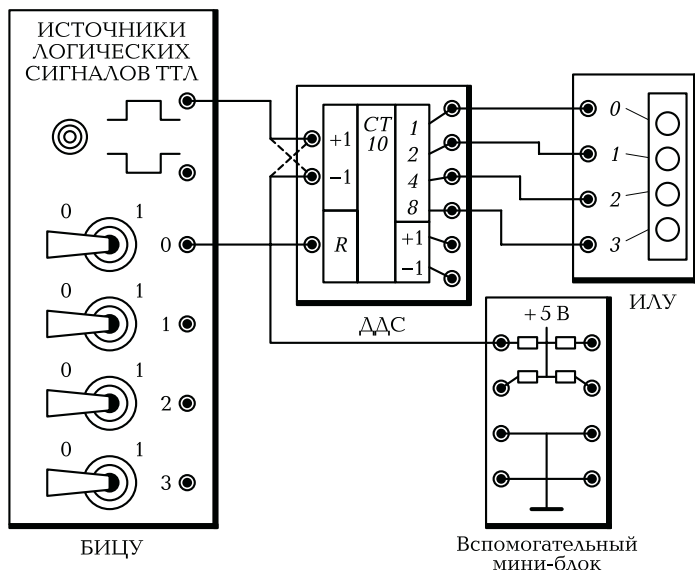


Рис. 8.2. Схема соединений для испытаний двоично-десятичного реверсивного счетчика

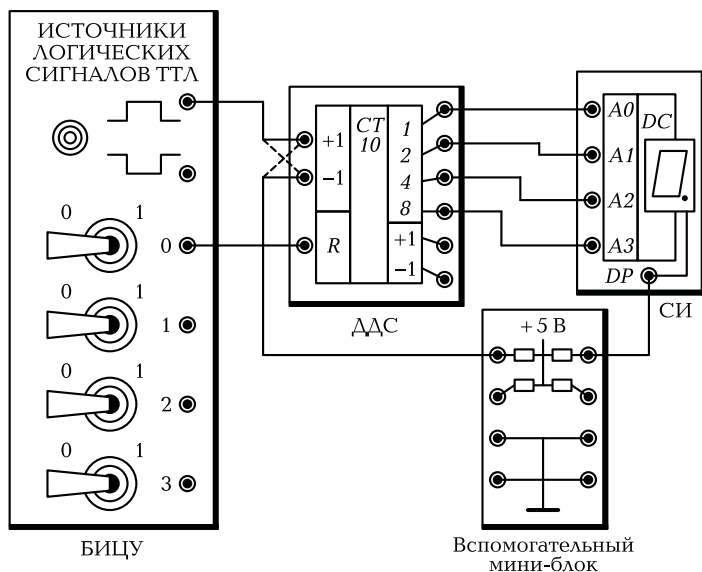


Рис. 8.3. Схема соединений для испытаний двоично-десятичного счетчика с семисегментным индикатором

4.26. Нажатием кнопки подавайте импульсы на вход вычитания –1 счетчика, после каждого импульса определяя двоичное число на выходах счетчика и занося его в табл. 8.1.

4.27. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.28. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.». Отключите провода от мини-блока ИЛУ и извлеките его из гнезд наборного поля БИЦУ.

4.29. Вставьте на место мини-блока ИЛУ мини-блок СИ. Соедините его входы  $A0, A1, A2, A3$  соответственно с выходами  $1, 2, 4, 8$  счетчика, как показано на рис. 8.3.

4.30. Вход  $DP$  (индикация точки) мини-блока СИ соедините с шиной питания +5 В вспомогательного мини-блока, как показано на рис. 8.3.

4.31. Включите выключатель Сеть БИЦУ и выполните сброс счетчика в исходное состояние, переведя тумблер 0 в положение 1 на 1 ... 2 с.

4.32. Нажатием кнопки подавайте импульсы на вход –1 счетчика, наблюдая за его работой по показаниям индикатора СИ.

4.33. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» и поменяйте местами провода, идущие к входу суммирования +1 и входу вычитания –1 счетчика.

4.34. Включите выключатель Сеть БИЦУ и выполните сброс счетчика в исходное состояние, переведя тумблер 0 в положение 1 на 1 ... 2 с.

4.35. Нажатием кнопки подавайте импульсы на вход +1 счетчика, наблюдая за его работой по показаниям индикатора СИ.

4.36. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

4.37. На основе данных табл. 8.1 сформулируйте выводы о работе двоичных и двоично-десятичного счетчиков, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## **5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 8**

### **5.1. Подготовительная часть.**

#### **5.1.1. Сформулируйте цель работы:**

5.1.2. На вход четырехразрядного суммирующего двоичного счетчика после его сброса в исходное состояние поступило количество импульсов, равное номеру вашего варианта. Какое двоичное число установится на выходах счетчика?

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ: \_\_\_\_|\_\_\_\_|\_\_\_\_|\_\_\_\_

5.1.3. На вход +1 одноразрядного двоично-десятичного счетчика после его сброса в исходное состояние поступило количество импульсов, равное удвоенному номеру вашего варианта. Какое двоичное число установится на выходах счетчика?

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ: \_\_\_\_|\_\_\_\_|\_\_\_\_|\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схемы соединений и таблица результатов.

Таблица 8.1. Результаты испытаний счетчиков импульсов

Номер входного импульса	Число на выходе суммирующего счетчика				Число на выходе вычитающего счетчика				Число на выходе двоично-десятичного счетчика							
									в режиме суммирования				в режиме вычитания			
Исходное состояние	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																

Номер входного импульса	Число на выходе суммирующего счетчика				Число на выходе вычитающего счетчика				Число на выходе двоично-десятичного счетчика											
									в режиме суммирования				в режиме вычитания							
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? Как изменялись коды на выходах счетчиков в режимах суммирования и вычитания импульсов?)

---



---



---



---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение счетчика импульсов?
2. Что составляет основу двоичного счетчика импульсов?

3. Сколько триггеров необходимо использовать в счетчике для подсчета 64 импульсов?
4. Расскажите, как происходит подсчет импульсов.
5. Для чего используются двоично-десятичные счетчики? Чем они отличаются от двоичных?
6. Какие счетчики называются реверсивными?

# ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с операционным усилителем и вариантами его применения.

1.2. Изучить экспериментально работу операционного усилителя в различных режимах.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является операционный усилитель (ОУ), реализованный в виде мини-блока с интегральными элементами ТТЛ.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем и индикатором логических уровней;
- мини-блоки с переменным резистором (МПР);
- мини-блок с резисторами и конденсаторами (МРК);
- блок мультиметров;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода и переходники.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ.



Мини-блоки с переменными резисторами служат источниками регулируемого напряжения. Резисторы мини-блока МРК используются для организации обратной связи в усилителе.

Перед включением правого мультиметра (МУ65) убедитесь, что кнопка *HOLD* на его панели отжата.

Если показания включенного мультиметра через некоторое время исчезают, установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние, затем снова нажмите ее.

Для нормальной работы интегральных элементов ТТЛ их неиспользуемые *входы* должны быть обязательно соединены с общей шиной  $\perp$  через вспомогательный мини-блок.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение I).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 5.3. Усилители [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 3.1).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть БИЦУ и БМ выключены.

**Испытание операционного усилителя в режиме компаратора.**

4.4. Установите в левые гнезда первого ряда наборного поля БИЦУ мини-блок МРК, в левые гнезда второго и третьего ряда мини-блоки МПР, а в предпоследние гнезда второго ряда — мини-блок операционного усилителя.

4.5. Соберите схему в соответствии с рис. 9.1. Для этого:

- левые выводы переменных резисторов МПР соедините с находящимися рядом гнездами 0 В, а их правые выводы с находящимися рядом гнездами +5 В;
- входы верхнего элемента мини-блока ОУ соедините между собой и с общей шиной питания 0 В через МРК;

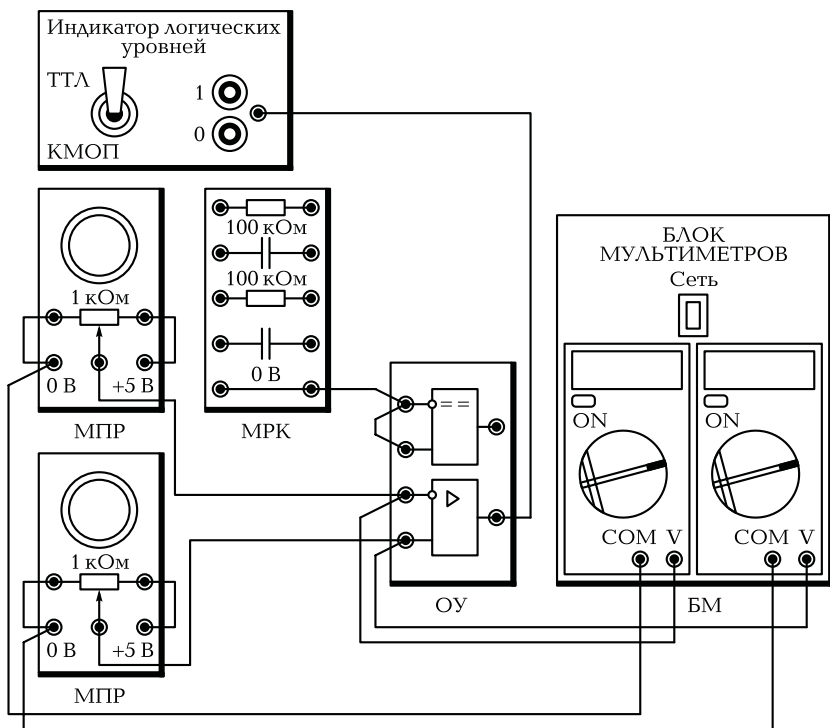


Рис. 9.1. Схема соединений для испытаний операционного усилителя в режиме компаратора

- средние выводы переменных резисторов верхнего и нижнего МПР соедините соответственно с верхним и нижним входами операционного усилителя мини-блока ОУ;
- выход операционного усилителя соедините с входом индикатора логических уровней БИЦУ; установите его тумблером в режим ТТЛ 5В;
- соедините через переходники гнезда СОМ левого и правого мультиметров с гнездами 0 В соответственно верхнего и нижнего мини-блоков МПР, а гнезда V мультиметров соответственно с верхним и нижним входами операционного усилителя;
- переключателями пределов измерения мультиметров установите для обоих мультиметров предел измерения постоянного напряжения 20 В (20, сектор V=).

4.6. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть БИЦУ и БМ.

4.7. Включите мультиметры, нажав кнопки *ON/OFF*.

**Внимание!** Кнопка *HOLD* мультиметра MY65 должна быть отжата!

4.8. Вращая ручку переменного резистора верхнего МПР и контролируя поступающее с него напряжение левым мультиметром, установите на верхнем (инверсном) входе операционного усилителя напряжение 2 В.

4.9. Вращая ручку переменного резистора нижнего МПР и контролируя поступающее с него напряжение правым мультиметром, установите на нижнем (прямом) входе операционного усилителя напряжение около 2 В.

4.10. Незначительно увеличивая и уменьшая напряжение на нижнем входе усилителя, убедитесь с помощью индикатора логических уровней БИЦУ, что сигнал на выходе усилителя скачком изменяется с 0 на 1, и наоборот.

4.11. Наблюдая за показаниями мультиметров в моменты изменения сигнала на выходе, определите разность напряжений на входах, приводящую к скачкообразному изменению выходного сигнала (порог срабатывания компаратора). Занесите данные в табл. 9.1.

4.12. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.13. Установите кнопки *ON/OFF* мультиметров в отжатое состояние. Установите выключатели Сеть БИЦУ и БМ в положение «Выкл.».

4.14. Отключите от верхнего мини-блока МПР все провода, кроме провода мультиметра. Отключите от входов мини-блока ОУ провода, ведущие к мультиметрам. Отключите провод от входа индикатора логических уровней БИЦУ.

**Испытание операционного усилителя с отрицательной обратной связью (ООС).**

4.15. Соберите схему в соответствии с рис. 9.2. Для этого:

- выход операционного усилителя соедините с правым выводом верхнего резистора 100 кОм МРК;
- левый вывод верхнего резистора соедините с левым выводом второго резистора 100 кОм МРК;
- правый вывод второго резистора соедините с гнездом 0 В МРК;
- точку соединения резисторов соедините с инверсным (верхним) входом операционного усилителя;

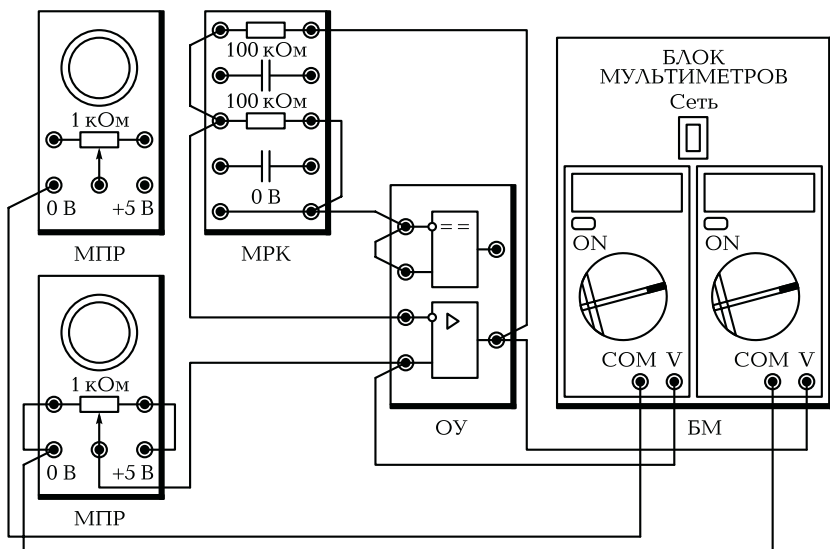


Рис. 9.2. Схема соединений для испытаний операционного усилителя с отрицательной обратной связью

- соедините гнездо  $V$  левого мультиметра с прямым (нижним) входом усилителя, а правого мультиметра — с выходом усилителя.

4.16. После проверки схемы преподавателем включите выключатели Сеть БИЦУ и БМ. Включите мультиметры, нажав кнопки *ON/OFF*.

4.17. Вращая ручку переменного резистора нижнего МПР и контролируя поступающее с него напряжение левым мультиметром, установите на прямом входе операционного усилителя напряжение 0 В.

4.18. Определите правым мультиметром напряжение на выходе усилителя и занесите его в табл. 9.2.

4.19. Повторите пп. 4.17, 4.18 для всех значений входного напряжения, указанных в табл. 9.2.

4.20. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.21. Установите кнопки *ON/OFF* мультиметров в отжатое состояние. Установите выключатели Сеть БИЦУ и БМ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

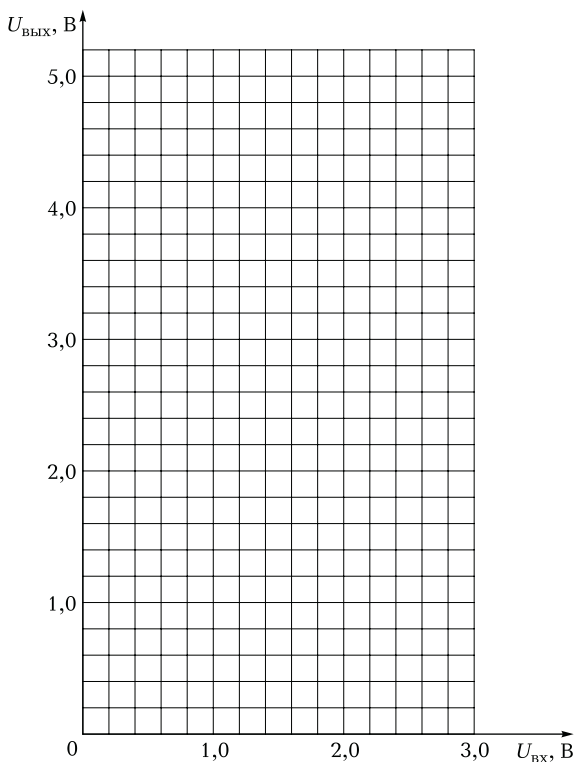


Рис. 9.3. Амплитудная характеристика операционного усилителя

4.22. На основе данных табл. 9.2 постройте амплитудную характеристику операционного усилителя (рис. 9.3) и вычислите по ней коэффициент усиления  $K_{o.c}$  усилителя с ООС для любой точки среднего участка характеристики.

4.23. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 9

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

5.1.2. Рассчитайте коэффициент усиления усилителя, если при входном напряжении 0,1 В напряжение на его выходе равно номеру вашего варианта.

Ваш вариант № \_\_\_\_\_ Ответ: \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схемы соединений и таблицы результатов.

Таблица 9.1. Результаты испытаний операционного усилителя в режиме компаратора

Напряжение на прямом входе $U_{вх1}$ , В	
Напряжение на инверсном входе $U_{вх2}$ , В	
Порог срабатывания $U_{вх1} - U_{вх2}$ , В	

Таблица 9.2. Результаты испытаний операционного усилителя с отрицательной обратной связью

Напряжение на входе $U_{вх}$ , В	Напряжение на выходе $U_{вых}$ , В
0	
0,05	
0,1	
0,2	
0,4	
1,0	
2,0	
2,3	
2,4	
2,5	
2,6	

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.3. Расчетно-графическая часть.

Коэффициент усиления с обратной связью  $K_{o.c} = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}} = \underline{\hspace{2cm}}$

**5.4. Выводы.** (Какие испытания проведены? Как изменяется сигнал на выходе усилителя без обратной связи и с ООС при изменении входного напряжения? Каковы особенности амплитудной характеристики при очень малом и очень большом входном напряжении?)

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение усилителя?
2. Какие усилители называются операционными?
3. Как вычислить коэффициент усиления усилителя?
4. Расскажите, как можно регулировать коэффициент усиления операционного усилителя.
5. Что называют амплитудной характеристикой усилителя?
6. Что такое компаратор? Как он работает?

## КОММУТАТОРЫ

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами построения и составными частями коммутаторов.

1.2. Изучить экспериментально работу дешифратора, демультимплектора и мультиплектора, выполненных на элементах ТТЛ.

### 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний являются дешифратор, демультимплексор и мультиплексор, реализованные в виде мини-блоков с интегральными элементами ТТЛ.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем, включающий в себя источники логических сигналов и индикатор логических уровней;
- мини-блок 4 НЕ;
- мини-блок индикации логических уровней;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

### 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ.



Дешифратор (ДШ) и мультиплексор (МП) реализуются отдельными мини-блоками.

Демультимплексор реализуется на базе мини-блока дешифратора.

Примененная в мини-блоке дешифратора микросхема имеет только инверсные выходы и инверсный вход разрешения работы  $E$ . Для получения на выходе демультимплексора сигналов, соответствующих логике работы автоматических устройств, выходные сигналы дешифратора инвертируются с помощью мини-блока 4 НЕ, а на вход  $E$  для разрешения работы дешифратора подается не 1, а 0.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение 1).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 5.4.5. Коммутаторы [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 3.2).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ выключены.

**Испытание дешифратора.**

4.4. Установите в первые гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ мини-блок ДШ, в любые другие гнезда второго ряда — мини-блок 4 НЕ, а в последние гнезда первого ряда — мини-блок ИЛУ.

4.5. Соберите схему в соответствии с рис. 10.1. Для этого:

- адресные входы  $A0$  и  $A1$  дешифратора соедините соответственно с выходами тумблеров 0 и 1;
- вход разрешения работы дешифратора  $E$  соедините с нижним выходом кнопки источников логических сигналов БИЦУ;
- выходы дешифратора соедините с входами мини-блока 4 НЕ;

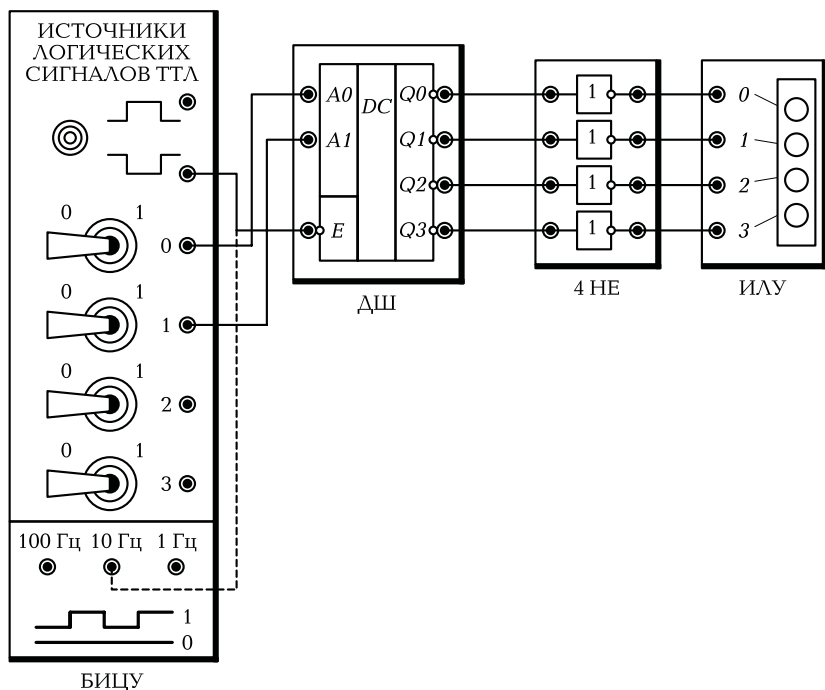


Рис. 10.1. Схема соединений для испытаний дешифратора и демультплексора

- выходы мини-блока 4 НЕ соедините с входами мини-блока ИЛУ.

4.6. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.7. Тумблерами 1 и 0 задайте на входах  $A1$  и  $A0$  дешифратора код 00. Нажав кнопку, подайте сигнал 0 на вход разрешения работы дешифратора. Не отпуская кнопку, определите с помощью мини-блока ИЛУ комбинацию сигналов на выходе дешифратора и занесите ее в табл. 10.1.

4.8. Повторите п. 4.7, задавая на входах дешифратора коды 01 (тумблер 0 в положении 1, тумблер 1 в положении 0), 10, 11. Результаты испытаний заносите в табл. 10.1.

4.9. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.10. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» и отсоедините провод от выхода кнопки источников логических сигналов.

### **Испытание демультимплексора.**

4.11. Подключите в качестве источника входных сигналов демультимплексора генератор сигналов частоты 10 Гц. Для этого соедините вход разрешения работы дешифратора *E*, используемый как вход демультимплексора, с выходом 10 Гц генератора (показано штриховой линией на рис. 10.1).

4.12. Включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.13. Задайте тумблерами на адресных входах *A1* и *A0* демультимплексора код 00. Определите по свечению светодиодов мини-блока ИЛУ, на какой выход демультимплексора поступает входной сигнал. Занесите данные в табл. 10.2.

4.14. Повторите п. 4.13, задавая на адресных входах демультимплексора коды 01, 10, 11 и занося данные в табл. 10.2.

4.15. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.16. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.». Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

### **Испытание мультиплексора.**

4.17. Установите в первые гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ мини-блок МП.

4.18. Соберите схему в соответствии с рис. 10.2. Для этого:

- адресные входы *A0* и *A1* мультиплексора соедините соответственно с выходами тумблеров 0 и 1;
- информационные входы *D0* и *D1* мультиплексора соедините соответственно с выходами тумблеров 2 и 3 источников логических сигналов;
- информационные входы *D2* и *D3* мультиплексора соедините с выходами 1 Гц и 10 Гц генератора;
- выход мультиплексора *Q* соедините с входом индикатора логических уровней БИЦУ, установленного в режим ТТЛ 5В.

4.19. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.20. Тумблерами 1 и 0 задайте на адресных входах *A1* и *A0* мультиплексора код 00, который является адресом информационного входа *D0* мультиплексора.

4.21. Подавайте тумблером 2 на вход *D0* мультиплексора поочередно сигналы 0 и 1, каждый раз определяя с помощью индикатора логических уровней БИЦУ сигнал на выходе мультиплексора и занося результаты испытаний в табл. 10.3.

4.22. Задайте на адресных входах *A1* и *A0* мультиплексора код 01, который является адресом входа *D1* мультиплексора.

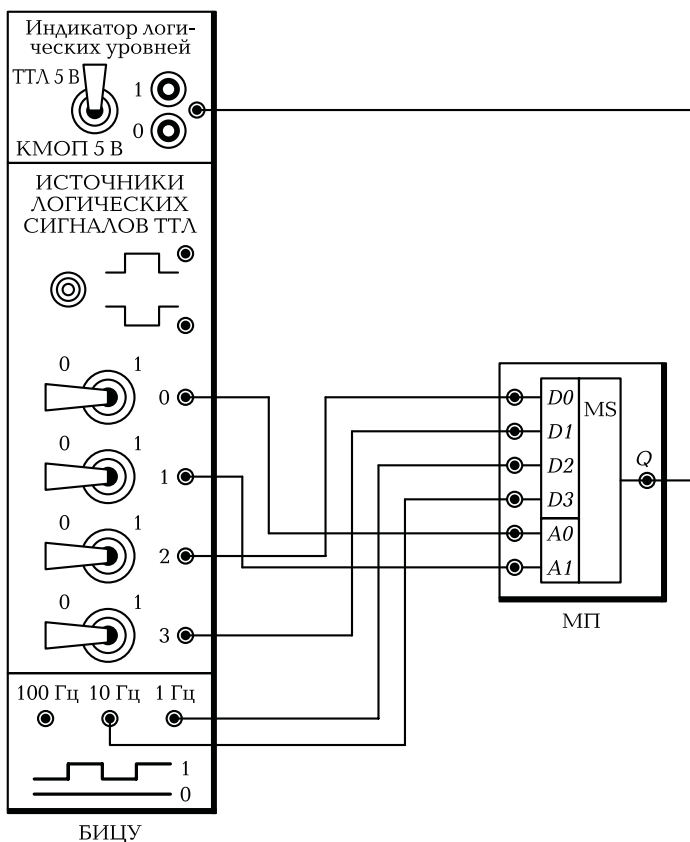


Рис. 10.2. Схема соединений для испытаний мультиплексора

4.23. Подавайте тумблером 3 сигнала 0 и 1 на вход  $D1$  мультиплексора, занеся результаты испытаний в табл. 10.3.

4.24. Задайте на адресных входах  $A1$  и  $A0$  код 10, который является адресом входа  $D2$  мультиплексора. Убедитесь с помощью индикатора логических уровней БИЦУ, что уровень напряжения на выходе мультиплексора изменяется с частотой 1 Гц, т. е. соответствует сигналу, который подается на вход  $D2$ . Занесите результаты испытаний в табл. 10.3.

4.25. Задайте на адресных входах  $A1$  и  $A0$  код 11, который является адресом входа  $D3$  мультиплексора. Убедитесь, что на выход мультиплексора проходит сигнал частотой 10 Гц, подаваемый на вход  $D3$ , и занесите результаты испытаний в табл. 10.3.

4.26. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.27. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блок из гнезд наборного поля.

4.28. На основе данных табл. 10.1 — 10.3 сформулируйте выводы о работе дешифратора, демультимплексора и мультимплексора, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 10

### 5.1. Подготовительная часть.

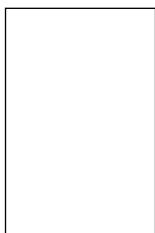
5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---

5.1.2. Изобразите в отведенных полях условные обозначения демультимплексора и мультимплексора:



Демультимплексор



Мультимплексор

5.1.3. Укажите (для своего варианта), с какого из входов ( $D0$ ,  $D1$ ,  $D2$  или  $D3$ ) поступит сигнал на выход мультимплексора, если на адресные входы  $A1$ ,  $A0$  подана следующая комбинация сигналов:

варианты № 1 и 5: 00;

варианты № 2 и 6: 01;

варианты № 3 и 7: 10;

варианты № 4 и 8: 11.

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ: вход \_\_\_\_\_

5.1.4. Укажите (для своего варианта), какая комбинация сигналов будет на выходах дешифратора после подачи сигнала разрешения работы, если двоичный код на входах  $A1$ ,  $A0$  дешифратора следующий:

варианты № 1 и 5: 00;  
варианты № 3 и 7: 10;

варианты № 2 и 6: 01;  
варианты № 4 и 8: 11.

Ваш вариант № \_\_\_\_\_

Ответ: комбинация сигналов: \_\_\_\_\_|\_\_\_\_\_|\_\_\_\_\_|\_\_\_\_\_  
(Выходы: 3 2 1 0)

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схемы соединений и таблицы результатов.

Таблица 10.1. Результаты испытаний дешифратора

Код на адресных входах дешифратора		Комбинация сигналов на выходах дешифратора			
A1	A0	3-й разряд	2-й разряд	1-й разряд	0-й разряд
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

Таблица 10.2. Результаты испытаний демультимплексора

Код на адресных входах демультимплексора		№ выхода, на который поступает входной сигнал (от 0 до 3)
A1	A0	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Таблица 10.3. Результаты испытаний мультиплексора

Код на адресных входах мультиплексора		Открытый информационный вход	Сигнал на открытом входе	Сигнал на выходе мультиплексора
A1	A0			
0	0		0	
			1	

Код на адресных входах мультиплектора		Открытый информационный вход	Сигнал на открытом входе	Сигнал на выходе мультиплектора
A1	A0			
0	1		0	
			1	
1	0			
1	1			

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? Что происходит при изменении кода на адресных входах демультиплектора? От чего зависит, сигнал с какого информационного входа проходит на выход мультиплектора?)

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое коммутатор?
2. Из каких элементов состоит коммутатор?
3. Каково назначение дешифратора в коммутаторе?
4. Что такое демультиплексор?

5. Какую функцию выполняет демультиплексор в автоматических системах?
6. Опишите работу демультиплексора.
7. Что такое мультиплексор?
8. Какую функцию выполняет мультиплексор в автоматических системах?
9. Опишите работу мультиплексора.



# ЦИФРОАНАЛОГОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципом работы цифроаналогового преобразователя (ЦАП).

1.2. Изучить экспериментально работу преобразователей двоичного кода и количества импульсов в напряжение.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является цифроаналоговый преобразователь, реализованный в виде мини-блока ЦАП с интегральными элементами ТТЛ.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем и источниками логических сигналов;
- мини-блок с переменным резистором;
- мини-блок с реверсивным двоично-десятичным счетчиком;
- мини-блок с семисегментным индикатором;
- блок мультиметров;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода и переходники.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ.

Мини-блок с переменным резистором МПР используется в качестве источника питания резистивной матрицы ЦАП.

Если показания включенного мультиметра через некоторое время исчезают, установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние, затем снова нажмите ее.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение I).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 5.5.1. Цифроаналоговые преобразователи [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 3.3).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть БИЦУ и БМ выключены.

**Испытание преобразователя двоичного кода в напряжении.**

4.4. Установите во вторые гнезда первого ряда наборного поля БИЦУ мини-блок МПР, а во вторые гнезда второго ряда мини-блок ЦАП.

4.5. Соберите схему в соответствии с рис. 11.1. Для этого:

- входы 1, 2, 4, 8 ЦАП соедините соответственно с выходами тумблеров 0, 1, 2, 3 источников логических сигналов;
- левый вывод переменного резистора МПР соедините с находящимся рядом гнездом 0 В, а правый вывод с находящимся рядом гнездом +5 В;
- средний вывод переменного резистора МПР соедините с выводом I ЦАП;
- соедините гнездо СОМ левого мультиметра с гнездом 0 В ЦАП, а гнездо V мультиметра с выводом U ЦАП.

4.6. Переключателем пределов измерения мультиметра установите предел измерения постоянного напряжения 20 В (20, сектор V=).

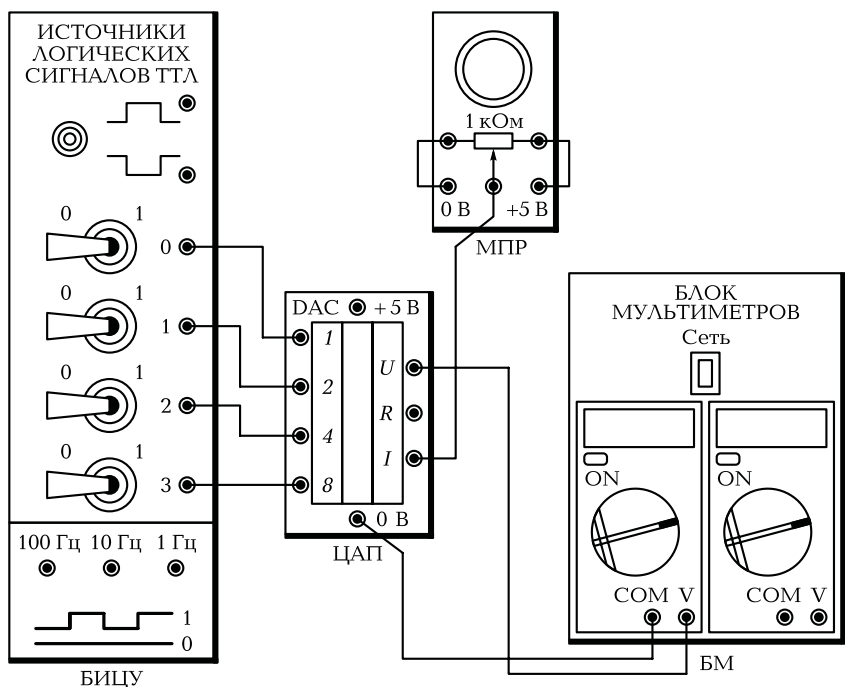


Рис. 11.1. Схема соединений для испытаний преобразователя двоичного кода в напряжение

4.7. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть БИЦУ и БМ. Нажмите кнопку *ON/OFF* мультиметра.

4.8. Установите тумблерами на входе ЦАП двоичный код 1010 (десятичный эквивалент 10).

**Внимание!** Не забывайте, что младший разряд устанавливается тумблером 0.

4.9. Вращая ручку переменного резистора мини-блока МПР и контролируя выходное напряжение ЦАП мультиметром, установите на выходе ЦАП напряжение 1,0 В.

4.10. Тумблерами источников логических сигналов задайте на входе ЦАП последовательно двоичные коды от 0000 до 1111, каждый раз определяя мультиметром значение выходного напряжения ЦАП и занося его в табл. 11.1.

4.11. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.12. Установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.». Отсоедините провода от выходов тумблеров.

**Испытание преобразователя количества импульсов в напряжение.**

4.13. Установите в первые гнезда первого ряда наборного поля БИЦУ мини-блок СИ, а в первые гнезда второго ряда мини-блок ДАС.

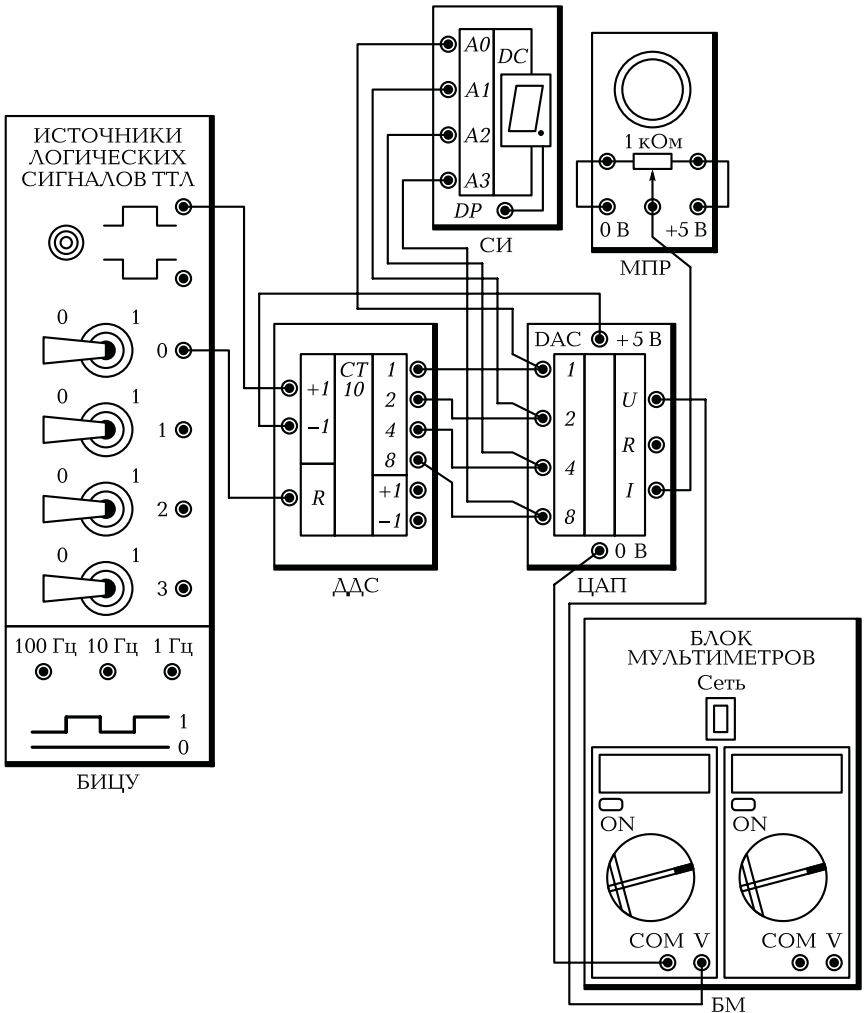


Рис. 11.2. Схема соединений для испытаний преобразователя количества импульсов в напряжение

4.14. Соберите схему в соответствии с рис. 11.2. Для этого:

- соедините входы 1, 2, 4, 8 ЦАП соответственно с выходами 1, 2, 4, 8 счетчика и с входами А0, А1, А2, А3 мини-блока СИ, как показано на рис. 11.2;
- соедините вход сброса счетчика R с выходом тумблера 0;
- соедините вход суммирования +1 счетчика с верхним выводом кнопки источников логических сигналов, а вход вычитания -1 с гнездом +5 В мини-блока ЦАП.

4.15. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть БИЦУ. Нажмите кнопку ON/OFF мультиметра.

4.16. Выполните сброс счетчика в исходное состояние, переведя тумблер 0 в положение 1 на 1 ... 2 с.

4.17. Нажатием кнопки подавайте импульсы на вход +1 счетчика, отслеживая количество импульсов по показаниям индикатора СИ и занося в табл. 11.2 показания мультиметра.

4.18. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.19. Установите кнопку ON/OFF мультиметра в отжатое состояние. Установите выключатели Сеть БИЦУ и БМ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

4.20. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 11

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---

---

---

---

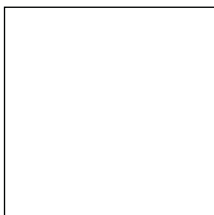
---

---

---

---

5.1.2. Изобразите в отведенном поле условное обозначение ЦАП:



5.1.3. На вход четырехразрядного ЦАП с «единицей веса» выходного тока, равной (мА) номеру вашего варианта, поступил двоичный код 1001. Каким будет выходной ток преобразователя?

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ: \_\_\_\_ мА

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схемы соединений и таблицы результатов.

Таблица 11.1. Результаты испытаний преобразователя двоичного кода в напряжение

Двоичный код на входе ЦАП				Десятичный эквивалент кода	Напряжение на выходе ЦАП, В
Вход 8	Вход 4	Вход 2	Вход 1		
0	0	0	0	0	
				1	
				2	
				3	
				4	
				5	
				6	
				7	
				8	
				9	
				10	
				11	
				12	
				13	
				14	
1	1	1	1	15	

Таблица 11.2. Результаты испытаний преобразователя количества импульсов в напряжение

Количество импульсов, поступивших на ЦАП	Напряжение на выходе ЦАП, В	Количество импульсов, поступивших на ЦАП	Напряжение на выходе ЦАП, В
0		5	
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? Чему пропорционально выходное напряжение преобразователя двоичного кода в напряжение?)

---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое цифроаналоговый преобразователь?
2. Какую функцию выполняет ЦАП в автоматических устройствах?
3. Расскажите о принципе работы ЦАП.

# АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами работы аналого-цифровых преобразователей (АЦП).

1.2. Изучить экспериментально работу развертывающего и следящего АЦП.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является аналого-цифровой преобразователь, реализованный на базе мини-блоков двоично-десятичного счетчика, цифроаналогового преобразователя, операционного усилителя, дешифратора, мини-блоков с переменным резистором и с семисегментным индикатором.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем, включающий в себя генератор импульсов;
- мини-блок с переменным резистором;
- блок мультиметров;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода и переходники.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ.



Один из мини-блоков МПР служит источником питания резистивной матрицы ЦАП, а другой является источником входного сигнала АЦП.

Для удобства считывания выходной двоичный код АЦП преобразуется в показания десятичного индикатора СИ.

Дешифратор используется как демультимплексор для подачи импульсов генератора на входы суммирования или вычитания реверсивного счетчика. Направлением счета управляет компаратор через адресный вход  $A_0$ .

Если показания включенного мультиметра через некоторое время исчезают, установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние, затем снова нажмите ее.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение 1).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 5.5.3. Аналого-цифровые преобразователи [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 3.4).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть БИЦУ и БМ выключены.

**Испытание развертывающего аналого-цифрового преобразователя.**

4.4. Установите в гнезда первого ряда наборного поля БИЦУ последовательно мини-блок СИ и два МПР.

4.5. Установите в гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ последовательно мини-блоки ДДС, ЦАП и ОУ.

4.6. Установите в первые гнезда третьего ряда наборного поля БИЦУ мини-блок ДШ.

4.7. Соберите схему в соответствии с рис. 12.1. Для этого:

- соедините вход сброса  $R$  счетчика с верхним гнездом кнопки источника логических сигналов БИЦУ;

- соедините вход  $+1$  счетчика с выходом  $1$  дешифратора, а вход  $-1$  счетчика с гнездом  $+5$  В мини-блока ЦАП;
- соедините вход разрешения работы дешифратора  $E$  с выходом  $1$  Гц генератора;
- вход  $A0$  дешифратора соедините с выходом операционного усилителя, используемого в качестве компаратора, а

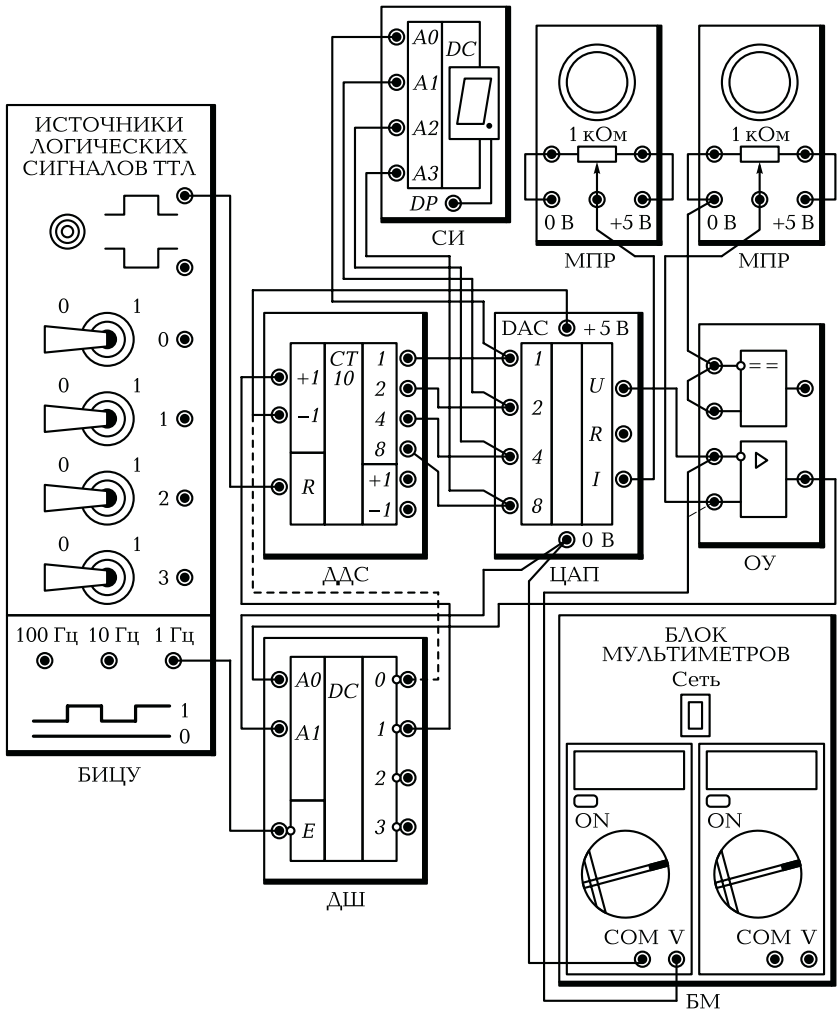


Рис. 12.1. Схема соединений для испытаний аналого-цифровых преобразователей

вход *A1* дешифратора соедините с гнездом 0 В мини-блока ЦАП;

- соедините выходы *1, 2, 4, 8* счетчика соответственно с входами *1, 2, 4, 8* цифроаналогового преобразователя, а также с входами *A0, A1, A2, A3* мини-блока СИ;
- левые выводы переменных резисторов МПР соедините с находящимися рядом гнездами 0 В, а правые выводы — с находящимися рядом гнездами +5 В;
- средний вывод переменного резистора левого МПР соедините с выводом *I* мини-блока ЦАП;
- средний вывод переменного резистора правого мини-блока соедините с нижним входом операционного усилителя;
- соедините выход *U* мини-блока ЦАП с верхним входом усилителя;
- входы верхнего элемента мини-блока ОУ соедините между собой и подключите к гнезду 0 В любого МПР;
- соедините гнездо СОМ левого мультиметра с гнездом 0 В мини-блока ЦАП, а гнездо *V* мультиметра с выходом *U* ЦАП.

4.8. Переключателем пределов измерения мультиметра установите предел измерения постоянного напряжения 20 В (20, сектор  $V=$ ).

4.9. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатели Сеть БИЦУ и БМ. Нажмите кнопку *ON/OFF* мультиметра.

4.10. Выполните калибровку ЦАП. Для этого:

- установите ручку переменного резистора *левого* МПР на деление 2;
- установите ручку переменного резистора *правого* МПР на нулевое деление;
- выполните сброс счетчика, нажав и отпустив кнопку источников логических сигналов;
- медленно вращайте ручку переменного резистора *правого* МПР до появления на индикаторе СИ цифры 5 (если появилась цифра больше 5, сбросьте счетчик в исходное состояние и снова вращайте ручку правого переменного резистора от нуля);
- медленно вращая ручку переменного резистора *левого* МПР и контролируя выходное напряжение ЦАП мультиметром, установите на выходе ЦАП напряжение 0,5 В. На этом калибровка ЦАП закончена.

4.11. Отключите провод мультиметра от выхода  $U_{ЦАП}$  и подключите его к нижнему входу операционного усилителя.

4.12. Вращая ручку переменного резистора правого мини-блока МПР и контролируя поступающее с него напряжение мультиметром, установите на входе АЦП любое напряжение в диапазоне 0,3...0,6 В.

4.13. Выполните сброс счетчика в исходное состояние, нажав и отпустив кнопку. Пронаблюдайте на индикаторе СИ за изменением напряжения развертки АЦП.

4.14. Занесите значение напряжения на входе АЦП и установившееся показание индикатора СИ в табл. 12.1.

4.15. Повторите пп. 4.12... 4.14 еще дважды, устанавливая на входе АЦП различные значения измеряемого напряжения в диапазонах 0,1...0,3 В и 0,6...0,9 В и занося результаты испытаний в табл. 12.1.

4.16. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.17. Установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

**Испытание следящего аналого-цифрового преобразователя.**

4.18. Провод, идущий от входа  $-1$  счетчика, отсоедините от гнезда +5 В ЦАП и подключите к выходу  $0$  дешифратора (штриховая линия на рис. 12.1).

4.19. Включите выключатель Сеть БИЦУ. Включите мультиметр, нажав кнопку *ON/OFF*.

4.20. Повторите пп. 4.12... 4.14 трижды, устанавливая на входе АЦП значения измеряемого напряжения в диапазонах 0,1...0,3 В, 0,3...0,6 В, 0,6...0,9 В и занося результаты испытаний в табл. 12.2.

4.21. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.22. Установите кнопку *ON/OFF* мультиметра в отжатое состояние. Установите выключатели Сеть БИЦУ и БМ в положение «Выкл.». Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

4.23. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 12

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

5.1.2. На вход четырехразрядного АЦП, рассчитанного на максимальное входное напряжение 15 В, поступило напряжение, значение которого (В) равно номеру вашего варианта. Какое двоичное число установится на выходе АЦП?

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ: \_\_\_\_\_|\_\_\_\_\_|\_\_\_\_\_|\_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схема соединений и таблицы результатов.

Таблица 12.1. **Результаты испытаний развертывающего аналого-цифрового преобразователя**

Входное напряжение развертывающего АЦП, В	Показания индикатора СИ

Таблица 12.2. **Результаты испытаний следящего аналого-цифрового преобразователя**

Входное напряжение следящего АЦП, В	Показания индикатора СИ	

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? Что происходило в развертывающем АЦП после достижения равенства напряжения развертки и входного напряжения? Что происходило в следящем АЦП после достижения равенства напряжения развертки и входного напряжения?)

---



---



---



---



---



---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Дайте определение аналого-цифрового преобразователя.
2. Какие функции выполняют АЦП в автоматических системах?
3. Назовите два основных типа аналого-цифровых преобразователей.
4. Опишите работу развертывающего АЦП.
5. Чем отличается следящий АЦП от развертывающего?
6. Опишите работу следящего АЦП.

# КОМАНДОАППАРАТ С ЖЕСТКОЙ ЛОГИКОЙ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами работы командоаппарата с жесткой логикой.

1.2. Изучить экспериментально работу аппаратно реализованного командоаппарата с жесткой логикой.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объект испытаний — командоаппарат с жесткой логикой, реализованный на базе мини-блоков двоично-десятичного счетчика, дешифратора и двух мини-блоков с *D*-триггерами (Т1, Т2).

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем, включающий в себя источники логических сигналов;
- мини-блок индикации логических уровней;
- мини-блок с семисегментным индикатором;
- вспомогательный мини-блок для соединения входов элементов с шиной питания +5 В или с общей шиной питания  $\perp$ ;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Мини-блоки с интегральными элементами ТТЛ устанавливаются в гнезда наборного поля БИЦУ.

Сигналы, поступающие на входы  $S$  триггеров  $T1$  и  $T2$ , имитируют сигналы включения исполнительных механизмов ИМ1 и ИМ2. Сигналы, поступающие на входы  $R$  триггеров, сбрасывают их в состояние 0, что означает выключение ИМ.

Светодиоды 0 и 1 мини-блока ИЛУ служат моделями исполнительных механизмов ИМ1 и ИМ2.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) перевести выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.» (положение 0); 2) изменить схему; 3) включить выключатель Сеть БИЦУ (положение 1).

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 7.1. Устройства управления с жесткой логикой [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 4.1).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в источнике питания, а также выключатель Сеть БИЦУ выключены.

4.4. Установите в гнезда первого ряда наборного поля БИЦУ последовательно мини-блок СИ, мини-блок  $D$ -триггер ( $T1$ ) и мини-блок ИЛУ.

4.5. Установите в гнезда второго ряда наборного поля БИЦУ последовательно мини-блоки ДДС, ДШ и  $D$ -триггер ( $T2$ ).

4.6. Установите в первые гнезда третьего ряда наборного поля БИЦУ вспомогательный мини-блок подключения к шинам питания.

4.7. Соберите схему в соответствии с рис. 13.1. Для этого:

- соедините вход сброса  $R$  счетчика с верхним гнездом кнопки источников логических сигналов БИЦУ;
- соедините вход  $+1$  счетчика с выходом 1 Гц генератора, а вход  $-1$  счетчика с шиной питания  $+5$  В через вспомогательный мини-блок;



- соедините выходы 1, 2, 4, 8 счетчика с входами A0, A1, A2, A3 мини-блока СИ;
- вход A0 дешифратора соедините с выходом 1 счетчика, а вход A1 дешифратора с выходом 4 счетчика;
- соедините вход разрешения работы дешифратора E с общей шиной питания  $\perp$  через вспомогательный мини-блок;
- соедините выход 1 дешифратора с входом S триггера T1, а выход 2 дешифратора с входом S триггера T2;
- соедините выход 0 дешифратора с входами R двух триггеров;
- соедините прямые выходы триггеров T1 и T2 соответственно с входами 0 и 1 мини-блока ИЛУ;
- соедините входы 2 и 3 мини-блока ИЛУ, а также входы D и C триггеров T1 и T2 с общей шиной питания  $\perp$  через вспомогательный мини-блок.

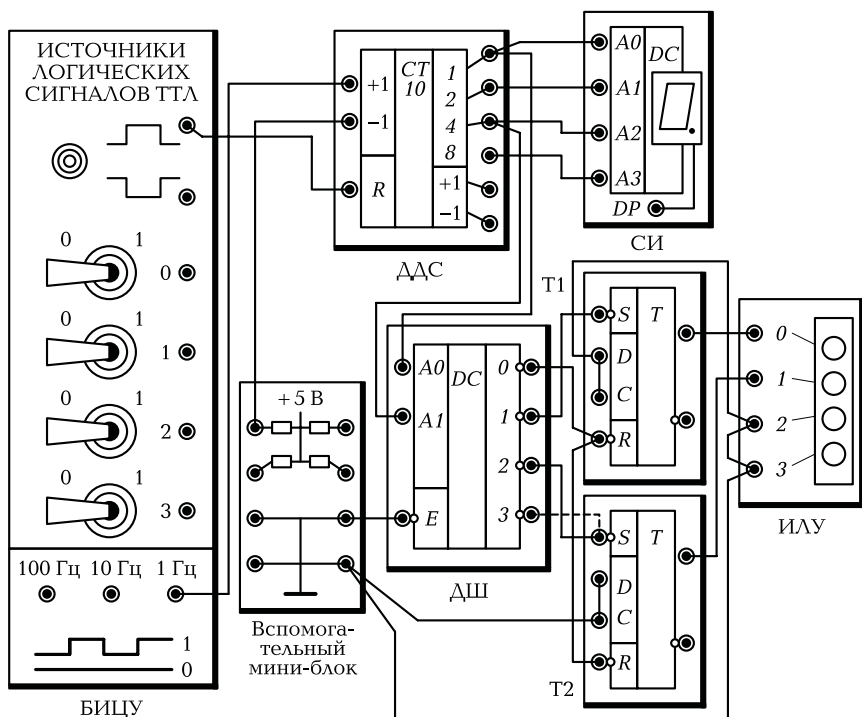


Рис. 13.1. Схема соединений для испытаний командоаппарата с жесткой логикой

4.8. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БИЦУ.

4.9. Пронаблюдайте за включением и выключением первого светодиода. Следя за отсчетом секунд индикатором СИ, отметьте в табл. 13.1 знаком  $V$  те секунды, в течение которых на первом выходе командоаппарата выдается управляющий сигнал (первый светодиод включен).

4.10. Пронаблюдайте за включением и выключением второго светодиода. Следя за отсчетом секунд индикатором СИ, отметьте в табл. 13.1 знаком  $V$  те секунды, в течение которых на втором выходе командоаппарата выдается управляющий сигнал (второй светодиод включен).

4.11. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

4.12. Измените длительность управляющего сигнала для второго исполнительного механизма. Для этого отсоедините от выхода 2 дешифратора провод, идущий к входу  $S$  триггера  $T2$ , и присоедините его к выходу 3 дешифратора (показано штриховой линией на рис. 13.1).

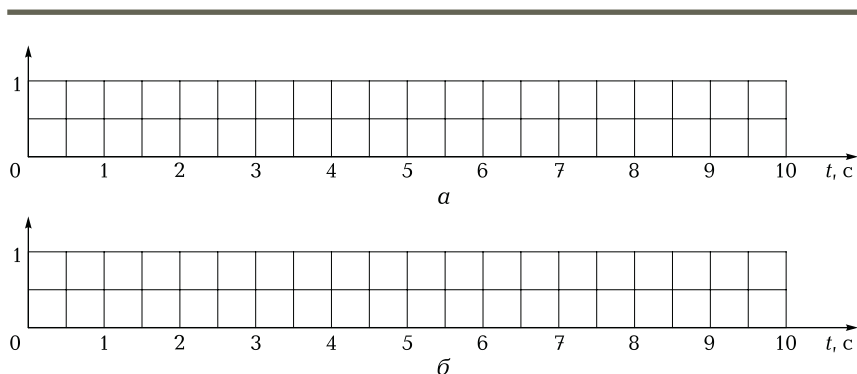


Рис. 13.2. Графики управляющих сигналов на выходах командоаппарата: а — выход 1; б — выход 2

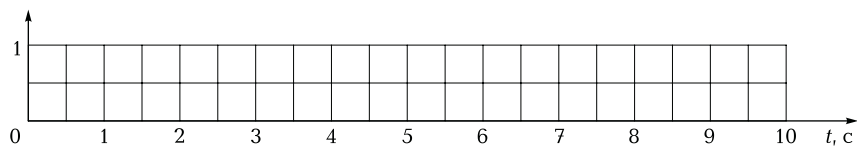


Рис. 13.3. График измененного управляющего сигнала на выходе 2 командоаппарата

4.13. Включите выключатель Сеть БИЦУ.

4.14. Повторите п. 4.10, заносая результаты в табл. 13.2.

4.15. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.16. Установите выключатель Сеть БИЦУ в положение «Выкл.».

Выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода и извлеките мини-блоки из гнезд наборного поля.

4.17. По данным табл. 13.1, 13.2 постройте графики управляющих сигналов на выходах командоаппарата (рис. 13.2, 13.3).

4.18. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 13

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---



---



---



---

5.1.2. На счетчик импульсов командоаппарата поступают импульсы с частотой 1 Гц. Дешифратор выдает команду включения исполнительного механизма при коде на выходе счетчика 0010, а команду выключения при коде 1101. Сколько секунд проработает исполнительный механизм?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

Преподаватель \_\_\_\_\_

5.1.3. Изучите алгоритм командоаппарата:

- 1) пока импульсы поступают на счетчик, выполнять действия:
- 2) при коде 0001 включить ИМ1;
- 3) при коде 0010 выключить ИМ1;
- 4) при коде 0011 включить ИМ1;
- 5) при коде 0100 включить ИМ2;
- 6) при коде 1000 выключить ИМ1 и ИМ2;

- 7) при коде 1001 включить ИМ1;
- 8) при коде 1010 выключить ИМ1;
- 9) обнулить счетчик импульсов;
- 10) конец цикла.

## 5.2. Схема соединений и таблицы результатов.

Таблица 13.1. Результаты испытаний командоаппарата

Секунды	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я
Сигнал на выходе 1										
Сигнал на выходе 2										

Таблица 13.2. Результаты испытаний командоаппарата с измененным сигналом на выходе 2

Секунды	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я
Сигнал на выходе 2										

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.3. Графическая часть.

**5.4. Выводы.** (Какие испытания проведены? От чего зависят моменты включения и выключения управляющих сигналов на выходах командоаппарата с жесткой логикой?)

---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое командоаппарат?
2. Назовите возможные варианты реализации командоаппарата.
3. Назовите составные части электронного командоаппарата с жесткой логикой.
4. Опишите работу командоаппарата с жесткой логикой.
5. В чем основной недостаток командоаппаратов с жесткой логикой?

# ПРОГРАММИРУЕМОЕ РЕЛЕ (Часть 1)

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами работы программируемого реле и его встроенными блоками, реализующими основные логические функции.

1.2. Научиться составлять и вводить в ПР коммутационную программу (*факультативно*).

1.3. Изучить экспериментальную работу ПР и его блоков, реализующих основные логические функции.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является программируемое реле.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- пост управления (ПУ);
- блок световой сигнализации;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Программируемое реле выполнено в виде отдельного модуля, закрепленного на панели блока программируемого реле (БПР).

Источником входных сигналов ПР является пост управления.

В качестве индикатора состояния выходов ПР используется блок световой сигнализации.

Коммутационная программа представлена на рис. 14.2 в виде схемы, содержащей функциональные блоки со связями между ними и обозначениями выходов и входов. В процессе ввода программы номера блоков присваиваются системой автоматически.

Для исправления ошибки при вводе коммутационной программы нажмите кнопку *ESC* и повторите ввод элемента программы.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы ПР важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) нажать кнопку *ESC*; 2) в положении курсора *Stop* нажать кнопку *OK*; 3) перевести курсор в строку *Yes* и нажать *OK*; 4) перевести выключатель Сеть БПР в положение «Выкл.» (положение 0); 5) изменить схему; 6) включить выключатель Сеть (положение 1); 7) перевести курсор в строку *Start* и нажать кнопку *OK*.

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 7.2. Микропроцессорные управляющие устройства и 7.4. Программное обеспечение систем контроля и управления [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 4.2).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в источнике питания, а также выключатель Сеть БПР выключены.

4.4. Соберите схему для испытаний встроенных блоков ПР, реализующих основные логические функции (рис. 14.1). Для этого:

- соедините левые выводы двух кнопок без фиксации состояния (красных) ПУ с шиной +24 В, а их правые выводы с входами *I1* и *I2* ПР;
- соедините левые выводы выходов *Q1*, *Q2*, *Q3* ПР с шиной +24 В;
- правый вывод выхода *Q1* соедините с левым выводом верхней лампы БСС, а ее правый вывод соедините с шиной 0 В.

4.5. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БПР.

4.6. Если на экране ПР после включения питания появилась надпись *No Program Press ESC*, нажмите кнопку *ESC*. После появления главного меню переходите к п. 4.8.

Если же на экране ПР сразу после включения питания появилось главное меню, это означает, что в памяти ПР имеется коммутационная программа.

**Внимание!** В этом случае дальнейшие действия выполняются только по указанию преподавателя!

**Ввод новой коммутационной программы (факультативно).**

4.7. Для удаления имеющейся в памяти ПР коммутационной программы убедитесь, что курсор в главном меню находится в строке *Program*, и нажмите *OK*. Кнопкой  $\blacktriangledown$  переведите курсор в строку *Clear Prg*, снова нажмите *OK*, переведите курсор в строку *Yes*, еще раз нажмите *OK*, а затем *ESC*. На экране появляется главное меню.

4.8. Для перехода из главного меню в режим ввода коммутационной программы (рис. 14.2) нажмите 3 раза кнопку *OK* (до появ-

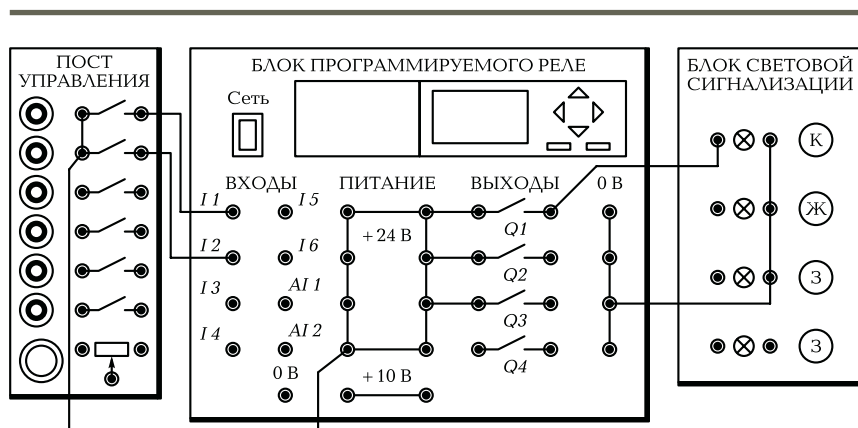


Рис. 14.1. Схема соединений для испытаний блоков, реализующих основные логические функции

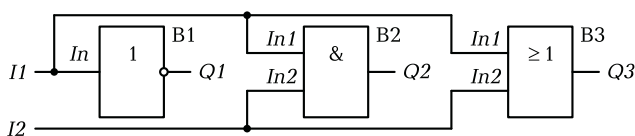


Рис. 14.2. Коммутационная программа для испытаний блоков НЕ, И, ИЛИ

ления на экране ПР символа *Q1*). Подтвердите выбор выхода *Q1* ПР, нажав *OK*.

4.9. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▼ выберите список *GF*. Нажмите *OK*.

4.10. На экране высвечивается блок *И*. Дважды нажав кнопку ▼, перейдите к блоку *HE* (см. символ на схеме рис. 14.2). Нажмите *OK*.

4.11. Курсор мигает под обозначением входа *In*. Нажмите *OK*.

4.12. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.13. Курсор мигает на обозначении *I1*. Нажмите *OK*. Подключение блока *HE* завершено.

4.14. Вернитесь к выходу *Q1*, нажав несколько раз кнопку ► (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой ▼ перейдите к выходу *Q2*. Нажмите *OK*.

4.15. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▼ выберите список *GF*. Нажмите *OK*.

4.16. На экране высвечивается блок *И* (см. символ на схеме рис. 14.2). Нажмите *OK*.

4.17. Курсор мигает под обозначением *In1*. Нажмите *OK*.

4.18. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.19. Курсор мигает на обозначении *I1*. Нажмите *OK*.

4.20. Курсор мигает под обозначением *In2*. Нажмите *OK*.

4.21. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.22. Курсор мигает на обозначении *I1*. Кнопкой ▼ измените номер на *I2*. Нажмите *OK*. Подключение блока *И* завершено.

4.23. Вернитесь к выходу *Q2*, нажав несколько раз кнопку ► (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой ▼ перейдите к выходу *Q3*. Нажмите *OK*.

4.24. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▼ выберите список *GF*. Нажмите *OK*.

4.25. На экране высвечивается блок *И*. Нажав 1 раз кнопку ▼, перейдите к блоку *ИЛИ* (см. символ на схеме рис. 14.2). Нажмите *OK*.

4.26. Повторите пп. 4.17 ... 4.22, подключая входы блока *ИЛИ* к входам *I1* и *I2* ПР. Подключение блока *ИЛИ* завершено.

4.27. Нажмите трижды кнопку *ESC* для выхода в главное меню ПР.

### **Запуск коммутационной программы.**

4.28. Для запуска программы кнопкой ▲ или ▼ переведите курсор в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.29. Для испытания блока *HE* верхней кнопкой ПУ задайте на входе *I1* последовательно сигналы 0 (кнопка не нажата) и 1 (кнопка нажата), каждый раз определяя сигнал на выходе блока *HE* (0 или 1)



по свечению лампы БСС. Занесите результаты эксперимента в табл. 14.1.

4.30. Для испытания блока И отключите провод от правого вывода выхода  $Q1$  и подключите его к правому выводу выхода  $Q2$ .

4.31. При комбинации сигналов 00 на входах  $I1$  и  $I2$  (обе кнопки не нажаты) определите сигнал на выходе блока И по свечению лампы БСС и занесите результат в табл. 14.2.

4.32. Повторите п. 4.31 3 раза, устанавливая на входах  $I1$  и  $I2$  ПР сигналы 01 (удерживается нажатой вторая кнопка), 10 (удерживается нажатой первая кнопка) и 11 (удерживаются нажатыми обе кнопки), каждый раз определяя сигнал на выходе блока И и занося результаты эксперимента в табл. 14.2.

4.33. Для испытания блока ИЛИ отключите провод от правого вывода выхода  $Q2$  и подключите его к правому выводу выхода  $Q3$ .

4.34. При комбинации сигналов 00 на входах  $I1$  и  $I2$  ПР (обе кнопки не нажаты) определите сигнал на выходе блока ИЛИ по свечению лампы БСС и занесите результат в табл. 14.3.

4.35. Повторите п. 4.34 3 раза, устанавливая на входах  $I1$  и  $I2$  ПР сигналы 01, 10 и 11, каждый раз определяя сигнал на выходе блока ИЛИ и занося результаты эксперимента в табл. 14.3.

4.36. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.37. Для прекращения работы ПР нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*.

4.38. Переведите выключатель Сеть БПР в положение «Выкл.», выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода.

4.39. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 14

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---

---

---

---

5.1.2. Изобразите в отведенных полях символичные обозначения блоков ПР НЕ, И, ИЛИ:



НЕ



И



ИЛИ

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схема соединений, коммутационная программа и таблицы результатов.

Таблица 14.1. Результаты испытаний блока НЕ

Сигнал на входе блока НЕ	Сигнал на выходе Q1
0	
1	

Таблица 14.2. Результаты испытаний блока И

Сигналы на входах блока И		Сигнал на выходе Q2
Вход I1	Вход I2	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Таблица 14.3. Результаты испытаний блока ИЛИ

Сигналы на входах блока ИЛИ		Сигнал на выходе Q3
Вход I1	Вход I2	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? При каких сигналах на входах блоков НЕ, И, ИЛИ на выходах ПР Q1, Q2, Q3 появляется сигнал 1?)

---

---

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Что входит в состав программируемого контроллера?
2. Что представляет собой коммутационная программа для программируемого реле семейства LOGO!?
3. Каков основной принцип ввода программы в программируемое реле LOGO!?

# ПРОГРАММИРУЕМОЕ РЕЛЕ (ЧАСТЬ 2)

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с встроенными блоками программируемого реле, реализующими специальные функции.

1.2. Научиться составлять и вводить в ПР коммутационную программу с управлением параметрами блока (*факультативно*).

1.3. Изучить экспериментально работу аналогового компаратора ПР и устройства управления уличным освещением на его основе.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является программируемое реле.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- блок испытания цифровых устройств с наборным полем;
- два мини-блока с переменным резистором;
- блок световой сигнализации;
- датчик освещенности;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода и переходники.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Программируемое реле выполнено в виде отдельного модуля, закрепленного на панели блока программируемого реле.

Источником аналоговых входных сигналов ПР являются мини-блоки МПР, а также датчик освещенности.

В качестве индикатора состояния выходов ПР используется БСС.

Коммутационная программа представлена на рис. 15.2 в виде схемы, содержащей функциональный блок с обозначением выходов и входов.

Для исправления ошибки при вводе коммутационной программы нажмите кнопку *ESC* и повторите ввод элемента программы.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы ПР важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) нажать кнопку *ESC* ПР; 2) в положении курсора *Stop* нажать кнопку *OK*; 3) перевести курсор в строку *Yes* и нажать *OK*; 4) перевести выключатель Сеть БПР в положение «Выкл.» (положение 0); 5) изменить схему; 6) включить выключатель Сеть (положение 1); 7) перевести курсор в строку *Start* и нажать кнопку *OK*.

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 7.2. Микропроцессорные управляющие устройства и 7.4. Программное обеспечение систем контроля и управления [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 4.3).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

### **Испытание аналогового компаратора.**

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в источнике питания, а также выключатели Сеть БИЦУ и ПР выключены.

4.4. Установите в последние гнезда второго и третьего рядов наборного поля БИЦУ мини-блоки МПР.

4.5. Соберите схему для испытаний аналогового компаратора ПР (рис. 15.1). Для этого:

- левые выводы переменных резисторов МПР соедините с находящимися рядом гнездами 0 В, а их правые выводы с находящимися рядом гнездами +5 В;
- средние выводы переменных резисторов верхнего и нижнего МПР соедините соответственно с входами *I7 (AI1)* и *I8 (AI2)* ПР;

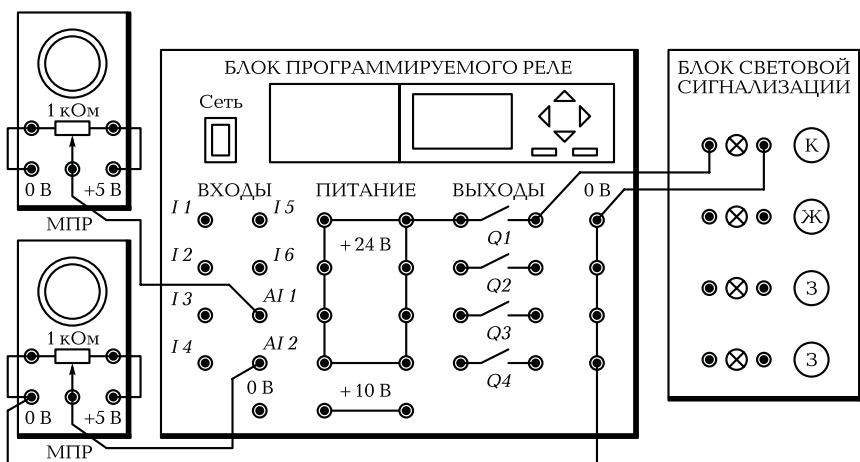


Рис. 15.1. Схема соединений для испытаний аналогового компаратора

- соедините проводом с переходником гнездо 0 В любого МПР с шиной питания 0 В БПР;
- соедините левый вывод выхода  $Q1$  ПР с шиной источника +24 В, его правый вывод — с левым выводом лампы БСС, а правый вывод лампы соедините с шиной 0 В.

4.6. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть БПР.

4.7. Если на экране ПР после включения питания появилась надпись *No Program Press ESC*, нажмите кнопку *ESC*. После появления главного меню переходите к п. 4.9.

Если же на экране ПР сразу после включения питания появилось главное меню, это означает, что в памяти ПР имеется коммутационная программа (рис. 15.2).

**Внимание!** В этом случае дальнейшие действия выполняются только по указанию преподавателя!

**Ввод новой коммутационной программы (факультативно).**

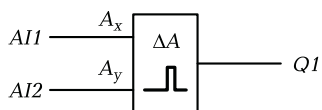


Рис. 15.2. Коммутационная программа для испытаний аналогового компаратора и управления уличным освещением

4.8. Для удаления имеющейся в памяти ПР коммутационной программы убедитесь, что курсор в главном меню находится в строке *Program*, и нажмите *OK*. Кнопкой ▼ переведите курсор в строку *Clear Prg*, снова нажмите *OK*, переведите курсор в строку *Yes*, еще раз нажмите *OK*, а затем *ESC*. На экране появляется главное меню.

4.9. Для перехода из главного меню в режим ввода коммутационной программы нажмите 3 раза кнопку *OK* (до появления на экране ПР символа *Q1*). Подтвердите выбор выхода *Q1* ПР, нажав *OK*.

4.10. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▲ или ▼ выберите список *SF* и нажмите *OK*.

4.11. Кнопкой ▲ выберите блок аналогового компаратора (см. символ на схеме рис. 15.2). Нажмите *OK*.

4.12. Курсор мигает под обозначением  $A_x$ . Нажмите *OK*.

4.13. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.14. Курсор мигает на обозначении *AI1*. Нажмите *OK*.

4.15. Курсор мигает под обозначением  $A_x$ . Нажмите *OK*.

4.16. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.17. Курсор мигает на обозначении *AI1*. Кнопкой ▼ измените номер на *AI2*. Нажмите *OK*.

4.18. Курсор мигает на строке *Par*. Нажмите *OK*.

4.19. Кнопкой ► переведите курсор в строку *On* и далее в последний разряда числа. Кнопкой ▲ задайте уровень включения 00002.

4.20. Кнопкой ► переведите курсор далее в строку *Off*. Курсор мигает на знаке «+». Кнопкой ▲ или ▼ смените знак на «-», затем кнопкой ► переведите курсор в последний разряд числа. Кнопкой управления ▲ задайте уровень выключения 00002 и нажмите *OK*.

4.21. Нажмите 3 раза кнопку *ESC* для выхода в главное меню ПР.

#### **Запуск коммутационной программы.**

4.22. Для запуска программы кнопкой ▲ или ▼ переведите курсор в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.23. Кнопкой ► выведите на экран параметры входов *AI*.

4.24. Вращая ручку переменного резистора верхнего МПР и контролируя на экране значение сигнала на входе *AI1*, установите его 00300.

4.25. Вращая ручку переменного резистора нижнего МПР и контролируя на экране значение сигнала на входе *AI2*, убедитесь, что при его малых значениях на выходе *Q1* имеется сигнал 1 (лампа горит), а при больших значениях сигнала 1 нет (лампа не горит).

4.26. Медленно изменяя сигнал на входе *AI2* вблизи значения 00300, убедитесь, что сигнал 1 на выходе *Q1* появляется в момент, когда сигнал *AI2* становится меньше сигнала *AI1* на величину уровня срабатывания 00002, и наоборот.

- 4.27. Сообщите о проведенных испытаниях преподавателю.
- 4.28. Для прекращения работы ПР нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*.
- 4.29. Переведите выключатели Сеть БИЦУ и БПР в положение «Выкл.».
- 4.30. Отключите от входа *I8* (*AI2*) ПР провод, идущий к нижнему МПР, и извлеките этот мини-блок из гнезд БИЦУ.
- Испытание устройства управления уличным освещением.**
- 4.31. Установите датчик освещенности в гнезда БПР (рис. 15.3).
- 4.32. Включите выключатели Сеть БИЦУ и БПР.
- 4.33. Для запуска программы кнопкой ▲ или ▼ переведите курсор в строку *Start* и нажмите *OK*.
- 4.34. Кнопкой управления ► выведите на экран параметры сигналов *AI*.
- 4.35. Медленно вращая ручку переменного резистора МПР (задатчика) и наблюдая на экране параметры сигналов на входах *AI1* (сигнал задатчика) и *AI2* (сигнал датчика освещенности), убедитесь, что появление сигнала на выходе *Q1* ПР происходит в момент, когда сигнал датчика освещенности становится меньше сигнала задатчика, и наоборот.
- 4.36. Установите ручку переменного резистора задатчика в среднее положение.

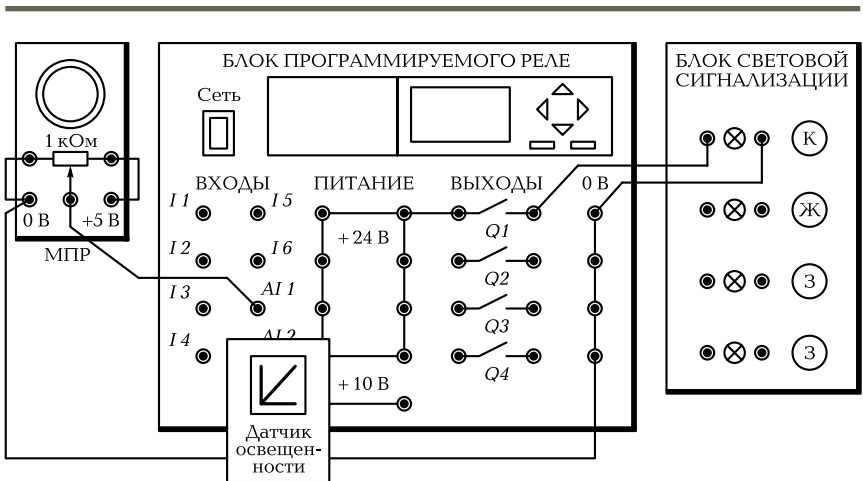


Рис. 15.3. Схема соединений для испытаний устройства управления уличным освещением



4.37. Закрывая датчик освещенности рукой, имитируйте снижение уровня естественной освещенности в вечернее время. Включение лампы БСС имитирует включение уличного освещения. При восстановлении освещенности датчика лампа гаснет.

4.38. Сообщите о проведенных испытаниях преподавателю.

4.39. Для прекращения работы ПР нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*.

4.40. Переведите выключатели Сеть БИЦУ и БПР в положение «Выкл.», выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода, извлеките датчик освещенности из гнезд БПР и мини-блок МПР из гнезд БИЦУ.

4.41. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 15

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---

5.1.2. Ознакомьтесь с алгоритмом управления уличным освещением:

1) если сигнал датчика освещенности меньше сигнала задатчика, то включить освещение (выдать 1 на выход *Q1*);

2) иначе (если сигнал датчика больше сигнала задатчика) выключить освещение (выдать 0 на выход *Q1*).

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.2. Схемы соединений и коммутационная программа.

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

5.3. Выводы. (Какие испытания проведены? В какие моменты включается и выключается сигнал 1 на выходе ПР *Q1*?)

---



---

---

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Приведите примеры специальных функций, выполняемых блоками программируемого реле LOGO!
2. Опишите работу аналогового компаратора ПР LOGO!
3. Как работает устройство управления уличным освещением?

# КОМАНДОАППАРАТ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕЛЕ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с работой программируемого реле в качестве командоаппарата.

1.2. Научиться составлять и вводить в ПР коммутационную программу для управления объектом (*факультативно*).

1.3. Изучить экспериментально работу ПР в качестве командоаппарата.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является командоаппарат на основе программируемого реле.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- пост управления;
- блок световой сигнализации;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Источником входных сигналов ПР является ПУ.

В качестве индикатора состояния выходов ПР используется БСС.

Коммутационная программа представлена на рис. 16.2 в виде схемы, содержащей функциональные блоки со связями между ними

и обозначениями выходов и входов. В процессе ввода программы номера блоков присваиваются системой автоматически.

Для исправления ошибки при вводе коммутационной программы нажмите кнопку *ESC* и повторите ввод элемента программы.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы ПР важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) нажать кнопку *ESC*; 2) в положении курсора *Stop* нажать кнопку *OK*; 3) перевести курсор в строку *Yes* и нажать *OK*; 4) перевести выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.» (положение 0); 5) изменить схему; 6) включить выключатель Сеть (положение 1); 7) перевести курсор в строку *Start* и нажать кнопку *OK*.

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 7.2. Микропроцессорные управляющие устройства и 7.4. Программное обеспечение систем контроля и управления [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 4.4).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть блока ПР выключены.

4.4. Соберите схему для испытаний командоаппарата на основе ПР (рис. 16.1). Для этого:

- соедините один из выводов кнопки с фиксацией (зеленой) ПУ с шиной источника питания +24 В, а другой ее вывод с входом *II*;
- соедините левые выходы выходов *Q1*, *Q2*, *Q3* ПР с шиной +24 В, их правые выходы с левыми выводами соответственно красной, желтой и зеленой ламп БСС, а правые выходы этих ламп соедините с шиной 0 В.

4.5. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть блока ПР. Если в памяти ПР нет программы (см. п. 4.7 лабораторной работы № 15), переходите к выполнению п. 4.7.

**Внимание!** При наличии программы в памяти ПР дальнейшие действия выполняются только по указанию преподавателя!

**Ввод новой коммутационной программы (факультативно).**

4.6. Удалите из памяти ПР старую коммутационную программу и выведите на экран главное меню (см. п. 4.8 лабораторной работы № 15).

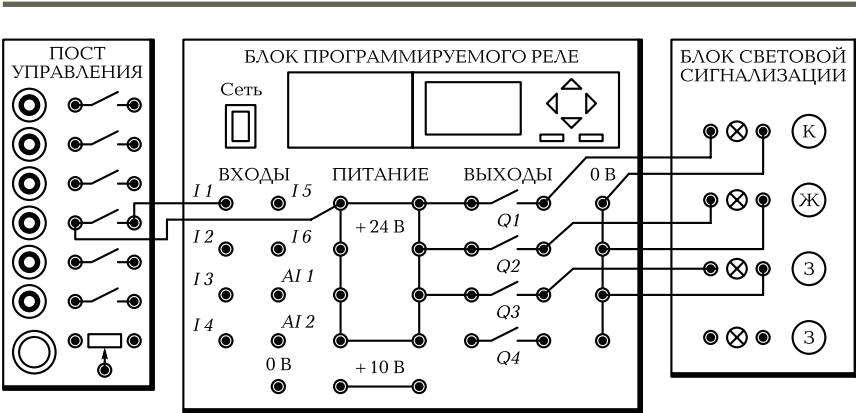


Рис. 16.1. Схема соединений для испытаний командоаппарата на основе ПР

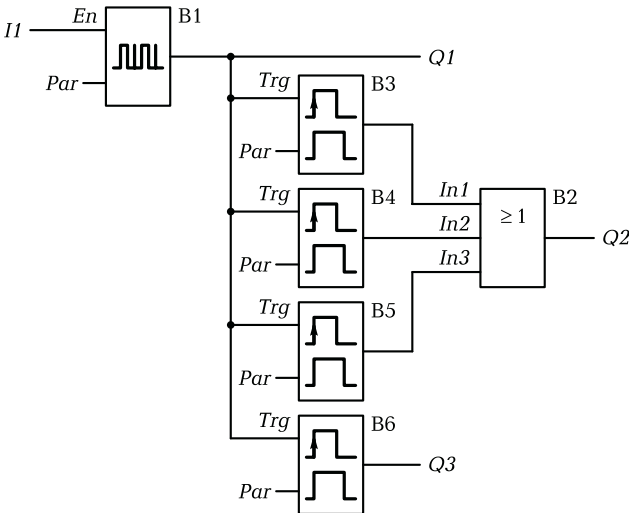


Рис. 16.2. Коммутационная программа командоаппарата на основе ПР

4.7. Для перехода из главного меню в режим ввода коммутационной программы (рис. 16.2) нажмите 3 раза кнопку *OK* (до появления на экране ПР символа *Q1*). Нажмите *OK*.

4.8. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▲ или ▼ выберите список *SF* и нажмите *OK*.

4.9. Кнопкой ▼ выберите блок генератора импульсов (см. символ на схеме рис. 16.2). Нажмите *OK*.

4.10. Курсор мигает под обозначением *Ep*. Нажмите *OK*.

4.11. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.12. Курсор мигает на обозначении *I1*. Нажмите *OK*.

4.13. Кнопкой ▼ переведите курсор к строке *Par* и нажмите *OK*.

4.14. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TH*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность 00:10 с (0,1 с). Кнопкой ► переведите курсор в строку *TL* и кнопками ► и ▲ установите длительность 09:90 с (9,9 с). Нажмите *OK*.

4.15. Вернитесь к выходу *Q1*, нажав несколько раз кнопку ► (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой ▼ перейдите к выходу *Q2*. Нажмите *OK*.

4.16. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▼ выберите список *GF*. Нажмите *OK*.

4.17. На экране высвечивается блок *И*. Нажав 1 раз кнопку ▼, перейдите к блоку *ИЛИ* (см. символ на схеме рис. 16.2). Нажмите *OK*.

4.18. Курсор мигает под обозначением *In1*. Нажмите *OK*.

4.19. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▲ или ▼ выберите список *SF* и нажмите *OK*.

4.20. Кнопкой ▼ выберите блок интервального реле (см. символ на схеме рис. 16.2). Нажмите *OK*.

4.21. Курсор мигает под обозначением *Trg*. Нажмите *OK*.

4.22. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▲ выберите список *BN* и нажмите *OK*.

4.23. Курсор мигает на обозначении *B1*. Нажмите *OK*.

4.24. Курсор мигает под обозначением *Par*. Нажмите *OK*.

4.25. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TH*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность 01:00 с. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TL* и установите задержку 01:00 с. Нажмите *OK*.

4.26. Кнопкой ► вернитесь к блоку *ИЛИ*, затем кнопками ◀, ▼ переведите курсор к входу *In2*. Нажмите *OK*.

4.27. Подключите к входу *In2* второе интервальное реле. Для этого повторите пп. 4.19... 4.24.

4.28. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TH*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность 05:00 с. Кнопкой ► переведите курсор в

строку *TL*. Кнопками ► и ▲ установите задержку 03:00 с. Нажмите *OK*.

4.29. Кнопкой ► вернитесь к блоку *ИЛИ*, затем кнопками ◀ и ▼ переведите курсор к входу *In3*. Нажмите *OK*.

4.30. Подключите к входу *In3* третье интервальное реле. Для этого повторите пп. 4.19... 4.24.

4.31. Кнопкой ► переведите курсор в строку *ТН*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность 01:00 с. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TL*. Кнопками ► и ▲ установите задержку 09:00 с. Нажмите *OK*.

4.32. Вернитесь к выходу *Q2*, нажав несколько раз кнопку ► (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой ▼ перейдите к выходу *Q3*. Нажмите *OK*.

4.33. Кнопками ▲ или ▼ выберите список *SF* и нажмите *OK*.

4.34. Для подключения к выходу *Q3* четвертого интервального реле повторите пп. 4.20... 4.24.

4.35. Кнопкой ► переведите курсор в строку *ТН*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность 04:00 с. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TL*. Кнопками ► и ▲ установите задержку 04:00 с. Нажмите *OK*.

4.36. Нажмите 3 раза кнопку *ESC* для выхода в главное меню ПР.

#### **Запуск коммутационной программы.**

4.37. Для запуска программы переведите курсор на экране в строку *Start* и нажмите *OK*. Нажмите кнопку ПУ, подающую напряжение на вход *II* ПР. Пронаблюдайте за включением и выключением ламп БСС.

4.38. Обратите внимание на включение и выключение желтой лампы, имитирующей пуск и останов первого исполнительного механизма. Пользуясь секундной стрелкой часов и принимая вспышку красной лампы за момент начала отсчета, отметьте в табл. 16.1 знаком *V* те секунды, в течение которых на выходе *Q2* командоаппарата присутствует управляющий сигнал.

4.39. Обратите внимание на включение и выключение зеленой лампы, имитирующей пуск и останов второго исполнительного механизма. Отметьте в табл. 16.1 знаком *V* те секунды, в течение которых на выходе *Q3* командоаппарата присутствует управляющий сигнал.

4.40. Для прекращения работы ПР нажмите кнопку *ESC*, в положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*.

4.41. Для внесения изменений в программу работы командоаппарата, аналогичных сделанным в лабораторной работе № 13, на-

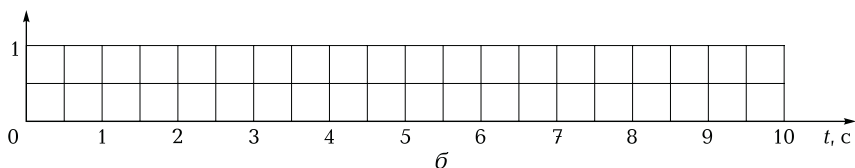
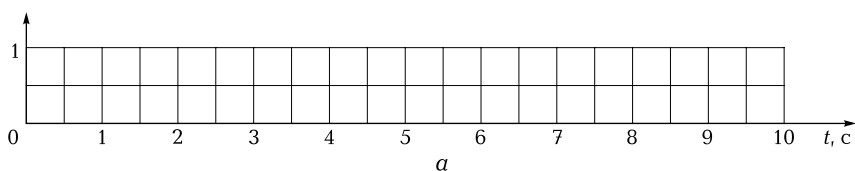


Рис. 16.3. Графики управляющих сигналов на выходах командоаппарата: а – выход Q2; б – выход Q3

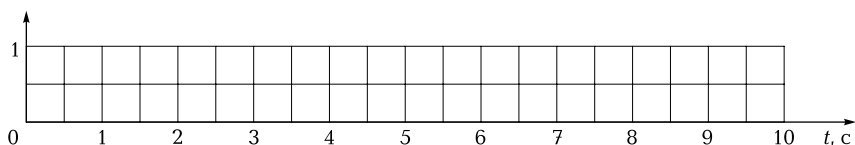


Рис. 16.4. График измененного управляющего сигнала на выходе Q3 командоаппарата

жмите 3 раза кнопку *OK* до появления на экране ПР символа *Q1*. Кнопкой  $\blacktriangledown$  перейдите к выходу *Q3* и нажмите *OK*.

4.42. Кнопкой  $\blacktriangleleft$  переведите курсор к обозначениям входов четвертого интервального реле (обозначение блока на схеме В6). Кнопкой  $\blacktriangledown$  перейдите в строку *Par* и нажмите *OK*.

4.43. Внесите изменения в параметры реле. Для этого кнопкой  $\blacktriangleright$  переведите курсор в строку *TH*. Кнопками  $\blacktriangleright$  и  $\blacktriangle$  задайте длительность 03:00 с. Кнопкой  $\blacktriangleright$  переведите курсор в строку *TL*. Кнопками  $\blacktriangleright$  и  $\blacktriangle$  установите задержку 05:00 с. Нажмите *OK*.

4.44. Нажмите 3 раза кнопку *ESC* для выхода в главное меню ПР.

4.45. Для запуска программы переведите курсор на экране в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.46. Пронаблюдайте работу командоаппарата, обратив внимание на изменение в программе его работы.

4.47. Повторите п. 4.39, занося результаты в табл. 16.2.

4.48. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.49. Для прекращения работы ПР нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*.



4.50. Переведите выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.», выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода.

4.51. По данным табл. 16.1, 16.2 постройте графики сигналов на выходах командоаппарата (рис. 16.3, 16.4).

4.52. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 16

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---



---

5.1.2. Изучите алгоритм командоаппарата на основе ПР:

1) пока на входе  $I1$  командоаппарата сигнал разрешения работы, выполнять действия:

2) выдать сигнал начала 10-секундного цикла на выход  $Q1$ ;

3) выдавать сигнал 1 на выход  $Q2$  в течение 2-й секунды;

4) выдавать сигнал 1 на выход  $Q2$  в течение интервала с 4-й по 8-ю секунды;

5) выдавать сигнал 1 на выход  $Q2$  в течение 10-й секунды;

6) выдавать сигнал 1 на выход  $Q3$  в течение интервала с 5-й по 8-ю секунды;

7) конец цикла.

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.2. Схема соединений, коммутационная программа и таблицы результатов.

Таблица 16.1. Результаты испытаний командоаппарата на основе ПР

Секунды	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я
Сигнал на выходе $Q2$										
Сигнал на выходе $Q3$										

Таблица 16.2. Результаты испытаний командоаппарата на основе ПР с измененным сигналом на выходе Q3

Секунды	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я
Сигнал на выходе Q3										

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.3. Графическая часть.

**5.4. Выводы.** (Какие испытания проведены? Сравните действия, необходимые для изменения сигнала на выходе командоаппарата с жесткой логикой и командоаппарата на основе ПР.)

---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принцип работы командоаппарата на основе программируемого реле.
2. Дайте сравнительную оценку командоаппаратов, изучаемых в лабораторных работах № 13 и 16.

# КОМАНДОАППАРАТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРОМ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с алгоритмом командоаппарата для управления светофором.

1.2. Научиться составлять коммутационную программу в соответствии с алгоритмом и вводить ее в программируемое реле (*факкультативно*).

1.3. Изучить экспериментально работу командоаппарата для управления светофором на основе ПР.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является командоаппарат для управления светофором на основе ПР.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- пост управления;
- блок световой сигнализации;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Включение и выключение светофора производится с поста управления.

В качестве объекта управления используется блок световой сигнализации.

Коммутационная программа представлена на рис. 17.2 в виде схемы, содержащей функциональные блоки со связями между ними

и обозначениями выходов и входов. В процессе ввода программы номера блоков присваиваются системой автоматически.

Для исправления ошибки при вводе коммутационной программы нажмите кнопку *ESC* и повторите ввод элемента программы.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы ПР важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) нажать кнопку *ESC*; 2) в положении курсора *Stop* нажать кнопку *OK*; 3) перевести курсор в строку *Yes* и нажать *OK*; 4) перевести выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.» (положение 0); 5) изменить схему; 6) включить выключатель Сеть (положение 1); 7) перевести курсор в строку *Start* и нажать кнопку *OK*.

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 7.2. Микропроцессорные управляющие устройства и 7.4. Программное обеспечение систем контроля и управления [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 4.5).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть блока ПР выключены.

4.4. Соберите схему для испытаний командоаппарата для управления светофором в соответствии с рис. 17.1. Для этого:

- соедините один из выводов кнопки с фиксацией (зеленой) ПУ с шиной +24 В, а другой ее вывод с входом *I1* ПР;
- соедините левые выходы выходов *Q1*, *Q2*, *Q3* ПР с шиной +24 В, их правые выходы — с левыми выводами соответственно желтой, красной и зеленой ламп БСС, а правые выходы этих ламп — с шиной питания 0 В.

4.5. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в источнике питания, а также выключатель Сеть блока ПР. Если в памяти ПР нет программы (см. п. 4.7 лабораторной работы № 15), переходите к выполнению п. 4.7.

**Внимание!** При наличии программы в памяти ПР дальнейшие действия выполняются только по указанию преподавателя!

**Ввод новой коммутационной программы (факультативно).**

4.6. Удалите из памяти ПР старую коммутационную программу и выведите на экран главное меню (см. п. 4.8 лабораторной работы № 15).

4.7. Для перехода из главного меню в режим ввода коммутационной программы (рис. 17.2) нажмите 3 раза кнопку *OK* до появления на экране ПР символа *Q1*. Нажмите *OK*.

4.8. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▼ выберите список *GF*. Нажмите *OK*.

4.9. На экране высвечивается блок *И*. Нажав 1 раз кнопку ▼, перейдите к блоку *ИЛИ* (см. символ на схеме рис. 17.2). Нажмите *OK*.

4.10. Курсор мигает под обозначением *In1*. Нажмите *OK*.

4.11. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▲ или ▼ выберите список *SF* и нажмите *OK*.

4.12. Кнопкой ▼ выберите блок генератора импульсов (см. символ на схеме рис. 17.2). Нажмите *OK*.

4.13. Курсор мигает под обозначением *En*. Нажмите *OK*.

4.14. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.15. Курсор мигает на обозначении *П*. Нажмите *OK*.

4.16. Для установки параметров мигания желтого света переведите курсор в строку *Par* и нажмите *OK*.

4.17. Кнопкой ► переведите курсор в строку *ТН*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность 01:00 с. Кнопкой ► переведите курсор в строку *ТL*. Кнопками ► и ▲ установите длительность 01:00 с. Нажмите *OK*.

4.18. Курсор мигает на обозначении *En*. Нажатием кнопки ► переведите курсор к точке ввода входа на границе рамки блока. Нажмите *OK*.

4.19. Нажмите кнопку ▼, затем кнопку *OK*. Появившийся кружок на линии у рамки блока означает установку инверсии. Программирование первого цикла завершено.

4.20. Кнопкой ► вернитесь к блоку *ИЛИ*, затем кнопками ◀ и ▼ переведите курсор под обозначение *In2*. Нажмите *OK*.

4.21. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопками ▲ или ▼ выберите список *SF* и нажмите *OK*.

4.22. Кнопкой ▼ выберите блок интервального реле (см. символ на схеме рис. 17.2). Нажмите *OK*.

4.23. Курсор мигает под обозначением *Trg*. Нажмите *OK*.

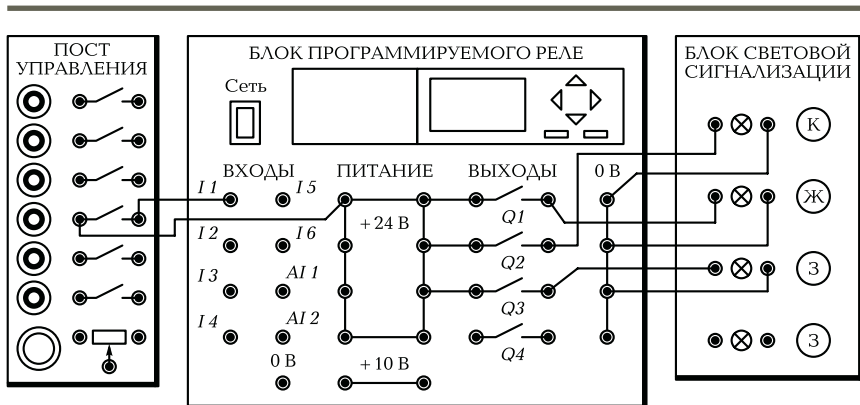


Рис. 17.1. Схема соединений для испытаний командоаппарата для управления светофором

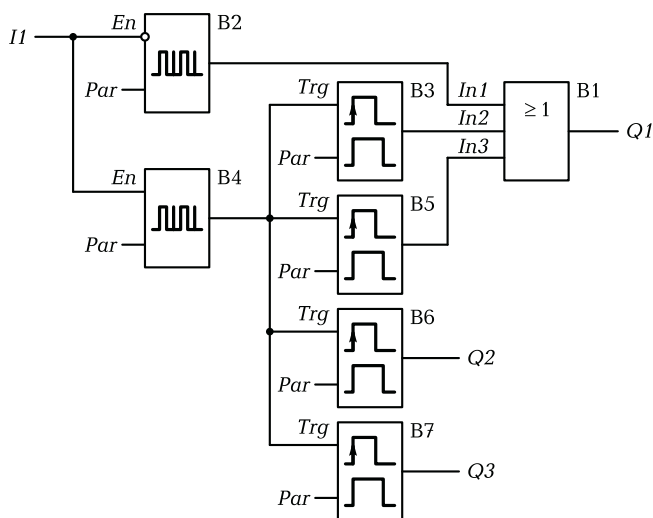


Рис. 17.2. Коммутационная программа командоаппарата для управления светофором

4.24. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопками ▲ или ▼ выберите список *SF* и нажмите *OK*.

4.25. Кнопкой ▼ выберите блок генератора импульсов (см. символ на схеме рис. 17.2). Нажмите *OK*.

4.26. Курсор мигает под обозначением *En*. Нажмите *OK*.

- 4.27. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.
- 4.28. Курсор мигает на обозначении *II*. Нажмите *OK*.
- 4.29. Для установки длительности основного цикла работы светофора  $3 + 10 + 3 + 10 = 26$  с переведите курсор в строку *Par* и нажмите *OK*.
- 4.30. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TH*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность 01:00 с. Кнопкой ► переведите курсор далее в строку *TL*. Кнопками ► и ▲ установите длительность 25:00 с. Нажмите *OK*.
- 4.31. Кнопкой ► вернитесь к интервальному реле, затем кнопками ◀ и ▼ переведите курсор под обозначение *Par*. Нажмите *OK*.
- 4.32. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TH*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность включения желтой лампы 03:00 с. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TL*. Кнопками ► и ▲ установите задержку 00:00 с. Нажмите *OK*.
- 4.33. Кнопкой ► вернитесь к блоку ИЛИ, затем кнопками ◀ и ▼ переведите курсор к *In3*. Нажмите *OK*.
- 4.34. Повторите пп. 4.21 ... 4.23.
- 4.35. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▲ выберите список *VN* и нажмите *OK*.
- 4.36. Курсор мигает на обозначении *V2*. Кнопкой ▼ смените номер на *V4*. Нажмите *OK*.
- 4.37. Кнопкой ▼ переведите курсор под обозначение *Par*. Нажмите *OK*.
- 4.38. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TH*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность повторного включения желтой лампы 03:00 с. Кнопкой ► переведите курсор в строку *TL*. Кнопками ► и ▲ установите задержку 13:00 с. Нажмите *OK*.
- 4.39. Вернитесь к выходу *Q1*, нажав несколько раз кнопку ► (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой ▼ перейдите к выходу *Q2*. Нажмите *OK*.
- 4.40. Повторите пп. 4.21 ... 4.23.
- 4.41. Курсор мигает на списке *Co*. Кнопкой ▲ выберите список *VN* и нажмите *OK*.
- 4.42. Курсор мигает на обозначении *V1*. Кнопкой ▼ смените номер на *V4*. Нажмите *OK*.
- 4.43. Кнопкой ▼ переведите курсор под обозначение *Par*. Нажмите *OK*.
- 4.44. Установите 10-секундный интервал включения красного света. Для этого кнопкой ► переведите курсор в строку *TH*. Кнопками ► и ▲ задайте длительность 10:00 с. Кнопкой ► переведите курсор

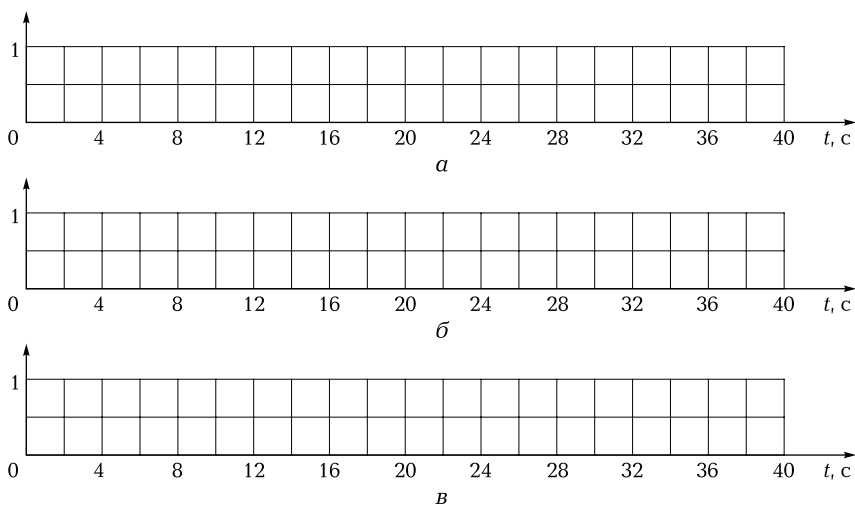


Рис. 17.3. Графики сигналов на выходах системы управления светофором:

*a* – выход *Q1*; *б* – выход *Q2*; *в* – выход *Q3*

далее в строку *TL*. Кнопками  $\blacktriangleright$  и  $\blacktriangle$  установите задержку 03:00 с. Нажмите *OK*.

4.45. Вернитесь к выходу *Q2*, нажав несколько раз кнопку  $\blacktriangleright$  (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой  $\blacktriangledown$  перейдите к выходу *Q3*. Нажмите *OK*.

4.46. Повторите пп. 4.21 ... 4.23.

4.47. Повторите пп. 4.41 ... 4.42.

4.48. Кнопкой  $\blacktriangledown$  переведите курсор под обозначение *Par*. Нажмите *OK*.

4.49. Установите 10-секундный интервал включения зеленого света. Для этого кнопкой  $\blacktriangleright$  переведите курсор в строку *TH*. Кнопками  $\blacktriangleright$  и  $\blacktriangle$  задайте длительность 10:00 с. Кнопкой  $\blacktriangleright$  переведите курсор далее в строку *TL*. Кнопками  $\blacktriangleright$  и  $\blacktriangle$  установите задержку 16:00 с. Нажмите *OK*.

4.50. Нажмите 3 раза кнопку *ESC* для выхода в главное меню ПР.

### **Запуск коммутационной программы.**

4.51. Для запуска программы переведите курсор на экране в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.52. Пронаблюдайте работу системы автоматического управления светофором при сигналах 0 и 1 на входе *I1* ПР. С помощью часов



с секундной стрелкой определите длительность включенного состояния каждой лампы при сигнале 1 на входе *II* ПР и занесите данные в табл. 17.1.

4.53. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.54. Для прекращения работы системы нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*. Переведите выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.», выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода.

4.55. По данным табл. 17.1 постройте графики сигналов на выходах системы управления светофором при наличии сигнала 1 на входе *II* ПР (рис. 17.3).

4.56. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 17

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---

---

5.1.2. Изучите алгоритм командоаппарата для управления светофором:

- 1) начало цикла;
- 2) пока на входе *II* сигнал 0, выполнять действия:
- 3) выдавать сигнал 1 на выход *Q1* в течение 1-й секунды;
- 4) выдавать сигнал 0 на выход *Q1* в течение 2-й секунды;
- 5) конец цикла;
- 6) пока на входе *II* сигнал 1, выполнять действия:
- 7) выдавать сигнал 1 на выход *Q1* с 1-й по 3-ю секунды;
- 8) выдавать сигнал 1 на выход *Q1* с 14-й по 16-ю секунды;
- 9) выдавать сигнал 1 на выход *Q2* с 4-й по 13-ю секунды;
- 10) выдавать сигнал 1 на выход *Q3* с 17-й по 26-ю секунды;
- 11) конец цикла;
- 12) пока включено питание командоаппарата, повторять действия цикла.

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схема соединений, коммутационная программа и таблица результатов.

Таблица 17.1. Результаты испытаний системы управления светофором

Порядок включения ламп	Выход ПР	Длительность включенного состояния лампы, с
Желтая		
Красная		
Желтая		
Зеленая		
Желтая		
Красная		

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.3. Графическая часть.

**5.4. Выводы.** (Какие испытания проведены? Как задается момент включения и продолжительность включенного состояния каждой лампы?)

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Каков основной недостаток командоаппаратов без обратной связи?
2. В чем преимущество программной реализации командоаппарата?

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами работы системы автоматического контроля.

1.2. Изучить экспериментально работу системы автоматического контроля температуры на основе программируемого реле.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является система автоматического контроля температуры на основе ПР.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- пост управления;
- модель отапливаемого помещения (МОП);
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Система автоматического контроля температуры реализуется на основе ПР и блока световой сигнализации.

В качестве источников входных сигналов используются переменный резистор ПУ и датчик температуры МОП.

Коммутационная программа представлена на рис. 18.2 в виде схемы, содержащей функциональные блоки со связями между ними

и обозначениями выходов и входов. В процессе ввода программы номера блоков присваиваются системой автоматически.

Для исправления ошибки при вводе коммутационной программы нажмите кнопку *ESC* и повторите ввод элемента программы.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы ПР важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) нажать кнопку *ESC*; 2) в положении курсора *Stop* нажать кнопку *OK*; 3) перевести курсор в строку *Yes* и нажать *OK*; 4) перевести выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.» (положение 0); 5) изменить схему; 6) включить выключатель Сеть (положение 1); 7) перевести курсор в строку *Start* и нажать кнопку *OK*.

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 3.2.2. Алгоритм системы автоматического контроля [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 5.1).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть блока ПР выключены.

4.4. Соберите схему для тестирования системы автоматического контроля в соответствии с рис. 18.1. Для этого:

- соедините правый вывод переменного резистора ПУ, используемого в качестве источника тестового входного сигнала, с шиной +10 В блока ПР, его левый вывод — с шиной 0 В, а средний вывод — с входом *I7 (A11)* ПР;
- соедините левые выводы выходов *Q1, Q2, Q3* ПР с шиной +24 В, их правые выводы — с левыми выводами соответственно красной, желтой и зеленой ламп БСС, а правые выводы этих ламп — с шиной питания 0 В.

4.5. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть блока ПР. Если в памяти ПР нет программы (см. п. 4.7 лабораторной работы № 15), переходите к выполнению п. 4.7.

**Внимание!** При наличии программы в памяти ПР дальнейшие действия выполняются только по указанию преподавателя!

**Ввод новой коммутационной программы (факультативно).**

4.6. Удалите из памяти ПР старую коммутационную программу и выведите на экран главное меню (см. п. 4.8 лабораторной работы № 15).

4.7. Для перехода из главного меню в режим ввода коммутационной программы (рис. 18.2) нажмите 3 раза кнопку *OK* до появления на экране ПР символа *Q1*. Нажмите *OK*.

4.8. Кнопкой ▲ или ▼ выберите список *SF*. Нажмите *OK*.

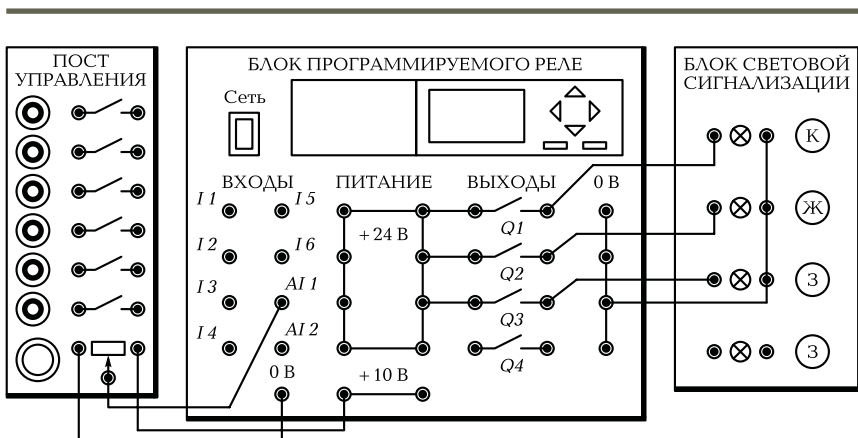


Рис. 18.1. Схема соединений для тестирования системы автоматического контроля

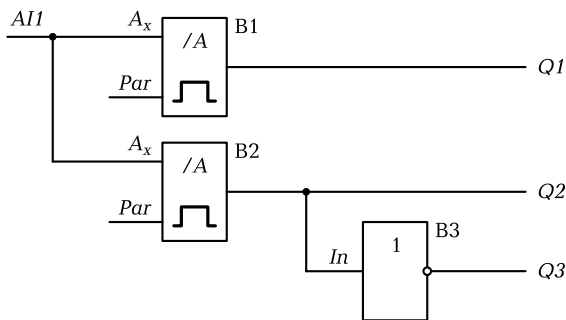


Рис. 18.2. Коммутационная программа системы автоматического контроля

4.9. Кнопкой ▲ выберите блок аналогового порогового выключателя (см. символ на схеме рис. 18.2). Нажмите *OK*.

4.10. Курсор мигает под обозначением *A<sub>x</sub>*. Нажмите *OK*.

4.11. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.12. Курсор мигает на обозначении *All*. Нажмите *OK*.

4.13. Курсор мигает под обозначением *Par*. Нажмите *OK*.

4.14. Кнопкой ► переведите курсор в строку *Op*. Кнопками ► и ▲ задайте поразрядно уровень включения 00421 (что соответствует температуре 42,1 °С). Кнопкой ► переведите курсор далее в строку *Off*. Кнопками ► и ▲ установите поразрядно уровень выключения 00419 (что соответствует температуре 41,9 °С). Нажмите *OK*.

4.15. Вернитесь к выходу *Q1*, нажав несколько раз кнопку ► (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой ▼ перейдите к выходу *Q2*. Нажмите *OK*.

4.16. Подключите второй пороговый выключатель, повторив пп. 4.8... 4.13.

4.17. Кнопкой ► переведите курсор в строку *Op*. Кнопками ► и ▲ задайте поразрядно уровень включения 00401 (что соответствует температуре 40,1 °С). Кнопкой ► переведите курсор далее в строку *Off*. Кнопками ► и ▲ установите поразрядно уровень выключения 00399 (что соответствует температуре 39,9 °С). Нажмите *OK*.

4.18. Вернитесь к выходу *Q2*, нажав несколько раз кнопку ► (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой ▼ перейдите к выходу *Q3*. Нажмите *OK*.

4.19. Кнопкой ▼ выберите список *GF*. Нажмите *OK*.

4.20. Кнопкой ▼ выберите блок *HE* (см. символ на схеме рис. 18.2). Нажмите *OK*.

4.21. Курсор мигает под обозначением *In*. Нажмите *OK*.

4.22. Кнопкой управления ▲ выберите список *BN*. Нажмите *OK*.

4.23. Курсор мигает на обозначении *B1*. Кнопкой ▼ смените номер на *B2*. Нажмите *OK*.

4.24. Нажмите трижды кнопку *ESC* для выхода в главное меню ПР.

#### **Запуск коммутационной программы.**

4.25. Для запуска программы переведите курсор на экране в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.26. Поверните ручку переменного резистора ПУ в крайнее левое положение, установив тем самым на его выходе нулевой уровень тестового сигнала.

4.27. Кнопкой управления ► выведите на экран параметры входов *AI*.

4.28. Вращая ручку переменного резистора ПУ по часовой стрелке, отслеживайте значение тестового сигнала на экране в строке *All*

и заносите в табл. 18.1 значения сигнала, при которых происходит включение желтой и красной ламп БСС.

4.29. Вращая ручку переменного резистора ПУ в обратном направлении, занесите в табл. 18.1 значения сигнала, при которых происходит выключение ламп БСС.

4.30. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.31. Для прекращения работы системы нажмите кнопку *ESC* ПР. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*. Переведите выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.».

4.32. Соберите схему для испытаний системы автоматического контроля температуры в соответствии с рис. 18.3. Для этого:

- отсоедините провода, соединявшие переменный резистор ПУ с блоком ПР;
- соедините гнезда +24 В и 0 В МОП с шинами +24 В и 0 В блока ПР, а выход датчика температуры МОП с входом *I7* (*AI1*) ПР;
- соедините один вывод лампы-нагревателя МОП с шиной 0 В ПР, а другой ее вывод через кнопку с фиксацией (зеленую) — с шиной +24 В.

4.33. После проверки схемы преподавателем включите выключатель Сеть блока ПР. Переведите курсор в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.34. Кнопкой управления ► выведите на экран ПР параметры входов *AI*.

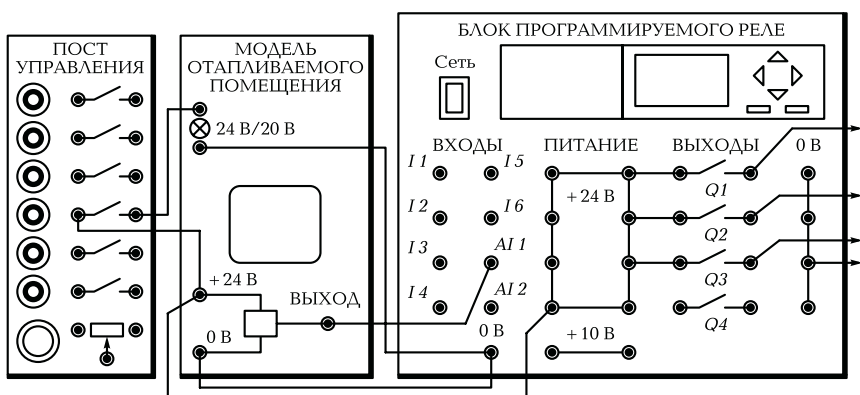


Рис. 18.3. Схема соединений для испытаний системы автоматического контроля температуры



4.35. Нажмите и отпустите кнопку ПУ для включения лампы-нагревателя. Наблюдайте на экране ПР в строке *А11* за увеличением сигнала датчика температуры и заносите в табл. 18.2 значения сигнала, при которых происходит включение ламп БСС.

4.36. Выключите лампу-нагреватель, нажав и отпустив кнопку ПУ. Пронаблюдайте за уменьшением сигнала датчика температуры и занесите в табл. 18.2 значения сигнала, при которых происходит выключение ламп БСС.

4.37. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.38. Для прекращения работы системы нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*. Переведите выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.», выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода.

4.39. Заполните последнюю колонку табл. 18.2, учитывая, что для перевода значения сигнала датчика в значение температуры надо разделить значение сигнала на 10.

4.40. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 18

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---



---



---



---



---

5.1.2. Имеются две пары граничных значений некоторого параметра: а) 3,5 В; 4,5 В; б) 2,5 В; 5,5 В. Как будет реагировать система контроля, если поступающее на нее напряжение (В) равно номеру вашего варианта:

- а) выдаст сообщение, что параметр в норме;
- б) выдаст сообщение о выходе за регламентные границы;
- в) выдаст сообщение об аварийной ситуации?

Ваш вариант № \_\_\_\_ Ответ: \_\_\_\_\_

5.1.3. Изучите алгоритм системы автоматического контроля температуры:

- 1) начало цикла;
- 2) если сигнал датчика температуры больше предельного значения, то выдать аварийный сигнал на выход  $Q1$  (включить красную лампу);
- 3) иначе если сигнал датчика температуры больше регламентной границы, то выдать предупредительный сигнал на выход  $Q2$  (включить желтую лампу);
- 4) иначе выдать сигнал «норма» на выход  $Q3$  (включить зеленую лампу);
- 5) конец ветвления;
- 6) пока включено питание системы, повторять действия цикла.

Преподаватель \_\_\_\_\_

## 5.2. Схемы соединений, коммутационная программа и таблицы результатов.

Таблица 18.1. Результаты тестирования системы автоматического контроля

Реакция системы	Значение тестового сигнала
Включение желтой лампы	
Включение красной лампы	
Выключение красной лампы	
Выключение желтой лампы	

Таблица 18.2. Результаты испытаний системы автоматического контроля температуры

Реакция системы	Значение сигнала датчика	Значение температуры, °С
Включение желтой лампы		
Включение красной лампы		
Выключение красной лампы		
Выключение желтой лампы		

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? Как вводились в систему контроля граничные значения температуры? Как изменить эти значения?)

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Какие функции выполняет система автоматического контроля?
2. Назовите три области возможных значений параметров и расскажите о реакции системы контроля на пребывание параметра в каждой из этих областей.
3. Как тестируется система контроля?

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами работы системы автоматического управления с обратной связью.

1.2. Изучить экспериментально работу системы автоматического управления исполнительным электродвигателем на основе программируемого реле.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является система автоматического управления исполнительным электродвигателем на основе ПР.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- пост управления;
- блок исполнительного электродвигателя (ИЭД);
- датчик освещенности;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Система автоматического управления исполнительным электродвигателем реализуется на основе ПР.

В качестве исполнительного механизма (ИМ) используется блок исполнительного электродвигателя.

Источником информации для управления ИМ является переменный резистор ПУ или датчик освещенности.

Коммутационная программа представлена на рис. 19.2 в виде схемы, содержащей функциональные блоки со связями между ними и обозначениями выходов и входов. В процессе ввода программы номера блоков присваиваются системой автоматически.

Для исправления ошибки при вводе коммутационной программы нажмите кнопку *ESC* и повторите ввод элемента программы.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы ПР важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) нажать кнопку *ESC*; 2) в положении курсора *Stop* нажать кнопку *OK*; 3) перевести курсор в строку *Yes* и нажать *OK*; 4) перевести выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.» (положение 0); 5) изменить схему; 6) включить выключатель Сеть (положение 1); 7) перевести курсор в строку *Start* и нажать кнопку *OK*.

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 3.3.1. Алгоритм системы автоматического управления [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 5.2).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в источнике питания, а также выключатель Сеть блока ПР выключены.

4.4. Соберите схему для тестирования системы автоматического управления исполнительным электродвигателем в соответствии с рис. 19.1. Для этого:

- соедините правый вывод переменного резистора ПУ с шиной +10 В блока ПР, его левый вывод — с шиной 0 В, а средний вывод — с входом *I8 (AI2)* ПР;
- соедините левые выводы выходов *Q1* и *Q2* ПР с шиной +24 В, а их правые выводы — соответственно со входами 2 и 3 блока ИЭД;
- соедините вход 1 блока ИЭД с шиной 0 В;
- соедините нижний вывод датчика блока ИЭД с шиной +10 В, его верхний вывод — с шиной 0 В, а средний вывод — с входом *I7 (AI1)* ПР.

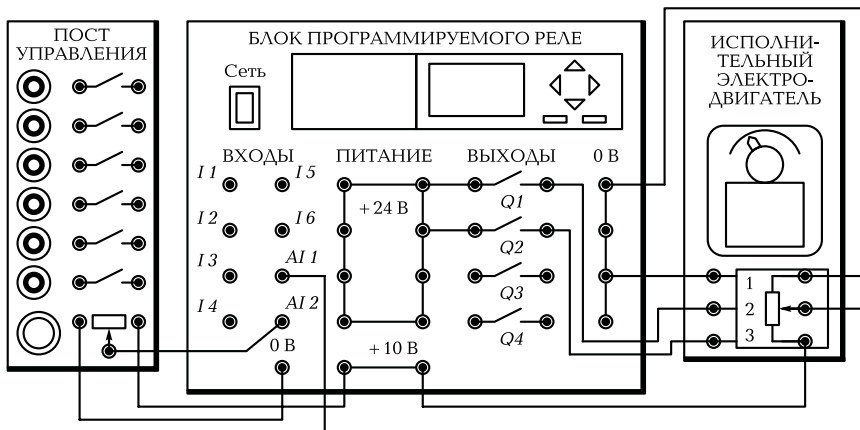


Рис. 19.1. Схема соединений для тестирования системы автоматического управления исполнительным электродвигателем

4.5. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель *Сеть* блока ПР. Если в памяти ПР нет программы (см. п. 4.7 лабораторной работы № 15), переходите к выполнению п. 4.7.

**Внимание!** При наличии программы в памяти ПР дальнейшие действия выполняются только по указанию преподавателя!

**Ввод новой коммутационной программы (факультативно).**

4.6. Удалите из памяти ПР старую коммутационную программу и выведите на экран главное меню (см. п. 4.8 лабораторной работы № 15).

4.7. Для перехода из главного меню в режим ввода коммутационной программы (рис. 19.2) нажмите 3 раза кнопку *OK* до появления на экране ПР символа *Q1*. Нажмите *OK*.

4.8. Кнопками ▲ или ▼ выберите список *SF*. Нажмите *OK*.

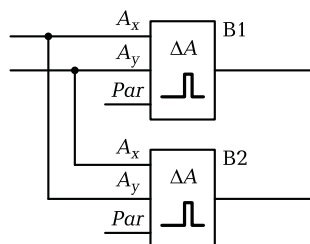


Рис. 19.2. Коммутационная программа системы автоматического управления исполнительным электродвигателем

4.9. Кнопкой ▲ выберите блок аналогового компаратора (см. символ на схеме рис. 19.2). Нажмите *OK*.

4.10. Курсор мигает под обозначением  $A_x$ . Нажмите *OK*.

4.11. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.12. Курсор мигает на обозначении *AI1*. Нажмите *OK*.

4.13. Курсор мигает под обозначением  $A_y$ . Нажмите *OK*.

4.14. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.15. Курсор мигает на обозначении *AI1*. Кнопкой ▼ смените номер на *AI2*. Нажмите *OK*.

4.16. Курсор мигает под обозначением *Par*. Нажмите *OK*.

4.17. Кнопкой ► переведите курсор в строку *Op*. Кнопками ► и ▲ задайте уровень срабатывания 00002 и нажмите *OK*.

4.18. Вернитесь к выходу *Q1*, нажав несколько раз кнопку ► (курсор мигает под символом *Q*). Кнопкой ▼ перейдите к выходу *Q2*. Нажмите *OK*.

4.19. Кнопками ▲ или ▼ выберите список *SF*. Нажмите *OK*.

4.20. Кнопкой ▲ выберите блок аналогового компаратора (см. символ на схеме рис. 19.2). Нажмите *OK*.

4.21. Курсор мигает под обозначением  $A_x$ . Нажмите *OK*.

4.22. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.23. Курсор мигает на обозначении *AI1*. Кнопкой ▼ смените номер на *AI2*. Нажмите *OK*.

4.24. Курсор мигает под обозначением  $A_y$ . Нажмите *OK*.

4.25. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.26. Курсор мигает на обозначении *AI1*. Нажмите *OK*.

4.27. Курсор мигает под обозначением *Par*. Нажмите *OK*.

4.28. Кнопкой ► переведите курсор в строку *Op*. Кнопками ► и ▲ задайте уровень срабатывания 00002 и нажмите *OK*.

4.29. Нажмите 3 раза кнопку *ESC* для выхода в главное меню ПР.

#### **Запуск коммутационной программы.**

4.30. Для запуска программы переведите курсор на экране ПР в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.31. Кнопкой ► выведите на экран ПР параметры входов *AI*.

4.32. Вращая ручку переменного резистора ПУ, который выполняет функцию задатчика, убедитесь в изменении параметра *AI2* на экране. Если экран погаснет, нажмите и отпустите кнопку ▲.

4.33. Задайте произвольное значение угла поворота ИМ, учитывая, что для отсчета угла поворота вала в градусах значение параметра *AI2* на экране надо разделить на 10. Отследите на экране изменение сигнала датчика, установленного на валу ИЭД (параметр *AI1*). Проконтролируйте угол поворота вала по шкале на стекле блока ИЭД.

4.34. Задайте несколько других значений угла поворота ИМ и отследите исполнение команд системой автоматического управления электродвигателем.

4.35. Сообщите о проведенных испытаниях преподавателю.

4.36. Для прекращения работы системы нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*. Переведите выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.».

4.37. Соберите схему для испытаний системы автоматического управления исполнительным электродвигателем в соответствии с рис. 19.3. Для этого:

- отсоедините провода, соединявшие переменный резистор ПУ с блоком ПР;
- установите датчик освещенности в гнезда блока ПР, как показано на рис. 19.3.

4.38. Включите выключатель Сеть блока ПР. Переведите курсор в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.39. Кнопкой ► выведите на экран параметры входов *AI*.

4.40. Пронаблюдайте на экране за приближением сигнала датчика ИЭД (параметр *AI1*) к сигналу датчика освещенности (параметр *AI2*). Проконтролируйте установившийся угол поворота вала по

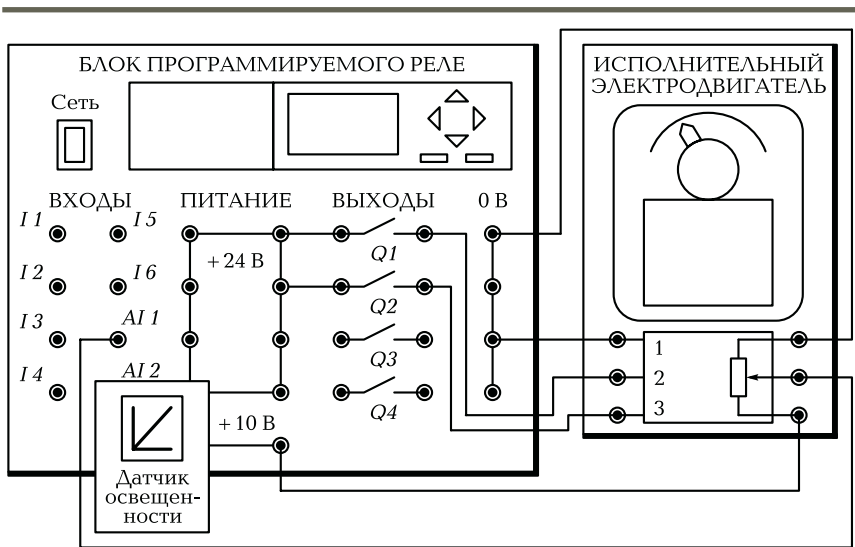


Рис. 19.3. Схема соединений для испытаний системы автоматического управления исполнительным электродвигателем



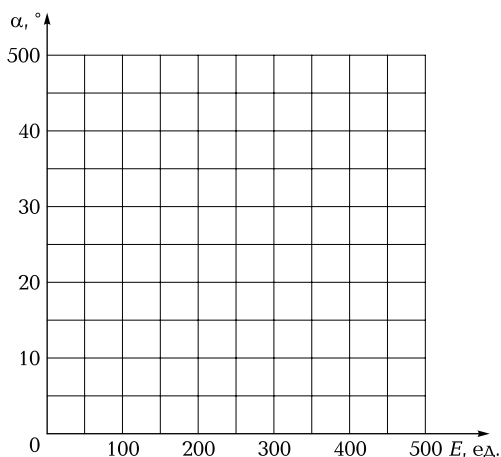


Рис. 19.4. График зависимости угла поворота электродвигателя от сигнала датчика освещенности

шкале на стекле блока ИЭД. Занесите результаты испытаний в первую колонку табл. 19.1.

4.41. Слегка прикройте датчик освещенности листом бумаги так, чтобы его сигнал (параметр  $A12$ ) оказался в диапазоне значений 300...350. Отследите на экране ПР изменение сигнала датчика ИЭД (параметр  $A11$ ). Проконтролируйте установившийся угол поворота вала по шкале на стекле блока ИЭД. Занесите результаты испытаний в табл. 19.1.

4.42. Повторите п. 4.41 еще 3 раза, прикрывая датчик так, чтобы его сигнал был в диапазоне 200...250, 100...150, затем доведите его до минимального значения, каждый раз занося результаты испытаний в табл. 19.1.

4.43. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.44. Для прекращения работы системы нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор в строку *Yes* и снова нажмите *OK*. Переведите выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.», выключите УЗО и автоматические выключатели в ИП. Отключите все соединительные провода.

4.45. По данным табл. 19.1 постройте график зависимости угла поворота электродвигателя от сигнала датчика освещенности (рис. 19.4).

4.46. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 19

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---

---

---

---

5.1.2. Изучите алгоритм системы автоматического управления электродвигателем:

- 1) начало цикла;
- 2) если сигнал датчика освещенности меньше сигнала датчика угла поворота вала, то выдать 1 на выход  $Q1$  (поворот вала влево);
- 3) иначе, если сигнал датчика освещенности больше сигнала датчика угла поворота вала, то выдать 1 на выход  $Q2$  (поворот вала вправо);
- 4) иначе, выдать 0 на выходы  $Q1$  и  $Q2$ ;
- 5) конец ветвления;
- 6) пока включено питание системы, повторять действия цикла.

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.2. Схемы соединений, коммутационная программа и таблица результатов.

Таблица 19.1. Результаты испытаний системы автоматического управления исполнительным электродвигателем

Сигнал датчика освещенности $E$ ( $AI2$ ) ед.					
Сигнал датчика электродвигателя ( $AI1$ ) ед.					
Угол поворота электродвигателя $\alpha$ , °					

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.3. Графическая часть.

5.4. Выводы. (Какие испытания проведены? Как реагировала система автоматического управления на уменьшение сигнала датчика освещенности? На увеличение этого сигнала?)

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие функции выполняет система автоматического управления?
2. Какую роль играет обратная связь в системе автоматического управления?
3. Как работает система автоматического управления исполнительным электродвигателем?

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Ознакомиться с принципами работы системы автоматического регулирования.

1.2. Изучить экспериментально работу системы автоматического регулирования на основе программируемого реле.

## 2. ОБЪЕКТ И СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Объектом испытаний является система автоматического регулирования температуры на основе ПР.

2.2. К средствам испытаний относятся:

- пост управления;
- модель отапливаемого помещения;
- источник питания с устройством защитного отключения и автоматическими выключателями;
- соединительные провода.

## 3. ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Система автоматического регулирования температуры реализуется на основе ПР.

В качестве объекта регулирования используется модель отапливаемого помещения.

Необходимая температура задается переменным резистором ПУ.

Коммутационная программа представлена на рис. 20.2 в виде схемы, содержащей функциональные блоки со связями между ними

и обозначениями выходов и входов. В процессе ввода программы номера блоков присваиваются системой автоматически.

Для исправления ошибки при вводе коммутационной программы нажмите кнопку *ESC* и повторите ввод элемента программы.

**Внимание!** При необходимости изменения схемы соединений в процессе работы важно соблюдать следующую последовательность действий: 1) нажать кнопку *ESC*; 2) в положении курсора *Stop* нажать кнопку *OK*; 3) перевести курсор в строку *Yes* и нажать *OK*; 4) перевести выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.» (положение *O*); 5) изменить схему; 6) включить выключатель Сеть (положение *I*); 7) перевести курсор в строку *Start* и нажать кнопку *OK*.

## 4. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

*Выполняется при подготовке к работе*

4.1. Повторите подразд. 3.4.1. Принципы регулирования [5]. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы (см. подразд. 5.3).

4.2. Заполните в рабочей тетради подготовительную часть отчета о выполнении работы.

*Выполняется в лаборатории*

4.3. Убедитесь, что УЗО и автоматические выключатели в ИП, а также выключатель Сеть блока ПР выключены.

4.4. Соберите схему системы автоматического регулирования температуры в соответствии с рис. 20.1. Для этого:

- соедините правый вывод переменного резистора ПУ, используемого в качестве задатчика температуры, с шиной +10 В блока ПР, его левый вывод с шиной 0 В, а средний вывод — с входом *I7 (AI1)* ПР;
- соедините гнезда +24 В и 0 В МОП с шинами +24 В и 0 В блока ПР, а выход датчика температуры МОП — с входом *I8 (AI2)* ПР;
- соедините вход *I1* ПР через кнопку с фиксацией (зеленую) с шиной +24 В;
- соедините левый вывод выхода *Q1* ПР с шиной +24 В, правый вывод выхода *Q1* — с одним из выводов лампы-

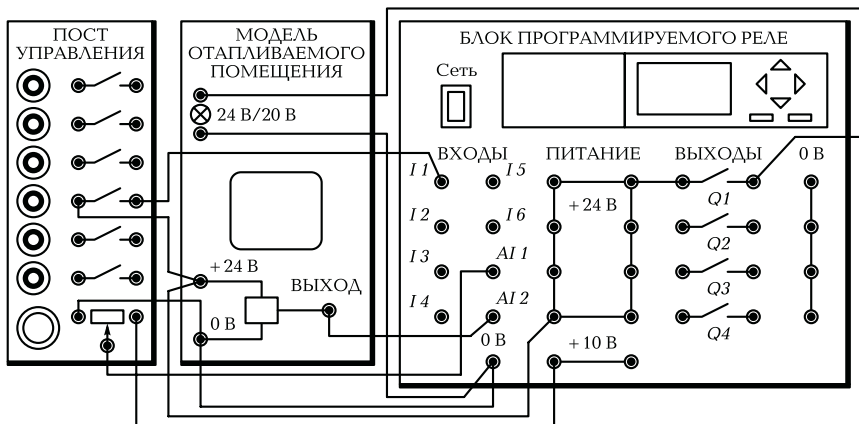


Рис. 20.1. Схема соединений для испытаний системы автоматического регулирования температуры

нагревателя МОП, а другой вывод лампы — с шиной 0 В блока ПР.

4.5. После проверки схемы преподавателем включите УЗО и автоматические выключатели в источнике питания, а также выключатель Сеть блока ПР. Если в памяти ПР нет программы (см. п. 4.7 лабораторной работы № 15), переходите к выполнению п. 4.7.

**Внимание!** При наличии программы в памяти ПР дальнейшие действия выполняются только по указанию преподавателя!

#### Ввод новой коммутационной программы (факультативно).

4.6. Удалите из памяти ПР старую коммутационную программу и выведите на экран главное меню (см. п. 4.8 лабораторной работы № 15).

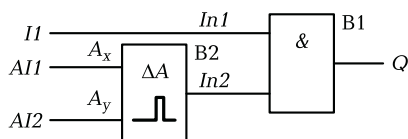


Рис. 20.2. Коммутационная программа системы автоматического регулирования температуры

4.7. Для перехода из главного меню в режим ввода коммутационной программы (рис. 20.2) нажмите 3 раза кнопку *OK* до появления на экране ПР символа *Q1*. Нажмите *OK*.

4.8. Кнопкой  $\blacktriangledown$  выберите список *GF*. Нажмите *OK*.

4.9. На экране высвечивается блок *И* (см. символ на схеме рис. 20.2). Нажмите *OK*.

4.10. Курсор мигает под обозначением *In1*. Нажмите *OK*.

4.11. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.12. Курсор мигает на обозначении *I1*. Нажмите *OK*.

4.13. Курсор мигает под обозначением *In2*. Нажмите *OK*.

4.14. Кнопками  $\blacktriangle$  или  $\blacktriangledown$  выберите список *SF*. Нажмите *OK*.

4.15. Кнопкой  $\blacktriangle$  выберите блок аналогового компаратора (см. символ на схеме рис. 20.2). Нажмите *OK*.

4.16. Курсор мигает под обозначением *A<sub>x</sub>*. Нажмите *OK*.

4.17. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.18. Курсор мигает на обозначении *A11*. Нажмите *OK*.

4.19. Курсор мигает под обозначением *A<sub>y</sub>*. Нажмите *OK*.

4.20. Курсор мигает на списке *Co*. Нажмите *OK*.

4.21. Курсор мигает на обозначении *A11*. Кнопкой  $\blacktriangledown$  замените номер на *A12*. Нажмите *OK*.

4.22. Курсор мигает под обозначением *Par*. Нажмите *OK*.

4.23. Кнопкой управления  $\blacktriangleright$  переведите курсор в строку *Op*. Кнопками управления  $\blacktriangleright$  и  $\blacktriangle$  задайте уровень срабатывания компаратора 00003 и нажмите *OK*.

4.24. Нажмите 3 раза кнопку *ESC* для выхода в главное меню ПР.

#### **Запуск коммутационной программы.**

4.25. Для запуска программы переведите курсор на экране ПР в строку *Start* и нажмите *OK*.

4.26. Кнопкой  $\blacktriangleright$  выведите на экран параметры входов *A1*.

4.27. Переменным резистором ПУ задайте уровень поддерживаемой температуры 45 °С (значение температуры, °С, равно значению параметра на экране, поделенному на 10: температуре 45 °С соответствует значение параметра 00450).

4.28. Пронаблюдайте на экране за изменением температуры в модели отапливаемого помещения (параметр *A12*) до достижения заданного значения 45 °С. Пронаблюдайте за дальнейшей работой системы автоматического регулирования температуры в течение 2...3 мин.

4.29. Повторите пп. 4.27 и 4.28, задав температуру 50 °С.

4.30. Покажите результаты испытаний преподавателю.

4.31. Для прекращения работы системы нажмите кнопку *ESC*. В положении курсора *Stop* нажмите кнопку *OK*, переведите курсор

в строку Yes и снова нажмите ОК. Переведите выключатель Сеть блока ПР в положение «Выкл.», выключите УЗО и автоматические выключатели в источнике питания. Отключите все соединительные провода.

4.32. Сформулируйте выводы по результатам работы, оформите отчет и согласуйте его с преподавателем.

## 5. ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 20

### 5.1. Подготовительная часть.

5.1.1. Сформулируйте цель работы:

---

---

---

5.1.2. Изучите алгоритм системы автоматического регулирования температуры:

- 1) пока на входе  $I1$  сигнал 1, выполнять действия:
- 2) если сигнал датчика температуры меньше сигнала задатчика, то выдать 1 на выход  $Q1$ ;
- 3) иначе выдать 0 на выход  $Q1$ ;
- 4) конец ветвления;
- 5) конец цикла.

Преподаватель \_\_\_\_\_

### 5.2. Схема соединений и коммутационная программа.

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

**5.3. Выводы.** (Какие испытания проведены? Как вела себя система автоматического регулирования после достижения температурой заданного значения?)

---

---

---

Учащийся \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие функции выполняет система автоматического регулирования?
2. Как работает система автоматического регулирования?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Красногорцев И. Л.* Автоматика на основе программируемого реле. Руководство по выполнению базовых экспериментов. АПР.002 РБЭ (923.1) / И. Л. Красногорцев, П. Н. Сенигов ; под ред. П. Н. Сенигова. — Челябинск : Учебная техника, 2006. — 80 с.
2. *Красногорцев И. Л.* Датчики технологических параметров. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ДТП.002 РБЭ (940.1) / И. Л. Красногорцев ; под ред. П. Н. Сенигова. — Челябинск : Учебная техника, 2008. — 74 с.
3. *Красногорцев И. Л.* Основы цифровой техники. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ОЦТ.001 РБЭ (920) / И. Л. Красногорцев ; под ред. П. Н. Сенигова. — Челябинск : Учебная техника, 2006. — 97 с.
4. *Красногорцев И. Л.* Основы цифровой техники. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ОЦТ.002 РБЭ (920.1) / И. Л. Красногорцев ; под ред. П. Н. Сенигова. — Челябинск : Учебная техника, 2008. — 70 с.
5. *Пантелеев В. Н.* Основы автоматизации производства / В. Н. Пантелеев, В. М. Прошин. — М. : Изд. центр «Академия», 2011. — 192 с.
6. *Шандров Б. В.* Автоматизация производства (металлообработка) / Б. В. Шандров, А. А. Шапарин, А. Д. Чудаков. — М. : Изд. центр «Академия», 2002. — 256 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Список используемых сокращений .....	4
Предисловие .....	5
Введение .....	6

## РАЗДЕЛ I. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ .....

11

Глава 1. Датчики технологических параметров .....	12
Глава 2. Цифровые устройства автоматики .....	18
Глава 3. Аналоговые и аналого-цифровые устройства .....	27
Глава 4. Устройства управления .....	35
Глава 5. Автоматические системы .....	47

## РАЗДЕЛ II. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....

53

Лабораторная работа № 1. Бесконтактные датчики-выключатели .....	54
Лабораторная работа № 2. Аналоговые датчики положения .....	59
Лабораторная работа № 3. Датчик давления .....	66
Лабораторная работа № 4. Датчики температуры .....	71
Лабораторная работа № 5. Логические элементы .....	79
Лабораторная работа № 6. Триггеры .....	88
Лабораторная работа № 7. Регистры .....	96
Лабораторная работа № 8. Счетчики импульсов .....	103
Лабораторная работа № 9. Операционный усилитель .....	112
Лабораторная работа № 10. Коммутаторы .....	120
Лабораторная работа № 11. Цифроаналоговый преобразователь .....	129
Лабораторная работа № 12. Аналого-цифровой преобразователь .....	136
Лабораторная работа № 13. Командоаппарат с жесткой логикой .....	143
Лабораторная работа № 14. Программируемое реле (часть 1) .....	149
Лабораторная работа № 15. Программируемое реле (часть 2) .....	156
Лабораторная работа № 16. Командоаппарат на основе программируемого реле .....	163

Лабораторная работа № 17. Командоаппарат для управления светофором .....	171
Лабораторная работа № 18. Система автоматического контроля температуры .....	180
Лабораторная работа № 19. Система автоматического управления исполнительным электродвигателем.....	188
Лабораторная работа № 20. Система автоматического регулирования температуры .....	196
Список литературы .....	202

*Учебное издание*

**Пантелеев Владимир Николаевич,  
Прошин Владимир Михайлович**

**Основы автоматизации производства. Лабораторные работы**

**Учебное пособие**

4-е издание, стереотипное

Редакторы *И. В. Могилевец, Е. Н. Соколова*  
Технический редактор *Н. И. Горбачева*  
Компьютерная верстка: *Р. Ю. Волкова*  
Корректоры *А. П. Сизова, И. А. Ермакова*

Изд. № 704213464. Подписано в печать 21.11.2016. Формат 60×90/16.  
Гарнитура «Балтика». Усл. печ. л. 13,0.

ООО «Издательский центр «Академия». [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)  
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.  
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.ПЩ01.Н00695 от 31.05.2016.



---

# Издательский центр «Академия»

---

*Учебная литература  
для профессионального  
образования*

---

## Наши книги можно приобрести (оптом и в розницу)

### Москва:

129085, Москва, пр-т Мира, д. 101в, стр. 1  
(м. Алексеевская)  
Тел.: (495) 648-0507, факс: (495) 616-0029  
E-mail: sale@academia-moscow.ru

### Филиалы:

#### Северо-Западный

194044, Санкт-Петербург, ул. Чугунная,  
д. 14, оф. 319  
Тел./факс: (812) 244-9253  
E-mail: spboffice@acadizdat.ru

#### Приволжский

603101, Нижний Новгород, пр. Молодежный,  
д. 31, корп. 3  
Тел./факс: (831) 259-7431, 259-7432, 259-7433  
E-mail: pf-academia@bk.ru

#### Уральский

620142, Екатеринбург, ул. Чапаева, д. 1а, оф. 12а  
Тел.: (343) 257-1006  
Факс: (343) 257-3473  
E-mail: academia-ural@mail.ru

#### Сибирский

630007, Новосибирск, ул. Кривошёрковская, д. 15, корп. 3  
Тел./факс: (383) 362-2145, 362-2146  
E-mail: academia\_sibir@mail.ru

#### Дальневосточный

680038, Хабаровск, ул. Серышева, д. 22, оф. 519, 520, 523  
Тел./факс: (4212) 56-8810  
E-mail: filialdv-academia@yandex.ru

#### Южный

344082, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, д. 10/65  
Тел.: (863) 203-5512  
Факс: (863) 269-5365  
E-mail: academia-UG@mail.ru

### Представительства:

#### в Республике Татарстан

420034, Казань, ул. Горсоветская, д. 17/1, офис 36  
Тел./факс: (843) 562-1045  
E-mail: academia-kazan@mail.ru

#### в Республике Казахстан

Алматы, пр-т Абая, д. 26А, оф. 209  
Тел.: (727) 250-0316, моб.тел.: (701) 014-3775  
E-mail: academia\_kazakhstan@mail.ru

#### в Республике Дагестан

Тел.: 8-928-982-9248

---

**www.academia-moscow.ru**

---



# Издательский центр «Академия»

---

*Учебная литература  
для профессионального  
образования*

---

**Предлагаем  
вашему вниманию  
следующие книги**

В. Н. ПАНТЕЛЕЕВ, В. М. ПРОШИН  
**ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА:  
КОНТРОЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Объем 112 с.

Предлагаемые контрольные материалы дополняют учебное пособие В. Н. Пантелеева, В. М. Прошина «Основы автоматизации производства». Они включают в себя перечень вопросов по темам, тестовые вопросы рубежного контроля и тестовые вопросы к зачетному занятию.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

В. Н. ПАНТЕЛЕЕВ, В. М. ПРОШИН  
**ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА:  
РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

Объем 64 с.

В учебном пособии приведены формы отчетов о выполнении 20 лабораторных работ, охватывающих основные разделы и темы курса «Основы автоматизации производства». Учебное пособие может быть использовано при изучении общепро-

[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)

---

---

фессиональной дисциплины ОП «Основы автоматизации производства» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом начального профессионального образования.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

В. Н. ПАНТЕЛЕЕВ, В. М. ПРОШИН

## **ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

Объем 192 с.

В учебном пособии рассмотрены общие подходы и методы автоматизации технологических процессов. Приведены принципы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами и средства, с помощью которых они реализуются.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

Б. В. ШАНДРОВ, А. А. ШАПАРИН, А. Д. ЧУДАКОВ

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА (МЕТАЛЛООБРАБОТКА)**

Объем 256 с.

Данный учебник предназначен для изучения предмета «Автоматизации производства» и является частью учебно-методического комплекта по дисциплинам общепрофессионального цикла для технических профессий. В учебнике рассмотрен широкий круг вопросов, связанных с автоматизацией производства на предприятиях, использующих металлообрабатывающие процессы. Изложены основные направления и возможности автоматизации в современных условиях.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)

---