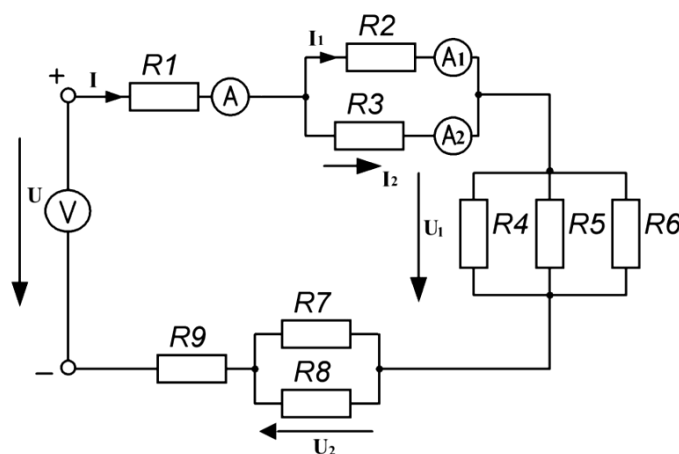


**В.Ю. Кузнецов, В.Н. Степанов,
В.П. Николаев**

**УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА СТУДЕНТОВ,
ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
13.03.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

Часть 1

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2018

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

**В.Ю. Кузнецов, В.Н. Степанов,
В.П. Николаев**

**УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА СТУДЕНТОВ,
ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
13.03.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

Часть 1

Учебное пособие

Санкт-Петербург

2018

УДК 621.3 (075)

ББК 31.2я7

К 891

Кузнецов В.Ю., Степанов В.Н., Николаев В.П. Учебная практика студентов, обучающихся по направлению 13.03.02. «Электроэнергетика и электротехника»: учебное пособие/ ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2018.

Часть 1. – 72 с.

В настоящем учебном пособии изложены цели, задачи и порядок прохождения учебной практики. Изложена работа радиомонтажника с паяльником, приводятся краткие сведения об устройстве и назначении различных радиодеталей, сведения о классификации, условных обозначениях основных параметров элементов электрических схем

Учебное пособие по учебной практике предназначено для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» по профилю «Электропривод и автоматика» и смежным направлениям.

Рецензент:

Ковалев Е.Н., канд. техн. наук, ведущий инженер ЗАО «Санкт-Петербургская электротехническая компания».

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве учебного пособия.

© Кузнецов В.Ю., Степанов В.Н.,
Николаев В.П., 2018

© Высшая школа технологии и энергетики
СПбГУПТД, 2018

Введение

В современном мире радиоэлектронные средства находят самое широкое применение. Радиоэлектроника проникла во все сферы человеческой деятельности. С электронными приборами сталкиваются люди всех профессий и специальностей. Пользоваться телевизором, компьютером, сотовым телефоном и т.д. умеют даже дети дошкольного возраста. Но одно дело – научиться правильно пользоваться радиоэлектронными приборами, и совсем другое – уметь при необходимости сделать хотя бы мелкий ремонт или, тем более, усовершенствовать их. В этом случае надо знать назначение радиоэлементов, из которых состоят электронные приборы. По радиоэлектронике написано множество книг, однако для чтения этих книг надо знать язык электрических схем.

Наиболее полное представление о принципе действия радиоэлектронного прибора даёт электрическая принципиальная схема. На такой схеме все радиоэлементы изображены в виде условных знаков – символов.

Для правильного и однозначного чтения электрических схем создана единая схема условных графических обозначений.

По мере развития научно – технического прогресса и торговли возникла необходимость иметь единые стандарты условных графических обозначений для всех стран мира. С этой целью была создана международная электротехническая комиссия (МЭК).

В СССР действовал государственный стандарт ГОСТ 7.624-62, вошедший в действие в 1964 г. Он действовал до 1 января 1967 г, когда была разработана единая система конструкторской документации (ЕСКД). Составной частью ЕСКД являются Государственные стандарты на условные графические обозначения в схемах.

В зарубежных странах приняты стандарты IES, DIN, ANSI и др. На практике у производителей часто используются корпоративные стандарты. В

Российской Федерации с 1 января 2012 г введён ГОСТ 2.702-2011 в качестве национального стандарта.

Несмотря на постоянное обновление стандартов в целом большинство стандартов ЕСКД на условные графические обозначения в схемах соответствуют стандартам МЭК.

Настоящее учебное пособие имеет целью познакомить студентов с единой системой условных графических обозначений, привить им определённые практические навыки в расшифровке основных радиоэлементов принципиальных схем, кроме того, привить определённые практические навыки работы с паяльником по распайке простых элементов схем и работе с контрольно-измерительной аппаратурой.

Следует заметить, что в ходе учебной практики студенты при выполнении практических работ в основном будут использовать радиоэлементы, которые выпускались отечественной промышленностью в прошлые годы.

1. Общие сведения об учебной практике

Целью проведения учебной практики является подготовка студентов к закреплению теоретических знаний, полученных ими на I (II) курсах, привитие им первичных навыков работы по избранной профессии.

Учебная практика проводится в специализированных лабораториях, а также на предприятиях, специализирующихся на выпуске целлюлозно-бумажной продукции и выработке электрической энергии (выезд на экскурсию).

Продолжительность рабочего дня студентов составляет 6 академических часов.

По окончании практики каждому студенту выставляется оценка на основании текущего контроля его работы и после выполненной практической работы.

Более подробный порядок прохождения учебной практики для студентов I и II курсов рассмотрены ниже.

Каждый студент должен знать, что прежде чем на свет появляется какое-либо новое радиоэлектронное устройство, тщательно продумывается и составляется так называемая структурная схема. Обычно это набор квадратиков (узлов), каждый из которых решает определённую задачу. Потом разрабатывается принципиальная схема, которая показывает, какие детали должны входить в устройство и как их соединить между собой, затем монтажная схема, на которой отражается расположение деталей на плате конструкции. Самая важная схема для начинающего обучаться радиоделу студента – это принципиальная схема. Чтобы уметь читать принципиальную схему, надо, как было отмечено ранее, изучить условные обозначения деталей по современному государственному (или отраслевому) стандарту ГОСТ. Поскольку радиодеталей много, надо начинать с основных, которые используются наиболее широко: резисторов, конденсаторов, диодов и транзисторов. Уже затем переходить к более сложным деталям – оптронам, аналоговым и цифровым микросхемам и др.

Отдельным студентам, имеющим практику радиолюбителей, можно выдавать более сложные работы. Например, спаять универсальный блок питания, световой пробник и т.п.

Для качественного выполнения программы учебной практики используется следующее оборудование:

- лабораторные стенды лабораторий «Электротехника» и «Электроника»;
- оборудованные рабочие места в этих лабораториях;
- набор старых плат и блоков разной радиоаппаратуры;
- набор радиоэлементов (резисторы, диоды, конденсаторы и т.д.);
- компьютерный класс для пользования интернетом (при необходимости).

Перед прохождением учебной практики студентам первого курса необходимо ознакомиться с паяльником и паяльными станциями. При этом

надо помнить, что практически все паяльные работы связаны с электричеством. Поэтому каждый студент должен знать о влиянии электрического тока на человека и к каким последствиям может привести нежелательный контакт с электричеством.

1.1 . Порядок прохождения учебной практики

Перед началом учебной практики со студентами проводится инструктаж, где рассматриваются цели практики, порядок её прохождения и т.п. Цели учебной практики для I и II курсов разные. Рассмотрим их отдельно.

На 1-м этапе одна из главных целей учебной практики студентов I курса - дать первоначальные практические навыки работы с радиоэлементами: научить отличать резистор от конденсатора, диоды от транзисторов и т.д. Это позволит студентам в дальнейшем более свободно изучать принципиальные схемы радиоэлектронных средств.

Для решения этой задачи можно воспользоваться настоящим учебным пособием, в котором приведены условные графические обозначения основных радиоэлементов и обозначения их на принципиальных схемах. Можно использовать и другую техническую литературу (см.библиографический список, приведенный в конце пособия) или Интернет.

Перед началом практики проводится инструктаж по технике безопасности при работе с радиоаппаратурой и паяльником. Необходимо знать о тех опасностях, с которыми может встретиться студент, если по неосторожности или другой причине он окажется под воздействием напряжения. Необходимо знать, какое влияние на организм человека оказывает изменение силы тока. Кроме того, необходимо уметь оказывать необходимую помощь при воздействии напряжения на человека.

На 2-м этапе студенты будут ознакомлены с паяльными работами. Для этого необходимо изучить устройство паяльника, назначение припоя и флюса. Затем каждый студент должен самостоятельно распаять несколько

старых плат и устройств с разными радиоэлементами. По мере выпайки радиодеталей научиться проверять их исправность с помощью мультиметра или другого измерительного прибора (тестера, авометра и т.п., которые использовались ранее и до сих пор находятся на вооружении многих радиоинженеров).

На заключительном этапе учебной практики каждому студенту выдаётся индивидуальное задание (принципиальная схема из 8 -10 резисторов). Студенты самостоятельно подбирают резисторы (допускается не более двух однотипных номиналов в каждой ветви электрической цепи), вычисляют эквивалентное сопротивление схемы. Затем переходят к паяльным работам.

Преподаватель проверяет и оценивает качество пайки, правильность расчёта схемы.

По заданию преподавателя студент рассчитывает величину тока в изготовленной им схеме для двух-трёх разных величин входного напряжения.

После этого под руководством преподавателя на схему подаётся одно из этих напряжений, и студент измеряет величину тока. Проверка проводится на стенде. Если величина измеренного тока совпадает с расчетной величиной, значит, работа выполнена.

В конце учебной практики каждый студент предварительно оценивается по пятибалльной системе. Оценка состоит из нескольких составляющих:

- умения по внешнему виду различать радиоэлементы;
- умения различать виды радиоэлементов на принципиальной схеме;
- умения расшифровывать параметры радиоэлементов и их назначение по написанным на их корпусах буквам и цифрам (или окраски);
- правильность расчёта принципиальной схемы, состоящей из резисторов и конденсаторов;
- качество пайки.

Кроме того, каждому студенту выдаётся тема реферата, связанная с его будущей профессиональной деятельностью.

Окончательная оценка за учебную практику выставляется в сентябре, после защиты реферата.

Теперь рассмотрим задачи учебной практики для студентов II курса.

На 1-м этапе одна из главных целей учебной практики студентов II курса – закрепить и расширить первоначальные практические навыки работы, полученные на I и в ходе обучения на II курсах по условному графическому обозначению радиоэлементов, научиться проверять исправность полупроводниковых и других приборов (диодов, транзисторов, конденсаторов и т.д.) с использованием измерительной аппаратуры (тестера, мультиметра и т.п.). Кроме того, с использованием справочной литературы студенты должны научиться определять основные параметры полупроводниковых элементов и находить их аналоги.

На 2-м этапе решаются задачи по привитию студентам навыков работы с технической литературой. Для этого им выдаются задания для самостоятельного изучения некоторых типов аналоговых и цифровых микросхем. После проверки усвоения ими данного вопроса задание усложняется: они должны самостоятельно освоить практическую работу на осциллографах и генераторах, имеющихся в лаборатории кафедры, с использованием технического описания (учебного пособия). При этом студенты должны знать исходные установки переключателей и регулировок приборов перед включением, порядок их включения, а также при помощи осциллографа научиться измерять амплитуду, длительность и период следования импульсов разной формы.

На заключительном этапе учебной практики каждому студенту выдаётся индивидуальное задание (принципиальная схема генератора прямоугольных, пилообразных и других импульсов или другого устройства). Студенты самостоятельно подбирают радиоэлементы и при помощи паяльника изготавливают данное устройство. Далее студент, используя параметры

своей схемы, рассчитывает амплитуду и длительность импульсов (или другие параметры), а при помощи осциллографа измеряет их практически. Преподаватель оценивает качество и правильность пайки, а также насколько правильно и точно измерены параметры изготовленного устройства.

В конце учебной практики каждый студент оценивается по пятибалльной шкале. Оценка состоит из следующих навыков:

- определять исправность радиоэлементов (резисторов, диодов, транзисторов и т.п.) при помощи измерительной аппаратуры лаборатории;
- различать радиоэлементы по внешнему виду и маркировке на корпусе радиодетали;
- определять основные параметры радиоэлементов и находить их аналоги с использованием справочной литературы;
- самостоятельно изучать современную полупроводниковую технику, включая микросхемы и т.п.;
- самостоятельно освоить работу на контрольно-измерительной аппаратуре (осциллограф, генератор и т.п.);
- качественная пайка электрической схемы, исправность ее работы.

Если кто-то из студентов захочет повысить оценку за практику, то, по усмотрению преподавателя, ему может быть выдана тема реферата. Тогда оценка студенту выставляется в сентябре после защиты реферата.

По окончании учебной практики студенты I и II курсов приводят в порядок свои рабочие места, сдают инструменты.

Начало учебной практики для студентов обоих курсов начинается с оборудования рабочего места (одно на двух человек) в лаборатории. На каждый стол столешницы положить лист фанеры, текстолита или оргалита размером примерно 700×400 мм, чтобы во время занятий держать на нём паяльник с подставкой, припой, радиодетали и инструменты. В качестве инструментов используются плоскогубцы, пинцеты, кусачки, отвертки, ножи, напильники.

1.2. Краткие сведения о пайке радиодеталей

Радиоинженер должен научиться работать с паяльником. Прочная и качественная пайка – своего рода искусство, которое приобретается с опытом. При выполнении паяльных работ необходимо знать некоторые правила. Для того чтобы спаять (скрепить) радиодетали или провода, необходимо иметь паяльник, припой и флюс. Рассмотрим эти составляющие.

Паяльник – это ручной инструмент, который применяется при лужении (нанесении тонкого слоя олова на поверхность металла) и пайке для нагрева деталей, флюса, расплавления припоя и внесения его в место контакта деталей, которые необходимо спаять. Паяльник состоит из жала (рабочая часть), трубчатого нагревательного элемента, помещённого в металлический корпус, и ручки (деревянной или пластмассовой). Жало (обычно медный стержень) находится внутри нагревателя, а его наружный конец заточен под конус или двухгранный угол. Выступающий конец жала залуживается (очищается от окалины). Нагреватель представляет собой намотанную на трубку из керамики или металлическую трубку, обернутую слюдой, проволоку из нихрома или другого сплава с высоким удельным сопротивлением. Нагреватель подключен к токоведущему шнуру, который подключается к сети 220 В или понижающему трансформатору.

Другим важным компонентом, необходимым при выполнении паяльных работ, является припой.

Припой – металл или сплав, применяется при пайке для соединения заготовок. Имеет температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы. Применяют сплавы на основе олова, свинца, меди, кадмия и т.д. При пайке припой плавится и заполняет зазоры между соединяемыми деталями. После остывания припоя детали соединяются в одно целое.

Припои делятся на две группы: мягкие и твёрдые. К мягким относится припой с температурой плавления до 300 °С, к твёрдым – свыше 300 °С.

К мягким припоям относятся оловянно-свинцовые сплавы (ПОС) с содержанием олова от 10 (ПОС-10) до 90 % (ПОС-90), остальное - свинец. Плавление этих припоев начинается при температуре 183 °С. Для пайки радиодеталей обычно используют припой ПОС-40 с температурой плавления 235 °С и ПОС-61 с температурой плавления 190 °С. У твёрдых припоев температура плавления гораздо выше (более 700 °С).

В связи с повышенным интересом к вопросам экологии постоянно повышаются требования к уменьшению токсичности припоев (свинец токсичен). Поэтому в настоящее время стараются использовать бессвинцовые припои, которые содержат, наряду с оловом, медь, серебро и другие металлы. Для создания электронных плат применяют и специальные паяльные пасты.

Третий компонент, необходимый для пайки – флюс.

Флюс – это вещество, которое защищает поверхность металла и припоя от окисления во время пайки. Флюс может использоваться в виде жидкости, пасты или порошка. Обычно в качестве флюса при пайке радиодеталей используют вещество, называемое канифолью, причём твёрдую канифоль. Но для пайки в труднодоступных местах удобно применять жидкую канифоль или её спиртовой раствор. Жидкую канифоль нетрудно получить самостоятельно. Для этого твёрдую канифоль размельчают в порошок и высыпают в глицерин. Полученный раствор помешивают палочкой и добавляют канифоль до получения густой кашицы. Хранят такую канифоль в небольшом пузырьке с плотно закрывающейся крышкой. На место, где выполняется пайка, она наносится тонкой палочкой или проволокой.

1.3. Работа с паяльником

После включения и нагрева конца жала больше температуры плавления припоя (около 5 мин) паяльник готов к работе. Следует заметить, что при первом включении паяльник дымит, но недолго. Это не является признаком

неисправности. Просто выгорает клейкий слой, который склеивал слюду внутри паяльника.

Перед пайкой необходимо облудить жало паяльника. Для этого жало нагретого паяльника зачищают напильником или наждачной бумагой. Затем надо опустить жало паяльника в канифоль и прикоснуться к кусочку припоя. В слое расплавленного припоя необходимо растереть жало о подставку для паяльника (если она деревянная) или о поверхность небольшой дощечки, пока она не покроется пленкой припоя. Каждый раз, когда жало начнет снова покрываться окалиной, эту операцию необходимо повторить.

Перед тем, как припаять вывод детали, его необходимо облудить. Это надо делать перед самой пайкой, быстро. Вывод зачищают обычно перочинным ножом, кладут на кусочек канифоли (или смазывают жидкой канифолью), прикладывают паяльник, покрывают вывод слоем канифоли. Затем конец вывода радиодетали, например, резистора, опускают в расплавленный паяльником кусочек припоя и, поворачивая деталь, облуживают. Облуживание делают не ближе 10 мм от резистора (или другой детали).

Чтобы припаять вывод одной детали к выводу другой, их плотно прижимают друг к другу (можно использовать разные способы крепления выводов для надёжности), берут жалом паяльника капельку припоя, опускают жало в канифоль и тут же прикладывают его к скреплённым выводам. Прогрев место пайки, равномерно распределяют по нему припой. Чтобы пайка была качественной и выглядела красиво, количество припоя должно быть минимальным. Продолжительность этой операции примерно 3-5 с. Далее следует положить паяльник на подставку и подождать 8-10 с до полного застывания припоя. В это время детали нельзя шевелить, иначе можно повредить пайку. Остатки канифоли в месте пайки следует удалить борным спиртом или ацетоном.

Обычно приходится припаивать выводы деталей не друг к другу, а к монтажным устройствам, к соединительным дорожкам печатной платы, к металлическим лепесткам. Рассмотрим некоторые случаи таких паек.

Если на плате установлены монтажные шпильки из толстого медного провода, конец вывода радиодетали загибают вокруг шпильки колечком. Для этого используют монтажный инструмент (круглогубцы, плоскогубцы и т.д.). Затем деталь припаивают к шпильке. Если к этой же шпильке надо припаять еще одну деталь, то её вывод также изгибают колечком и припаивают. При подпайке выводов радиодетали к печатной плате конец детали должен выступать над соединительной дорожкой из фольги не более 2-3 мм.

Чтобы избежать перегрева детали во время пайки выводов, можно пользоваться теплоотводом, роль которого могут выполнять плоскогубцы или пинцет. Ими надо держать вывод при пайке. Это особенно важно делать при пайке транзисторов. Если монтаж плотный, плата миниатюрная, а специального паяльника с узким жалом нет, то можно воспользоваться следующим приёмом – удлинить жало. Для этого берут медный провод диаметром 2-3 мм, накручивают его на жало паяльника, а конец провода надо зачистить и облудить.

Следует помнить, что при пайке выделяются вредные для здоровья пары олова и свинца. Поэтому не нужно наклоняться над местом пайки, чтобы не вдыхать испарения.

Летом лучше рабочее место для паяльных работ выбирать около открытого окна. Зимой надо чаще проветривать помещение. После окончания пайки рекомендуется вымыть руки тёплой водой с мылом.

Далее рассмотрим современные паяльные устройства, которые используются при пайке сложных электронных плат.

Паяльная станция – электрический инструмент для пайки. В состав паяльной станции входят специальный паяльник и управляющий блок. Такая станция по сравнению с обычным паяльником имеет ряд преимуществ: поддержание заданной температуры (паяльник не перегревается), защиту от

перегрузок и статического электричества (важно при работе с микросхемами), отсос для удаления припоя из места пайки и др.

Существуют разные паяльные станции: для монтажных и демонтажных работ, термовоздушные, инфракрасные. Для выполнения демонтажных работ применяют паяльники с отсосом припоя. Термовоздушные станции используются для пайки горячим воздухом с помощью термофена. Может применяться автоматическая подача олова. В термовоздушных станциях нагрев деталей, расплавление припоя происходит путём обдува их струёй горячего воздуха. В этом она напоминает промышленный фен, но, в отличие от него, в станции используется тонкая струя воздуха. Инфракрасные паяльные станции формируют узкий пучок невидимых инфракрасных лучей с длиной электромагнитной волны 2-8 мкм. При этом сфокусированный луч обеспечивает нагрев только в зоне пайки, другие рядом расположенные компоненты воздействию тепла не подвергаются. Достоинство таких станций и в том, что инфракрасное излучение не влияет на зрение человека.

Современные паяльные станции позволяют качественно проводить ремонт мобильных телефонов, сложных электронных печатных плат разных портативных устройств.

1.4. Влияние электрического тока на организм человека

Электрический ток, проходя через тело человека, может вызвать два вида поражений – электрический удар и электрическую травму .

Наиболее опасен электрический удар, так как от него поражается весь организм. Летальный исход (смерть) наступает от паралича сердца или дыхания, а иногда от того и другого одновременно.

Электрическими травмами называют поражение током внешних частей тела: это ожоги, металлизация кожи и другие. Поражения током носят, как правило, смешанный характер и зависят от величины и рода тока, протекающего через тело человека, продолжительности его воздействия,

путей, по которым проходит ток, а также от физического и психологического состояния человека в момент поражения.

Считается, что переменный ток промышленной частоты человек ощущает при 0,6 - 1,5 мА. Ток 12 - 15 мА вызывает сильные боли в пальцах и кистях рук. Человек выдерживает такое состояние 5-10 с и может самостоятельно оторвать руки от электродов. Ток 20 - 25 мА вызывает очень сильную боль, рука парализуется, затрудняется дыхание. Человек не может самостоятельно освободиться от электродов. При токе 50 – 80 мА наступает паралич дыхания, а при 90-100 мА паралич сердца и летальный исход. Причем самый опасный - переменный ток частотой 50 - 60 Гц. С увеличением частоты токи начинают распространяться по поверхности кожи, вызывают сильные ожоги, но не приводят к электрическому удару.

Менее чувствительно человеческое тело к постоянному току, его воздействие ощущается при 12 – 15 мА. Ток в 20-25 мА вызывает незначительное сокращение мышц рук.

Величина тока, проходящего через тело человека, зависит от сопротивления тела и приложенного напряжения. Сопротивление тела человека - величина непостоянная и колеблется в пределах от сотен до тысяч Ом. Наибольшее сопротивление оказывает верхний роговой слой кожи, лишенный нервов и кровеносных сосудов. При сухой неповрежденной коже сопротивление тела человека составляет 40 - 100 кОм. Толщина рогового слоя незначительна (0,05 - 0,2 мм) и при напряжении 250 В мгновенно пробивается. Повреждения рогового слоя уменьшают сопротивление тела человека до 800 – 1000 Ом. Сопротивление уменьшается также с увеличением времени воздействия тока. Поэтому важно быстро устранить соприкосновение пострадавшего с токоведущими частями.

Исход поражения зависит и от пути тока в теле человека. Наиболее опасны пути руки – ноги и рука – рука, когда наибольшая часть тока проходит через сердце.

Величина сопротивления тела человека сильно зависит и от физического и психологического состояния человека. Повышенная потливость кожного покрова, нервное возбуждение приводят к резкому уменьшению сопротивления человека (до сотен Ом). Поэтому даже сравнительно небольшие напряжения могут привести к поражению электрическим током.

При работе с РЭС следует помнить, что человеческий организм поражает не напряжение, а величина тока. Поэтому, иногда даже низкие напряжения (30 – 40 В) могут быть опасны для жизни человека.

Вот почему перед каждой работой с электрорадиоаппаратурой необходимо постоянно напоминать о правилах техники безопасности и требовать их исполнения.

1.5. Правила техники безопасности при работе на аппаратуре

1. При выполнении работ по электропаянию необходимо учитывать воздействие на обучаемых следующих факторов:
 - ожоги горячим электропаяльником или брызги расплавленного припоя;
 - отравление, повреждение глаз и кожи рук при работе с флюсами и оловянно – свинцовыми припоями;
 - поражение электрическим током при неисправности электропаяльника.
2. При выполнении работ по электропаянию необходимо использовать хлопчатобумажный халат.
3. Обучаемые должны соблюдать правила пожарной безопасности.
4. Во время работы возможны ожоги вследствие неумелого пользования паяльником. Степень прогрева паяльника необходимо проверять не на ощупь, а на припое. Ожоги возможны и в случае, когда мелкие детали во время пайки придерживают не инструментом (пинцетом, плоскогубцами), а пальцами. При очистке паяльника от излишнего припоя путем встряхивания брызги припоя могут попасть в лицо и глаза, вызывая ожоги. Поэтому лучше работать в очках. Очищать

паяльник от лишнего припоя необходимо прикосновением его рабочей поверхности к припою.

5. Проверить надёжность заземления лабораторного стенда.
6. Не использовать электропаяльник в качестве ударного инструмента, не ронять его.
7. Не касаться горячих мест электропаяльника незащищёнными руками, остерегаться при пайке брызг расплавленного припоя.
8. При кратковременных перерывах в работе класть нагретый паяльник на подставку.
9. При пайке использовать в качестве флюса только канифоль, кислоту не использовать.
10. Не оставлять без присмотра включенный в сеть электропаяльник.
11. При поражении электрическим током отключить напряжение (нажать красную кнопку на стенде и выключить паяльник из сети), оказать пострадавшему первую помощь. При отсутствии дыхания и пульса сделать пострадавшему искусственное дыхание или непрямой массаж сердца до восстановления дыхания и пульса и отправить его в лечебное учреждение.

2. Стандартные позиционные обозначения элементов

2.1. Условные обозначения на принципиальных схемах

Для пользования схемой (чтения, изучения) каждому элементу на схеме присваивают буквенно-цифровое позиционное обозначение. Оно состоит из одной или двух букв латинского алфавита и цифр, обозначающих порядковый номер элемента данного вида на схеме (например, R1, R2, R3 и т.д.). Наиболее часто встречающиеся буквенные обозначения (коды) элементов приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Буквенные обозначения некоторых элементов схем

Наименование	Обозначение
Устройства: усилители, приборы телеуправления и т. п. (общее обозначение)	A
Телефон (капсюль)	BA
Микрофон	BF
Конденсатор	C
Микросхема аналоговая интегральная	DA
Микросхема интегральная цифровая	DD
Устройство задержки (общее обозначение)	DT
Элементы разные (общее обозначение)	E
Лампа осветительная	EL
Разрядники, предохранители, устройства защиты (общее обозначение)	F
Предохранитель плавкий	FU
Батарея гальванических элементов, аккумуляторов	GB
Реле, контакторы, пускатели (общее обозначение)	K
Реле времени	KT
Катушка индуктивности	L
Двигатель (общее обозначение)	M
Амперметр (миллиамперметр, микроамперметр)	PA
Счетчик импульсов	PC
Частотометр	PF
Вольтметр	PV

Наименование	Обозначение
Ваттметр	PW
Резисторы постоянные и переменные (общее обозначение)	R
Терморезистор (изменяет сопротивление при изменении температуры)	RK
Варистор (нелинейное сопротивление)	RU
Выключатели, разъединители, короткозамыкатели в силовых цепях (общее обозначение)	Q
Выключатель или переключатель	SA
Выключатель кнопочный	SB
Трансформатор, автотрансформатор (общее обозначение)	T
Модулятор	UB
Демодулятор	UR
Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты	UZ
Приборы полупроводниковые (общее обозначение)	V
Диод, стабилитрон	VD
Транзистор	VT
Тиристор	VS
Антенна	WA
Гнездо (розетка)	XS
Фильтры (общее обозначение)	Z
Фильтр кварцевый	ZQ

2.2. Графические символы общего применения

Для построения условных графических обозначений разновидностей электрорадиоэлементов используют базовые символы и различные знаки.

Широко используется знак регулирования – стрелка, пересекающая исходный символ под углом 45° (рис. 2.1а). При нанесении такого знака на конденсатор, резистор и катушку индуктивности получаем символ конденсатора переменной емкости, переменного резистора и катушки с регулируемой индуктивностью (рис. 2.1б-г), соответственно.

Для обозначения нелинейного регулирования параметра используется стрелка, нижняя часть которой имеет излом (рис. 2.1д).

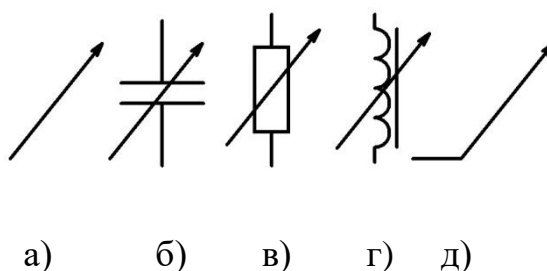


Рис.2.1. Обозначения переменных радиоэлементов

Иногда на схеме необходимо показать способ регулирования параметра. Для этого стандартом предусмотрено три символа. Зачерченный круг (рис. 2.2а) указывает на то, что регулирование осуществляется ручкой, выведенной наружу; наполовину зачерченный круг (рис. 2.2б) – регулируемый элемент также выведен наружу, но регулировка возможна только с применением инструмента (отвертки, ключа и т. п.); круг, разделенный диаметром (рис. 2.2в) – регулирование возможно также с помощью инструмента, но регулировка находится внутри прибора или устройства.

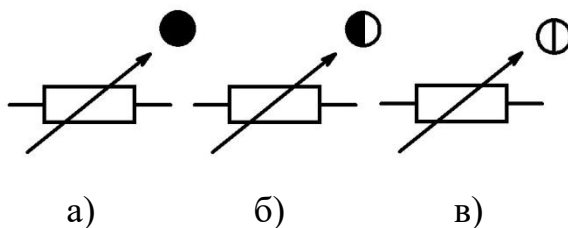


Рис. 2.2. Способы регулирования параметра (переменного резистора)

Иногда параметры радиоэлементов изменяются самопроизвольно и плавно. Тогда указывается, под действием какой физической величины происходит саморегулирование элемента. Возле знака саморегулирования помещают соответствующее обозначение (U – напряжение, t^0 – температура, p – давление и т. д.). Причем саморегулирование может быть линейным и нелинейным (см. рис. 2.1а, д).

На рис. 2.3а показано условное обозначение терморезистора (его сопротивление изменяется нелинейно при изменении температуры), а на рис.

2.3б – вариконда (его емкость изменяется нелинейно при изменении напряжения на обкладках конденсатора).

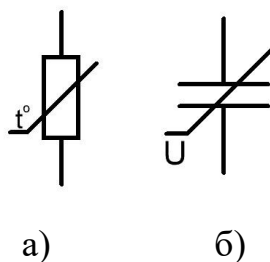


Рис. 2.3. Графические обозначения терморезистора и вариконда

Для обозначения светового потока вводят две параллельные наклонные стрелки, расположенные под углом 45° . Эти стрелки изображают рядом с радиоэлементом. Таким образом обозначаются приборы, принцип действия которых основан на фотоэлектрическом эффекте (рис. 2.4). На этом рисунке изображен светодиод (излучает свет при протекании тока).

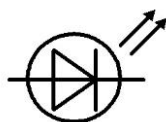


Рис. 2.4. Светодиод

2.3. Резисторы

Резистор - это пассивный элемент, предназначенный для создания в электрической цепи требуемой величины сопротивления электрическому току. Сопротивление измеряется в омах, килоомах (1000 Ом), мегаомах (10^6 Ом), гигаомах (10^9 Ом), тераомах (10^{12} Ом). В зависимости от назначения резисторы делятся на резисторы общего назначения и специальные (прецизионные, высокочастотные, высоковольтные и др.). Рассмотрим постоянные резисторы. Резисторы на схемах изображают в виде прямоугольника (рис. 2.5)



Рис. 2.5. Условное графическое обозначение резистора

Номинальную мощность рассеивания резистора (от 0,05 до 5 Вт) обозначают специальными знаками, которые помещаются внутри символа (рис. 2.6).







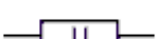
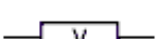
Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Постоянный резистор без указания номинальной мощности рассеивания
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,05 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,125 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,25 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,5 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 1 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 2 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 5 Вт

Рис. 2.6. Условные графические обозначения постоянных резисторов различной мощности рассеивания

На принципиальной схеме номинальное сопротивление резистора указывают рядом с условным обозначением (рис. 2.7).

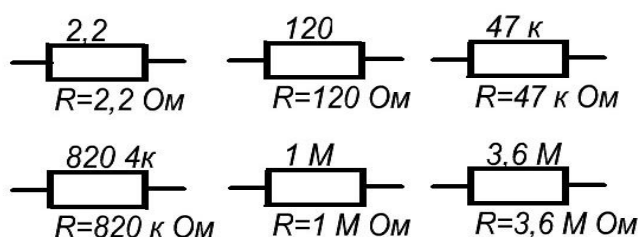


Рис 2.7. Номинальные сопротивления резисторов

Согласно ГОСТ 2.702-2011 сопротивление от 0 до 999 Ом указывают числом без единицы измерения (2,2 ; 33 ; 120 и т.д.), от 1 до 999 кОм – числом с буквой к (47к, 220к, 620к и т.д.), свыше одного мегаома – числом с буквой М (1М, 3,6М и т.д.)

На резисторах отечественного производства номинальное сопротивление, допускаемое отклонение от него, а иногда и номинальную

мощность рассеивания указывают в виде кодированного обозначения. Согласно ГОСТ 28364-89 единицы сопротивления в кодированной системе обозначают буквами Е (Ом), к (кОм), М (МОм) и т.д. Так, резисторы сопротивлением 47 Ом маркируют 47Е, 75 Ом – 75Е, 12 кОм – 12к, 62 кОм – 62к и т.д. Сопротивление от 100 до 1000 Ом и от 100 до 1000 кОм выражают в долях кОм и МОм, соответственно. Причем на месте нуля и запятой ставят соответствующую единицу измерения: 180 Ом = 0,18 кОм = К18; 910 Ом = 0,91 кОм = К91; 150 кОм = 0,15 МОм = М15; 680 кОм = 0,68 МОм = М68 и т.д. Если номинальное сопротивление выражено целым числом с дробью, то единицу измерения ставят на месте запятой: 2,2 Ом – 2Е2; 5,1 кОм – 5К1; 3,3 МОм – 3М3 и т.д.

Таблица 2.2. Система обозначения номинальных сопротивлений резисторов

Единица измерения	Кодированное обозначение единицы измерения	Пределы номинальных сопротивлений	Пример полного обозначения	Пример соответствующего сокращенного обозначения
Ом (1)	Е	До 99	0,47 Ом 4,7 Ом	Е47 4Е7
кОм (10 ³)	К	0,1 – 99	470 Ом 4,7 кОм	К470 4К7
МОм (10 ⁶)	М	0,1 – 99	470 кОм 4,7 МОм	М47 4М7
ГОм (10 ⁹)	Г	0,1 – 99	470 МОм 4,7 ГОм	Г47 4Г7
ТОм (10 ¹²)	Т	0,1 – 99	0,47 ТОм	Т47

Кодированные буквенные обозначения установлены и для допускаемых отклонений сопротивления от номинального.

Полная система обозначений, согласно ГОСТ 28364-89, приведена в табл. 2.2. и 2.3.

Таблица 2.3. Кодированные обозначения допустимых отклонений сопротивлений

ГОСТ 28364-89		Требования МЭК	
допуск, %	кодированное обозначение	допуск, %	кодированное обозначение
±0,001	Е	----	----
±0.1	В	±0.1	В
±0.25	С	±0.25	С
±0.5	Д	±0.5	Д
±1	F	±1	F
±2	G	±2	G
±5	J	±5	J
±10	К	±10	К
±20	М	±20	М
±30	Н	±30	Н

В соответствии с действующей системой обозначений сокращенное условное обозначение резисторов состоит из следующих элементов:

1) буква или сочетание букв, обозначающих подкласс резисторов (Р – резисторы постоянные; РП – резисторы переменные; НР – набор резисторов);

2) цифра, обозначающая группу резисторов по материалу резистивного элемента (1 – непроволочный; 2 – проволочный или металлофольговые);

3) регистрационный номер конкретного типа резистора.

Между вторым и третьим элементами ставится дефис. Например, постоянные непроволочные резисторы с номером 4 или переменные непроволочные резисторы с номером 46 следует обозначать Р1-4 и РП1-46, соответственно.

Следует заметить, что встречаются разработанные до 1968г. и используемые в настоящее время в радиоаппаратуре, резисторы следующих типов:

ВС- влагостойкие;

МЛТ – металлизированные лакированные теплостойкие;

МЛП – металлизированные лакированные прецизионные;

УЛМ – углеродистые лакированные малогабаритные;

МТ – металлизированные теплостойкие.

Резисторы типа ВС широко использовались в аппаратуре массового производства (на лампах). Резисторы типа МЛТ – для аппаратуры с полупроводниковыми элементами (диоды, транзисторы). Резисторы типа МЛП – для измерительной аппаратуры.

Основные параметры для постоянных резисторов указываются в следующей последовательности:

- номинальная мощность рассеивания;
- номинальное сопротивление и буквенное обозначение единицы измерения;
- допускаемое отклонение сопротивления в процентах (допуск).

На постоянных миниатюрных резисторах в соответствии с ГОСТ 17598-72 и требованиями МЭК допускается маркировка цветным кодом. Ее наносят знаками в виде кругов или полос. Для маркировки цветным кодом номинальное сопротивление резисторов в Ом выражается двумя или тремя цифрами (в случае трех цифр – последняя цифра не равна нулю) и множителем 10^n , где n – любое число от -2 до +9.

Маркировочные знаки располагают на резисторе слева направо в следующем порядке:

Первая полоса – первая цифра	}	Номинальное сопротивление
Вторая полоса – вторая цифра		
Третья полоса – цифра множитель		
Четвертая полоса – допуск		

Цвета знаков маркировки номинального сопротивления и допусков соответствуют указанным в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Цвета знаков маркировки номинального сопротивления и допусков

Цвет знака	Номинальное сопротивление, Ом				Допуск, %
	первая цифра	вторая цифра	третья цифра	множитель	
Серебряный	–	–	–	10^{-2}	± 10
Золотой	–	–	–	10^{-1}	± 5
Черный	–	0	–	1	–
Коричневый	1	1	1	10	± 1
Красный	2	2	2	10^2	± 2
Оранжевый	3	3	3	10^3	–
Желтый	4	4	4	10^4	–
Зеленый	5	5	5	10^5	$\pm 0,5$
Голубой	6	6	6	10^6	$\pm 0,25$
Фиолетовый	7	7	7	10^7	$\pm 0,1$
Серый	8	8	8	10^8	$\pm 0,05$
Белый	9	9	9	10^9	–

Пример цветовой маркировки резистора сопротивления с двумя значимыми цифрами (резистор 27 000 Ом с отклонением $\pm 5\%$) приведен на рис. 2.8.

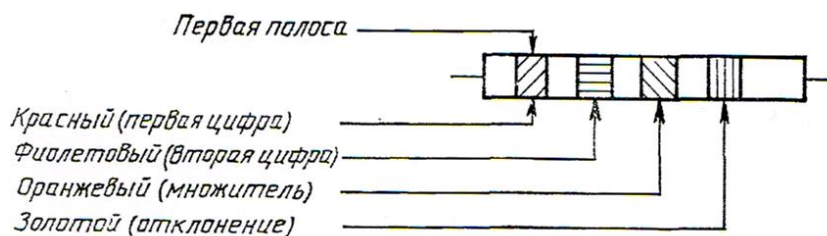


Рис. 2.8. Маркировка резистора 27 000 Ом с цветным кодом

Пример цветовой маркировки резистора сопротивления с тремя значимыми цифрами (резистор 249 000 Ом с отклонением $\pm 1\%$ и коэффициентом температуры $\pm 50 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$) представлен на рис. 2.9.

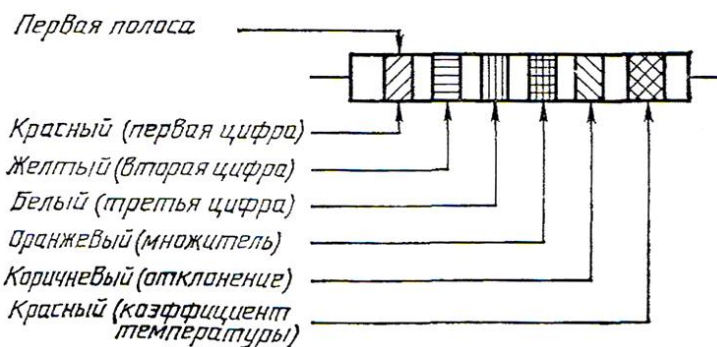


Рис. 2.9. Маркировка резистора 249 000 Ом с цветным кодом

Регулируемые резисторы – это резисторы, сопротивление которых можно изменять в определённых пределах. Общее обозначение такого резистора состоит из базового символа и знака регулирования (рис.2.10.). Независимо от положения символа на схеме стрелку, обозначающую регулирование, проводят в направлении снизу вверх под углом 45° .

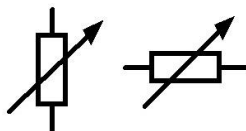


Рис.2.10. Условные графические обозначения регулируемого (переменного) резистора

Существуют две схемы включения переменных резисторов в электрическую цепь. В одном случае их используют для регулирования тока в цепи, и тогда переменный резистор называют реостатом (рис.2.11а), в другом – для регулирования напряжения, тогда его называют потенциометром (рис.2.11 б).

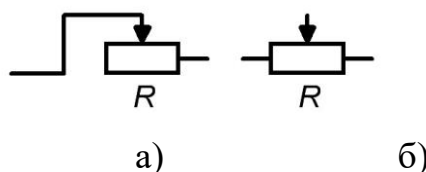


Рис.2.11. Условные графические изображения реостата (а) и потенциометра (б)

Разновидностью переменных резисторов являются подстроечные резисторы. Условное обозначение подстроечного резистора изображено на рис.2.12. У таких резисторов можно регулировать в небольших пределах величину сопротивления (подстраивать) при помощи отвёртки.

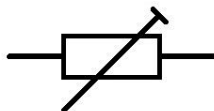


Рис.2.12. Условное графическое обозначение подстроечного резистора

Обозначение подстроечного резистора отличается тем, что вместо знака регулирования использован знак подстроечного регулирования (вместо стрелки на конце линии рисуется короткий штрих).

Нелинейные резисторы

В радиотехнике, электронике, автоматике находят применение нелинейные саморегулирующие резисторы. Они изменяют своё сопротивление под действием внешних электрических и неэлектрических сил по нелинейному закону. К широко используемым нелинейным резисторам относятся терморезисторы, варисторы, фоторезисторы.

У терморезисторов сопротивление изменяется под действием температуры. Токопроводящие элементы таких резисторов изготавливают из полупроводниковых материалов. Зависимость сопротивления терморезисторов от температуры имеет нелинейный характер. Поэтому на схемах их изображают в виде нелинейного резистора со знаком температуры (рис.2.13а).

У варисторов сопротивление изменяется при изменении приложенного к ним напряжения. Существуют варисторы, у которых увеличение напряжения всего в 2-3 раза сопровождается уменьшением сопротивления в несколько десятков раз. На схемах их обозначают в виде нелинейного саморегулирующего резистора с латинской буквой U (напряжение) у излома знака нелинейности (рис.2.13б).

Фоторезисторы – это полупроводниковые резисторы. Они изменяют своё сопротивление под действием света. Фоторезисторы часто применяют в системах автоматики. Условное графическое обозначение фоторезистора состоит из базового символа, помещенного в круг (символ корпуса полупроводникового прибора), и знака фотоэлектрического эффекта – двух наклонных параллельных стрелок (рис.2.13в).

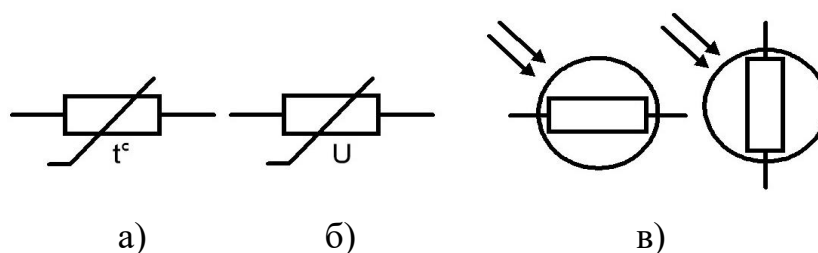


Рис.2.13. Условное графическое обозначение терморезистора (а), варистора (б) и фоторезистора (в)

Примеры обозначения резисторов:

R1-4-0,5-10-1 % - постоянный непроволочный резистор с регистрационным номером 4, номинальная мощность рассеивания 0,5Вт, номинальное сопротивление 10 кОм, допуск ± 1 %.

МЛТ-2-270 5% - металлопленочный лакированный теплостойкий резистор, мощность рассеяния 2 Вт, номинальное сопротивление 270 Ом, допуск ± 5 %.

2.4. Конденсаторы

Общие сведения

Конденсатор – это элемент электрической цепи с сосредоточенной электрической емкостью. Конденсатор представляет собой систему из двух электродов (обкладок), разделенных диэлектриком, и обладает способностью накапливать электрическую энергию. Емкость конденсатора зависит от размеров (площади) обкладок, расстояния между ними и материалов диэлектрика.

Вид диэлектрика определяет основные электрические параметры конденсаторов: сопротивление изоляции, стабильность ёмкости, величину потерь и др.

По характеру защиты от внешних воздействий конденсаторы выполняются: незащищёнными и защищёнными, неизолированными и изолированными, уплотнёнными и герметизированными.

Незащищённые конденсаторы допускают эксплуатацию в условиях повышенной влажности только в составе герметизированной аппаратуры. Защищённые конденсаторы допускают эксплуатацию в аппаратуре любого конструктивного исполнения.

Неизолированные конденсаторы (с покрытием или без) не допускают касания своим корпусом корпуса аппаратуры. Изолированные конденсаторы имеют изоляционное покрытие (пластмассы, компаунды) и допускают такое касание.

Уплотнённые конденсаторы имеют уплотнённую органическими материалами конструкцию корпуса.

Герметизированные конденсаторы исключают возможность контакта окружающей среды с их внутренним пространством.

В зависимости от способа монтажа, конденсаторы могут выполняться для печатного и для навесного монтажа. У конденсаторов для микросхем и микромодулей в качестве выводов могут использоваться части их поверхности (безвыводные конденсаторы).

Конденсаторы могут быть с органическими, неорганическими и газообразными диэлектриками.

Конденсаторы с неорганическим диэлектриком делятся на три группы: низковольтные, высоковольтные и помехоподавляющие. В качестве диэлектрика в них используются керамика, стекло, стеклоэмаль, стеклокерамика и слюда.

Низковольтные конденсаторы могут быть низкочастотными (рабочие частоты до $10^4 - 10^5$ Гц) и высокочастотными (частоты более 10^5 Гц). Они

применяются в резонансных контурах, фильтрах и т.п. Условно напряжение менее 1600 В считается низковольтным, а более 1600 В – высоковольтным .

Высоковольтные конденсаторы также могут быть низкочастотными и высокочастотными. У них в качестве диэлектрика используются керамика и слюда. Такие конденсаторы могут работать при больших напряжениях и повышенных токовых нагрузках.

Помехоподавляющие конденсаторы с керамическим диэлектриком служат для подавления промышленных и высокочастотных помех, создаваемых промышленными и бытовыми приборами, а также атмосферных помех.

Конденсаторы с органическим диэлектриком тоже делятся на низковольтные (до 1600 В) и высоковольтные (свыше 1600 В). В качестве диэлектрика у таких конденсаторов используются конденсаторная бумага, различные плёнки и их комбинации. По назначению конденсаторы также делятся на низкочастотные и высокочастотные.

Конденсаторы с газообразным диэлектриком находят широкое применение в высоковольтной и высокочастотной аппаратуре. В качестве диэлектрика в них используются воздух, сжатый газ (азот, фреон, элегаз), вакуум. Особенностью газообразных диэлектриков является малое значение тангенса угла диэлектрических потерь (до 10^{-5}) и высокая стабильность электрических параметров. В радиоэлектронной аппаратуре наибольшее распространение получили конденсаторы с вакуумным диэлектриком.

За единицу ёмкости в Международной системе СИ принимают ёмкость такого конденсатора, у которого потенциал возрастает на один вольт при сообщении ему заряда один кулон (Кл). Эту единицу называют Фарадой (Ф). Эта единица очень большая, поэтому на практике используют более мелкие единицы ёмкости: микрофараду (мкФ), нанофараду (нФ), пикофараду (пФ). При этом $1\text{Ф}=10^6\text{мкФ}=10^9\text{нФ}=10^{12}\text{пФ}$.

Как и резисторы, конденсаторы могут быть постоянной ёмкости, конденсаторы переменной ёмкости (КПЕ), подстроечные и нелинейные. Наиболее широкое применение имеют конденсаторы постоянной ёмкости.

Конденсаторы постоянной ёмкости. Условное графическое обозначение конденсаторов постоянной ёмкости (рис. 2.14) – две параллельные линии (символизируют две обкладки и диэлектрик между ними).

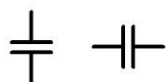


Рис. 2.14. Условное графическое обозначение конденсатора постоянной ёмкости

Согласно ГОСТ 2.702-2011 номинальную ёмкость от 0 пФ до 9999 пФ указывают на схемах в пикофарадах без обозначения единицы измерения. От 10000 пФ до 9999 мкФ – в микрофарадах с обозначением единицы измерения буквами мк (рис.2.15).

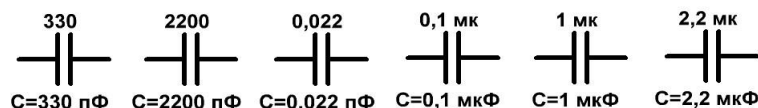


Рис.2.15. Номинальные ёмкости конденсаторов

Номинальная ёмкость конденсатора – ёмкость, которую должен иметь конденсатор в соответствии с нормативной документацией. Фактическая ёмкость каждого конденсатора отличается от номинальной. Но не более чем на допускаемое отклонение.

Номинальную ёмкость и допускаемое отклонение от неё, а иногда и номинальное напряжение указывают на корпусах конденсаторов.

В зависимости от их размеров номинальную ёмкость и допускаемое отклонение указывают в полной или сокращённой (кодированной) форме. Полное обозначение ёмкости состоит из соответствующего числа и единицы измерения. Как и на схемах, ёмкость от 0 пФ до 9999 пФ указывают в пикофарадах (22 пФ, 3300 пФ и т.д.), а от 0,01 до 9999 мкФ – в микрофарадах

(0,047 мкФ, 10 мкФ и т.д.). В сокращённой маркировке единицы измерения ёмкости обозначают буквами П (пикофарад), М (микрофарад) и Н (нанофарад). При этом ёмкость от 0 до 100 пФ обозначают в пикофарадах, помещая букву П либо после числа (если оно целое), либо после запятой (4,7 пФ – 4П7; 8,2 пФ – 8П2; 22 пФ – 22 П и т.д.). Ёмкость от 100 пФ (0,1 нФ) до 0,1 мкФ (100 нФ) обозначают в нанофарадах, а от 0,1 мкФ и выше – в микрофарадах. В этом случае, если ёмкость выражена в долях нанофарады или микрофарады, соответствующую единицу измерения помещают на место нуля и запятой (180 пФ=0,18 нФ – Н18; 0,33 мкФ – М33 и т.д.). Если число состоит из целой части и дроби – на месте запятой (1500 пФ=1,5 нФ – 1Н5; 6,8 мкФ – 6М8 и т.д.). Ёмкости конденсаторов, выраженные целым числом соответствующих единиц измерения, указывают обычным способом (0,01 мкФ – 10 Н; 20 мкФ – 20 М и т.д.). Для указания допустимого отклонения ёмкости от номинального значения используют те же кодированные обозначения, что и для резисторов.

Ниже приведены разные типы конденсаторов, которые выпускались отечественной промышленностью практически до конца XX в.

Конденсаторы постоянной ёмкости могут быть:

- слюдяные (характеризуются высокими электрическими показателями, небольшими размерами);
- керамические (отличаются более высокими электрическими показателями, чем слюдяные);
- стеклокерамические (имеют более высокое рабочее напряжение);
- бумажные (по электрическим показателям уступают слюдяным и керамическим);
- бумажные металлизированные – старое название «металлобумажные» (по размерам меньше бумажных);
- оксидные – старое название «электролитические» (отличаются большой ёмкостью, но имеют довольно большие токи утечки);

- оксидно-танталовые (по своим свойствам выше оксидно-алюминиевых).

К более современным конденсаторам относятся вакуумные, поликарбонатные, полипропиленовые и др.

Из слюдяных конденсаторов можно выделить следующие типы:

- КСО – конденсатор слюдяной, опрессованный;
- КСГ – конденсатор слюдяной, герметизированный;
- СГМ – слюдяной герметизированный, малогабаритный.

Разновидности некоторых керамических и стеклокерамических конденсаторов имеют следующие обозначения:

- КДК – конденсатор дисковый, керамический;
- КТК – конденсатор трубчатый, керамический;
- КДМ – конденсатор дисковый, малогабаритный;
- КДО – конденсатор дисковый, опорный;
- КВКТ – конденсатор высоковольтный, керамический, трубчатый.

К бумажным и бумажным металлизированным конденсаторам, которые широко использовались в радиоаппаратуре ранее, можно отнести следующие:

- КБГ – конденсатор бумажный, герметизированный;
- БГТ – бумажный, герметизированный, термостойкий;
- МБГЦ – металlobумажный, герметизированный в цилиндрическом корпусе.

Отечественной промышленностью выпускались следующие электролитические конденсаторы:

- КЭГ – конденсатор электролитический, герметизированный;
- ЭГЦ – электролитический, герметизированный, цилиндрический;
- ЭТО – электролитический, танталовый, объёмный.

Обозначение конденсаторов с появлением нового ГОСТ несколько изменилось. В соответствии с ГОСТ 11076-69 условное обозначение конденсаторов может быть сокращенным и полным.

Рассмотрим сокращенное обозначение конденсаторов, которое состоит из трех элементов. Первый элемент (одна или две буквы) обозначают подкласс конденсатора: К–конденсатор постоянной ёмкости; КП – конденсатор переменной ёмкости; КТ – конденсатор подстроечный; КН – конденсатор нелинейный. Второй элемент – число, обозначающее группу конденсаторов (керамические на напряжение менее 1600 В имеют группу 10; слюдяные – 31 и 32 (в зависимости от мощности); бумажные 41 и 42 и т.д.). Более подробные сведения приведены в специальных справочниках. Третий элемент – порядковый номер разработки конкретного типа конденсатора. В состав второго и третьего элементов могут входить буквенные обозначения.

Пример. Сокращенное условное обозначение конденсатора К10-8 означает: – конденсатор керамический, напряжение до 1600 В с порядковым номером разработки 8. Полное условное обозначение устанавливают в документе на поставку конденсаторов (здесь не рассматривается).

К75-10-250 В-0,47 мкФ \pm 5 % - конденсатор постоянной ёмкости (К75) с порядковым номером разработки 10, номинальное напряжение 250 В, ёмкостью 0,47 мкФ и допуском отклонением \pm 5 %, всеклиматического исполнения (В).

Проходные конденсаторы. Для защиты от помех, которые могут проникать в радиоаппаратуру через цепи питания и наоборот, а также для различных блокировок используют так называемые проходные конденсаторы. Такой конденсатор имеет три вывода, два из которых представляют собой сплошной тонконесущий стержень, проходящий через корпус конденсатора. Этот стержень является одной из обкладок конденсатора. Третьим выводом служит металлический корпус, с которым соединена вторая обкладка. Корпус проходного конденсатора закрепляют на шасси или экране, а токопроводящий провод (цепь питания) припаивают к его среднему выводу. Благодаря такой конструкции токи высокой частоты замыкаются на шасси или экране устройства, а постоянные токи проходят

беспрепятственно. На высоких частотах применяют керамические проходные конденсаторы, в которых роль одной из обкладок играет сам центральный проводник, а другой – слой металлизации, нанесенный на керамическую трубку. Условное графическое обозначение проходного конденсатора представлено на рис.2.16. Наружную обкладку обозначают в виде короткой дуги (а), либо в виде одного (б) или двух (в) отрезков прямых линий с выводами от середины. Последнее обозначение используют при изображении проходного конденсатора в стенке экрана.

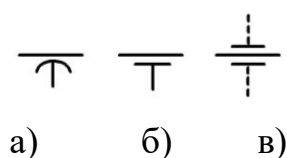


Рис.2.16. Условные графические обозначения проходного конденсатора

Оксидные (электролитические) конденсаторы. Среди большой группы конденсаторов особое место занимают оксидные конденсаторы. Они широко используются в фильтрах источников электропитания, цепях развязки и т.п. Такие конденсаторы обладают большой ёмкостью, измеряемой от десятков до тысяч микрофард, что важно при фильтрации (сглаживании) выпрямленных напряжений. В них роль одной обкладки (анода) играет алюминиевый, танталовый или ниобиевый электрод. Роль диэлектрика – тонкий оксидный слой, нанесённый на электрод. Роль второй обкладки (катода) – специальный электролит, выводом которого часто служит металлический корпус конденсатора. В отличие от других, большинство типов оксидных конденсаторов полярны, т.е. требуют для нормальной работы соблюдать полярность при их подключении. Следовательно, включать такие конденсаторы можно только в цепях постоянного или пульсирующего напряжения и только в той полярности, которая указана на корпусе (катод – к минусу, анод – к плюсу). При несоблюдении этого условия конденсатор может выйти из строя и даже взорваться.

Полярность включения оксидного конденсатора показывают на схемах знаком «+», который изображается у той обкладки, которая символизирует анод (рис.2.17а). Это общее обозначение поляризованного конденсатора. Наряду с этим специально для оксидных конденсаторов ГОСТ 2.728-74 установил символ, в котором положительная обкладка изображается узким прямоугольником (рис.2.17б). В этом случае знак «+» можно не указывать.

На принципиальных схемах устройств можно встретить обозначение оксидного конденсатора в виде двух узких прямоугольников (рис.2.17в). Это символ неполярного оксидного конденсатора, который может работать в цепях переменного тока (у такого конденсатора полярность подключения не имеет значения).

Оксидные конденсаторы очень чувствительны к перенапряжениям. Поэтому на схемах часто указывают не только их номинальную ёмкость, но и номинальное напряжение.

С целью уменьшения размеров в один корпус иногда заключают два конденсатора, но выводов делают только три (один – общий). Условные обозначения сдвоенного и разнесённого конденсаторов приведены на рис.2.17г.

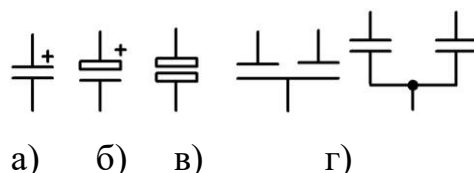


Рис.2.17. Условные графические изображения оксидных конденсаторов

Конденсаторы переменной ёмкости (КПЕ). Конденсаторы переменной ёмкости используются в приёмных, передающих устройствах и контрольно-измерительной технике. КПЕ состоит из двух групп металлических пластин, одна из которых может плавно перемещаться по отношению к другой. При этом движении пластины подвижной части обычно вводятся в зазоры между пластинами неподвижной части. В результате изменяется площадь перекрытия одних пластин другими, а, следовательно, изменяется и ёмкость

конденсатора. Диэлектриком в КПЕ служит воздух или плёнки из износостойких диэлектриков (фторопласта, полиэтилена и т.п.). Основным параметром КПЕ является минимальная и максимальная ёмкость, которые обычно указывают на схеме рядом с символом переменного конденсатора (рис.2.18). Подвижная пластина конденсатора обозначается в виде дуги.

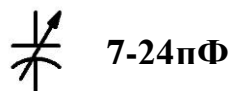


Рис.2.18. Условное графическое обозначение КПЕ

В радиовещательных приемниках бытового назначения ёмкость КПЕ изменяется в пределах от единиц (диапазон ультракоротких волн) до сотен (диапазон длинных волн) пкФ.

Подстроечные конденсаторы. Служат для плавного изменения ёмкости в небольших пределах (от единицы до десятков пикофарад), что позволяет более точно настроить колебательный контур на нужную частоту. В процессе функционирования аппаратуры установленная ёмкость не меняется. Оси таких конденсаторов (обычно коротких) имеют шлиц, поэтому для регулирования ёмкости используется отвёртка. В качестве подстроечных конденсаторов в основном используют дисковые и цилиндрические керамические конденсаторы с твёрдым диэлектриком. Конструктивно конденсатор состоит из неподвижного керамического основания и подвижного закрепленного на нем керамического диска. Условное графическое обозначение подстроечного конденсатора приведено на рис.2.19.

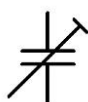


Рис.2.19. Условное графическое обозначение подстроечного конденсатора

Нелинейные конденсаторы. Такие конденсаторы изменяют по нелинейному закону свою ёмкость под воздействием внешних сил. Используя в качестве диэлектрика специальную керамику, диэлектрическая проницаемость которой сильно зависит от напряженности электрического поля, можно получить конденсатор, ёмкость которого зависит от напряжения на его обкладках. Такие конденсаторы получили название варикондов. При изменении напряжения на обкладках конденсатора от нескольких вольт до номинальной ёмкость вариконда изменяется в несколько раз. Вариконды находят применение в автоматике для настройки колебательных контуров и т.д. Условное графическое обозначение вариконда приведено на рис.2.20а. Знак нелинейного регулирования латинская буква U.

К нелинейным конденсаторам относятся и термоконденсаторы. Они обладают малым весом, широко применяются в кварцевых генераторах электронных наручных часов. Например, термоконденсатор КН2-2 имеет массу 0,1 г. Условное графическое обозначение его приведено на рис.2.20б. Фактор, изменяющий ёмкость такого конденсатора – температура среды – обозначают t° .

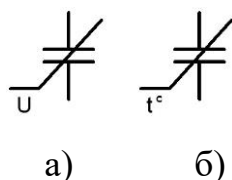


Рис.2.20. Условные графические обозначения вариконда (а) и термоконденсатора (б)

2.5. Катушки индуктивности, дроссели и трансформаторы

Катушка индуктивности – это катушка из провода с изолированными витками. Обладает значительной индуктивностью при относительно малой ёмкости и малом активном сопротивлении. В цепях переменного тока катушка индуктивности ведет себя как резистор, сопротивление которого растёт с увеличением частоты.

Индуктивность измеряют в генри (Гн), миллигенри ($1\text{мГн}=10^{-3}\text{Гн}$), микрогенри ($1\text{мкГн}=10^{-6}\text{Гн}$) и наногенри ($1\text{нГн}=10^{-9}\text{Гн}$). В соответствии с ГОСТ 2.723-68 катушку индуктивности изображают в виде четырёх полуокружностей (рис.2.21), но допускается и три.

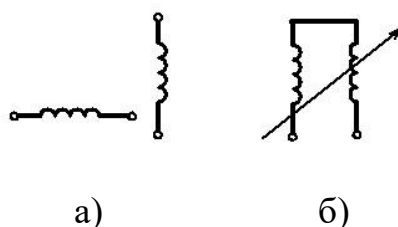


Рис.2.21. Условные графические обозначения катушки индуктивности (а) и вариометра (б)

Индуктивность катушек, используемых в колебательных контурах радиоприёмников, в зависимости от диапазона частот, составляет от долей микрогенри (диапазон ультракоротких волн) до нескольких миллигенри (диапазон длинных волн).

Вариометр. Для настройки колебательного контура в широком частотном диапазоне используют катушки с регулируемой индуктивностью. Часть витков такой катушки наматывают на каркас большого диаметра, а другую – на каркас меньшего диаметра. Малую катушку помещают внутрь большой и закрепляют на валике, ось которого перпендикулярна оси большой катушки, а выводы обмоток соединяют последовательно. При повороте валика взаимное влияние катушек изменяется, а в результате изменяется и индуктивность. Такое устройство называется вариометром, а его условное графическое обозначение приведено на рис.2.21б. Вариометр характеризуется плавным изменением индуктивности, причём её величина может изменяться в 4-5 раз.

Катушка с магнитопроводом (дроссель). Для увеличения индуктивности и одновременно уменьшения габаритов катушек используют магнитопровод – сердечник из высокочастотных ферромагнитных материалов. Такую катушку с сердечником часто называют дресселем. Дрессель – это катушка

индуктивности, обладающая большим сопротивлением переменному току и малым сопротивлением постоянному току. Применяется для подавления помех, сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения, развязки по высокой частоте разных частей схемы и накопления энергии в магнитном поле сердечника. Дроссели (катушка с магнитопроводом) включаются последовательно с нагрузкой для ограничения переменного тока в цепи.

Для сетей питания с частотами 50-60 Гц, 400 Гц сердечники выполняются из трансформаторной стали. На более высоких частотах применяются сердечники из феррита или пермаллоя.

При внесении в катушку магнитопровода силовые линии магнитного поля концентрируются в магнитопроводе, так как его сопротивление магнитному потоку значительно меньше, чем воздуха. В результате магнитный поток, а следовательно, и индуктивность катушки увеличивается в несколько раз. Это позволяет уменьшить число витков, а значит, и сопротивление катушки переменному току. Кроме того, при перемещении магнитопровода можно регулировать величину индуктивности. Следует заметить, что катушка с магнитопроводом становится нелинейным элементом.

Обычно катушки с магнитопроводами работают в цепях переменного тока, поэтому применять сплошные магнитопроводы из магнитных материалов нельзя. Как известно из курса физики, под действием переменного магнитного поля в сплошном магнитопроводе, который можно рассматривать как множество короткозамкнутых витков, возникают вихревые токи (токи Фуко). Эти токи нагревают магнитопровод (они оказывают размагничивающее действие на сердечник), бесполезно потребляя часть энергии магнитного поля. Тем самым снижается коэффициент полезного действия устройства. Чтобы уменьшить потери от вихревых токов, магнитопроводы катушек, работающих в диапазоне десятки-сотни герц, набирают из отдельных тонких изолированных пластин (для 50 Гц толщина

пластин 0,35-0,5 мм; для 400 Гц – 0,1-0,35 мм), изготовленных из трансформаторных (электротехнических) сталей.

В области более высоких частот потери от вихревых токов столь значительны, что магнитопроводы, набранные даже из очень тонких листов, становятся неэффективными. Выходом являются магнитопроводы, изготовленные из специальных материалов: магнитодиэлектриков и ферритов. Магнитодиэлектрики – это ферромагнитные порошки (пермаллой, алсифер и др.), смешанные с диэлектриками (смола, пластмасса и др.) и спрессованные при высокой температуре в монолитную массу. Имеют малые потери на вихревые токи.

Ферриты представляют собой твёрдые растворы окислов металлов или их солей, прошедших специальную термическую обработку (обжиг). При этом получается полупроводниковая керамика, обладающая очень хорошими магнитными свойствами и малыми потерями даже на очень высоких частотах.

Ранее магнитопроводы из магнитодиэлектриков и ферритов обозначались на схемах одинаково – утолщенной штриховой линией (рис.2.22а). Стандарт ЕСКД оставил этот символ для магнитопроводов из магнитодиэлектрика. Для ферритов ввёл обозначение, как и для магнитопроводов из трансформаторных сталей – сплошную жирную линию (рис.2.22б). Согласно последнему изменению ГОСТ 2.723-68 (декабрь 2017 г.) все магнитопроводы катушек изображают линиями нормальной толщины (рис.2.22в).



Рис.2.22. Условные графические обозначения катушек индуктивности с магнитопроводами согласно разным ГОСТ: а – обозначение магнитопроводов из магнитодиэлектриков и ферритов; б – из ферритов и трансформаторных сталей; в – современное обозначение всех

магнитопроводов; γ – индуктивность катушки можно изменять с помощью магнитопровода.

Если надо показать на схеме, что индуктивность катушки можно изменять с помощью магнитопровода, то вводят знак подстроечного регулирования (рис.2.22г).

Соленоид – это однослойная катушка индуктивности цилиндрической формы, витки которой намотаны вплотную, а длина значительно больше диаметра катушки. За счёт такой конструкции внутри катушки создаётся относительно равномерное магнитное поле. Соленоиды часто применяют в автоматике, силовой электрике в качестве электромагнитов. Соленоид при питании постоянным током по своему действию равносителен постоянному магниту, при питании переменным током – создаёт переменное магнитное поле.

Трансформатор – это статическое (т.е. без движущихся частей) электромагнитное устройство, в котором переменный ток одного напряжения преобразуется в переменный ток той же частоты, но другого напряжения. Трансформатор имеет не менее двух катушек индуктивности (обмоток), связанных между собой посредством общего магнитного потока. Обмотки трансформатора изолированы друг от друга (исключением является автотрансформатор). Для усиления магнитной связи обмотки обычно размещаются на магнитопроводе, собранном из листов электротехнической стали. Магнитопровод из такой стали отсутствует лишь в воздушных трансформаторах, работающих на частотах более 15-20 кГц. На схемах обмотки трансформаторов обозначают как и катушки индуктивности «L». Обмотка трансформатора, соединённая с источником питания, называется первичной. Обмотки трансформатора, с которых снимается напряжение, называются вторичными. Так как в трансформаторах используется не менее двух индуктивно-связанных катушек, то иногда важно знать способ подключения (начало и конец обмотки). Это особенно важно в схемах, где используются импульсные сигналы. В зависимости от способа подключения

рассматривают согласное и встречное включение катушек, что влияет на величину и фазу результирующего напряжения, снимаемого с выходных обмоток трансформатора. На схемах, где это важно, начало подключения обмоток показывают жирными точками (рис.2.23а). На этом рисунке показан трансформатор без магнитопровода. Если магнитопровод общий для всех обмоток и способ подключения обмоток не имеет значения, то трансформатор изображают как на рис.2.23б. Возможность подстройки индуктивности показывают знаком подстроечного регулирования (рис.2.23в).

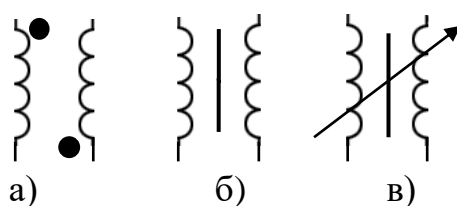


Рис. 2.23. Условные графические обозначения трансформатора в зависимости от способа включения обмотки (а); с общим магнитопроводом (б); с регулируемой индуктивностью (в)

В трансформаторах промышленной частоты (50, 60 Гц) применяют стержневые, броневого и тороидальные (кольцевые) магнитопроводы. Магнитопровод броневого трансформатора выполняется либо из Ш-образных пластин (рис. 2.24а), либо из двух ленточных колец (рис. 2.24б).

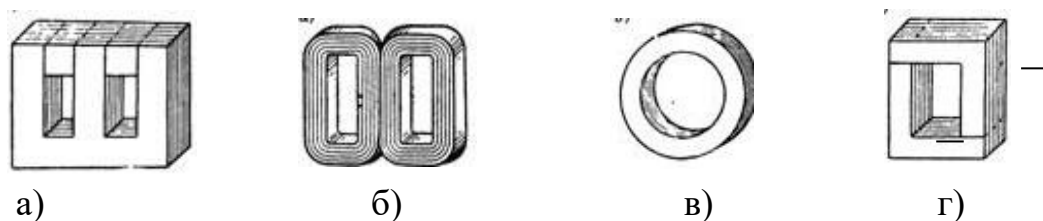


Рис. 2.24. Конструкции сердечников трансформаторов: Ш-образный из пластин (а); из ленточных колец (б); прессованный (в) или стержневой (г)

Обмотки трансформатора располагаются на стержне, т.е. внутри магнитопровода. Этим обеспечивается защита обмоток от механических повреждений.

Магнитопровод стержневого сердечника выполняют из П-образных пластин (рис.2.24г) либо из одного ленточного кольца (рис.2.24в). В этих

трансформаторах катушки располагаются на обоих стержнях. При этом на каждом стержне помещается половина витков первичной и половина витков вторичной обмоток. Они соединяются между собой последовательно так, чтобы намагничивающие силы этих полуобмоток совпадали по направлению. Стержневые трансформаторы менее чувствительны к внешним магнитным полям. Недостатком их является наличие двух катушек.

Автотрансформаторы. Разновидностью трансформаторов являются автотрансформаторы, которые также применяют для преобразования напряжений и токов. Автотрансформатор отличается от трансформатора тем, что имеет только одну обмотку с одним или несколькими отводами. Выходное напряжение снимается с одного из концов обмотки и соответствующего вывода. На схемах автотрансформаторы обозначаются как и катушки индуктивности с отводами (рис.2.25а). Возможность плавного регулирования снимаемого с автотрансформатора напряжения показывают знаком регулирования (рис.2.25б).

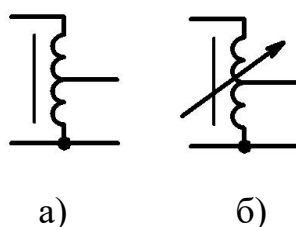


Рис.2.25. Условные графические обозначения нерегулируемого автотрансформатора (а) и регулируемого (б).

В системе обозначения трансформаторов и автотрансформаторов различного назначения применяется буква Т – трансформатор. Остальные элементы обозначения специфические.

Система обозначения трансформаторов питания включает следующие элементы: первый – буква Т (трансформатор); второй – буква или две буквы – свидетельствует о назначении трансформатора (А – питание анодных цепей, Н – накальных цепей, АН – анодно-накальных цепей, ПП – для питания устройств на полупроводниках, С – силовой для питания бытовой

аппаратуры); третий – число (указывает порядковый номер разработки); четвертый – число (номинальное напряжение питания); пятый – число (рабочая частота); шестой – буква или сочетание букв – вид исполнения (В – всеклиматического исполнения, ТС и ТВ – тропического исполнения с сухим и влажным воздухом соответственно, УХЛ – для районов с умеренным и холодным климатом).

Пример: ТА5-127/220-50-В: это трансформатор (Т), для питания анодных цепей (А), разработка номер 5 (5), на напряжение 127 и 220 В, частоты 50 Гц, всеклиматического исполнения (В).

2.6 .Коммутационные устройства

Коммутационные устройства (КУ) предназначены для замыкания и размыкания электрической цепи за счёт изменения электрического сопротивления контактов. В замкнутом состоянии контакты имеют очень малое сопротивление (близкое к нулю), в разомкнутом – большое (десятки - сотни Мом).

КУ применяются в устройствах автоматики и телемеханики, сигнализации, контроля и защиты, в системах связи и передачи информации, распределения энергии и т.д.

КУ делятся на два типа: с магнитным (электромагнитным) и механическим управлением.

К КУ с магнитным управлением относятся электромагнитные реле и магнитоуправляемые герметические контакты (герконы).

К КУ с механическим управлением относятся выключатели, микропереключатели, соединители, кнопки и т.д.

Основными параметрами КУ являются: чувствительность (минимальная величина воздействия, при которой срабатывает КУ), время срабатывания, электрическое сопротивление контактов, масса и т.д.

Рассмотрим основные типы КУ, применяемые для коммутации различных электрических цепей.

Выключатели используют для соединения и разъединения электрических цепей. У них два рабочих положения: «включено» и «выключено». Замыкающий контакт изображают на схемах в виде наклонной линии в разрыве линии электрической цепи (рис.2.26а). В отличие от замыкающего контакта, который всегда показывают в рабочем разомкнутом положении, размыкающий контакт изображают в замкнутом положении (рис.2.26б). Причем ГОСТ 2.755-87 устанавливает три равноправных символа для размыкающего и замыкающего контактов.

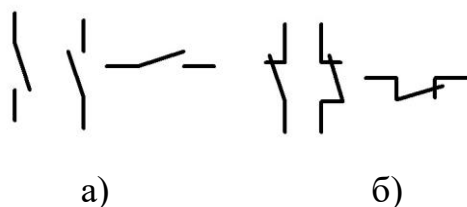


Рис.2.26. Условные графические изображения выключателей замыкающих контактов (а) и размыкающих контактов (б)

Сложные выключатели могут содержать несколько замыкающих и размыкающих контактов или их комбинации. При изображении такого выключателя линии, обозначающие подвижные контакты, изображают параллельно одна другой и соединяют символом механической связи – двумя сплошными линиями. На рис.2.27а изображены два замыкающих контакта выключателя. Ими можно одновременно замкнуть две разные электрические цепи. С помощью второго выключателя, изображенного на рис.2.27б, можно одну цепь замкнуть (верхние линии) и одновременно вторую разомкнуть (нижние линии).

Если контактные группы сложного выключателя находятся в разных частях схемы, каждый из символов подвижных контактов обозначают отрезком штриховой линии механической связи. Принадлежность к одному

выключателю указывают в позиционном обозначении (на рис.2.27в контактные группы SA1.1, SA1.2 и SA1.3 принадлежат выключателю SA1).

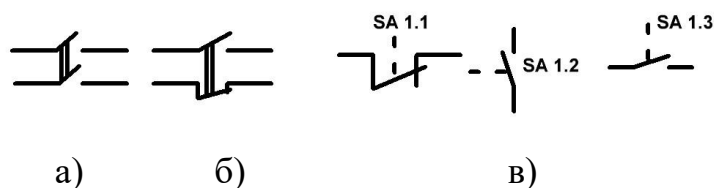


Рис.2.27. Условные графические обозначения сложных выключателей: два замыкающих контакта (а); один контакт замыкающий, другой размыкающий (б); три контакта одного выключателя изображены в разных местах схемы (в)

Есть выключатели, у которых контакты не фиксируются, т.е. после устранения действующей на них силы контакты возвращаются в исходное состояние (замкнутое или разомкнутое). Если контакт не фиксируется в замкнутом положении, на конце неподвижного контакта изображают небольшой треугольник, вершина которого как бы отталкивает символ подвижного контакта (рис.2.28а). Подобным образом обозначают и размыкающий контакт, если он не фиксируется в разомкнутом положении (рис.2.28б).

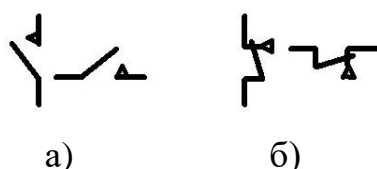


Рис.2.28. Условные графические изображения нефиксирующих контактов: не фиксируются при замыкании (а) и размыкании (б)

Переключатели – это устройства, коммутирующие одну или несколько электрических цепей. Условное графическое обозначение переключающего контакта состоит из комбинации символов замыкающего и размыкающего контактов (рис.2.29а). При этом необходимо иметь в виду, что подвижный контакт фиксируется в обоих крайних положениях.

Символ подвижного контакта переключателя с фиксацией не только в крайних, но и в среднем (нейтральном) положении изображают между обозначениями неподвижных контактов (на равном расстоянии от них) и

выделяют жирной точкой (рис.2.29б). Если надо показать контакт с фиксацией в нейтральном и одном из крайних положений или без фиксации в крайних положениях, один или оба символа неподвижных контактов обозначают треугольниками (рис.2.29в).

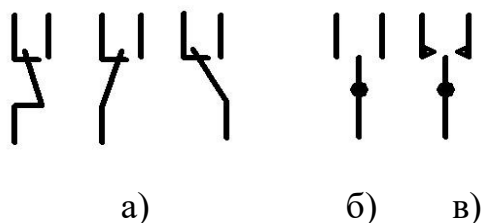


Рис.2.29. Условные графические обозначения переключателей: контакт фиксируется в обоих крайних положениях (а); контакт фиксируется в крайних и среднем положении (б); контакт фиксируется в среднем положении без фиксации в крайних положениях (в)

Сложные переключатели могут коммутировать несколько независимых цепей. Конструкция таких переключателей может быть самой разнообразной. Например, в радиоаппаратуре часто применяются переключатели с неподвижной и подвижной частями. На неподвижной части закреплены неподвижные контакты, часть из которых (от одной до четырёх) длиннее остальных. На подвижной части может быть такое же количество контактов в форме кольца или сектора с выступами. Удлинённые неподвижные контакты постоянно соединены с подвижными контактами, остальные соединяются с ними при переводе подвижной части из одного положения в другое.

На схемах такие переключатели изображают, как показано на рис.2.30а. Символ в виде длинной горизонтальной линии с изломом на левом конце – это вывод подвижного контакта. Короткая линия, которая перечёркивает эту длинную линию – подвижный контакт. Неподвижные контакты расположены напротив длинной линии в виде коротких отрезков. Их количество равно числу положений переключателя (на данном рисунке их 11). Если переключатель имеет несколько направлений, число таких контактных групп соответственно увеличивают, изображая их одну под другой (рис.2.30б) или рядом (рис.2.30в).

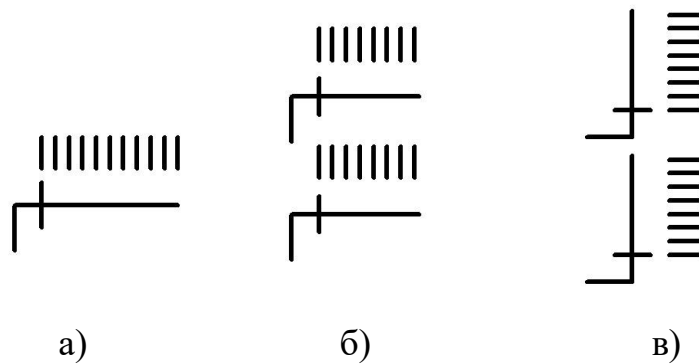


Рис.2.30. Условные графические изображения сложных переключателей: переключатель на одно направление (а); переключатель на два направления (б и в – каждое направление на восемь положений)

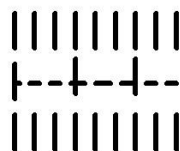


Рис. 2.31. Условное графическое изображение сложного переключателя

Среди сложных переключателей есть и такие, у которых подвижные контакты представляют собой тонкие валики, соединяющие концами пары неподвижных контактов каждый в своей группе. Условное изображение такого переключателя приведено на рис.2.31. Здесь символ подвижного контакта – короткая чёрточка – изображён между символами неподвижных контактов.

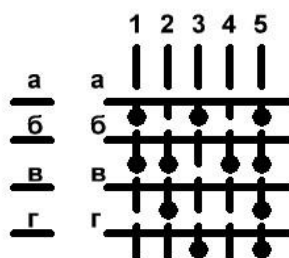


Рис. 2.32. Сложный переключатель на 5 положений

В силовой электронике используется и другой тип переключателей, с другим принципом действия (рис.2.32). Этот переключатель имеет пять положений, но соединяет цепи а-а, б-б, и т.д. В первом положении

переключатель замыкает контакты а-а, б-б (жирные точки символизируют соединение этих контактов). Во втором - замыкаются цепи б-б, в-в; в третьем а-а, г-г; в четвёртом – б-б и в пятом – все четыре цепи.

В современной радиоаппаратуре широко используются разновидности выключателей и переключателей в миниатюре – микропереключатели. Они используются в качестве исполнительных устройств дистанционного управления как концевые выключатели, отключая поступательно движущиеся или поворотные механизмы в конце их хода или поворота (например, при автоматическом закрывании или открывании ворот).

Отличительная особенность микропереключателей – быстрое переключение контактов.

Система обозначения микропереключателей включает следующие элементы:

- 1) буква – указывает схему коммутации (П – переключатель, В – выключатель);
- 2) буква М (означает «микро» исполнение);
- 3) две буквы – обозначают тип контакта или конструкцию (МК – с магнитоуправляемым контактом, МГ - малогабаритный);
- 4) число – порядковый номер разработки;
- 5) число – указывает номер типономинала данной разработки;
- 6) буква В (если есть)– всеклиматическое исполнение (как и для трансформаторов).

Пример обозначения: ПМ2-1В – микропереключатель, порядковый номер разработки 2, номер типономинала 1, всеклиматическое исполнение.

Микропереключатели ранних выпусков имели два элемента обозначения, две буквы - МП.

Геркон (магнитоуправляемый контакт) – электромеханическое устройство, состоящее из двух ферромагнитных контактов, запаянных в герметичную стеклянную колбу. При поднесении к геркону постоянного

магнита или включении электромагнита, контакты замыкаются. Время срабатывания геркона не более 2 мс, а максимальное число срабатывания очень большое – до 10^9 .

В процессе эксплуатации герконы дополнительной настройки и регулировки применяются как датчики положения, концевые выключатели, охранные датчики (датчики открывания дверей), в подводном оборудовании (фонари для дайвинга, подводной охоты) и т.д. Однако в последние годы наблюдается тенденция на замену герконов датчиками Холла (полупроводниковым контактом).

Условное обозначение герконов включает шесть элементов:

1. Система букв определяет условное наименование геркона (МК – магнитоуправляемый контакт герметизированный; КЭМ – контакт электромагнитный; КМГ – магнитоуправляемый контакт для коммутации больших токов (более 5 А)).

2. Указывает на систему коммутации геркона (А – замыкающий; В – размыкающий; С – перекидной; Д – переходной).

3. Буква Р (присутствует только в ртутных герконах).

4. Двухзначное число показывает длину баллона в миллиметрах.

5. Указывает на функциональное назначение геркона (1 – малой и средней мощности, 2 – повышенной мощности, 3 – мощные, 4 – высоковольтные, 5 – высокочастотные, 6 – с памятью, 7 – специальные, 8 – измерительные). Герконы, характеризующиеся одним признаком, обозначаются цифрой, после которой добавляется ноль.

6. Последний элемент обозначения – порядковый номер разработки.

Пример: МКА – 20101 – геркон герметизированный замыкающий, длина баллона 20 мм, малой и средней мощности, порядковый номер разработки 1.

Реле – это автоматический прибор, замыкающий или размыкающий электрические цепи под воздействием внешних сил (например, при воздействии на него постоянного или переменного напряжения). Различают

электромагнитные, механические и тепловые реле. Ниже рассмотрим только электромагнитные.

Электромагнитное реле включает электромагнит, а также одну или несколько контактных групп, которые управляются связанным с якорем электромагнита приводным устройством. По окончании действия внешних сил (отключение управляющего воздействия, например, тока) приводное устройство и контакты возвращаются в исходное положение. Следовательно, у контактов реле только два положения – замкнутое (есть электрическая цепь) и разомкнутое (цепь разорвана).

Контакты реле обозначают теми же символами, что и в условных обозначениях выключателей или переключателей. Обмотку электромагнита обозначают в виде прямоугольника с выводами от длинных сторон (через них протекает ток при включении реле). Контакты реле располагают напротив одной из узких сторон символа обмотки. Тот факт, что эти контакты управляются обмоткой реле, обозначают пунктирные линии, связывающие контакты с электромагнитом (рис.2.33а). Выводы обмоток можно располагать с одной стороны (рис.2.33б), а символы контактов - в разных частях схемы, рядом с коммутируемыми элементами. Принадлежность контактов к реле указывают в позиционном обозначении (рис.2.33в, контактные группы К1.1 и К1.2).

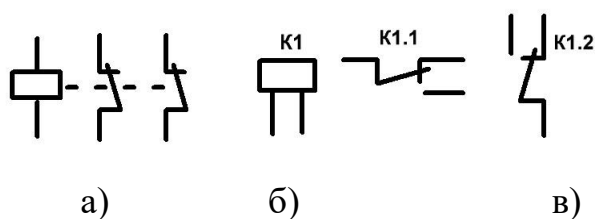


Рис.2.33. Условные графические обозначения реле: обмотка реле с контактами (а), обмотка реле (б) с разнесенными контактами (в)

В схемах встречаются поляризованные электромагнитные реле (чувствительны к направлению тока в обмотке). Их обозначают на схемах буквой Р, которая вписывается в символ обмотки реле (рис.2.34а). Точки возле вывода обмотки и контакта реле обозначают, что контакт с точкой

замыкается, если подаётся положительный сигнал на вывод обмотки, помеченный точкой. Если надо показать, что контакты поляризованного реле остаются замкнутыми и после снятия напряжения, то на символе замыкающего или размыкающего контакта рисуют небольшой кружок (рис.2.34б).

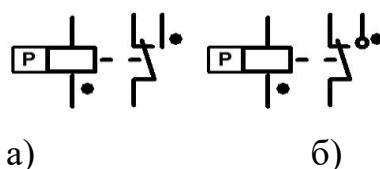


Рис.2.34. Условные графические обозначения поляризованного реле: контакты замыкаются только при подаче положительного напряжения на вывод обмотки, помеченный точкой (а), контакт реле остаётся замкнутым и после снятия напряжения с обмотки (б)

Соединители. Большую группу коммутационных изделий образуют всевозможные соединители. Наиболее широко используют так называемые штепсельные разъёмы (разъёмные соединители).

Штырь (штепсель) такого соединения обозначают стрелкой с углом раскрытия 90° (рис.2.35а), а гнездо – «рогаткой» (рис.2.35б). Гнездо называют и розеткой.

Высокочастотные (коаксиальные) соединители обозначают, как показано на рис.2.35в. Следует обратить внимание, что касательная к кружку параллельна линии электрической связи, направленной в сторону стрелки или рогатки. Если гнездо коаксиального кабеля соединено и с другими элементами, касательную продлевают и в другую сторону (рис.2.35г).

Соединение оплётки коаксиального кабеля с корпусом устройства показывают линией от касательной к потенциалу Земля (корпус) как показано на рис.2.35д.

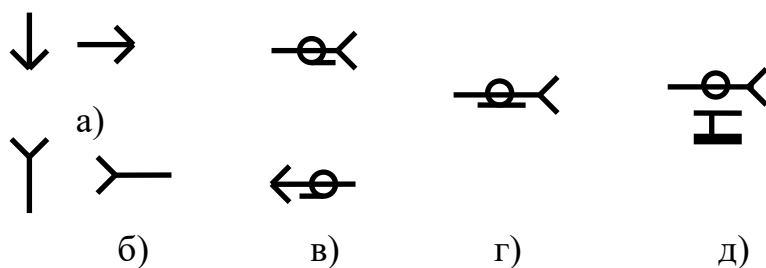


Рис.2.35. Условные графические обозначения: штепсельный разъём: штырь (а) и гнездо (б); коаксиальный кабель: соединение со стороны рогатки и стрелки (в); соединение с гнездом и другими элементами (г); соединение оплетки с корпусом устройства (д)

Разъёмные соединители обычно содержат несколько штырей и гнёзд. Принадлежность их к многоконтактному соединителю показывают на схемах линией механической связи и нумерацией в соответствии с нумерацией контактов на самих соединениях (рис.2.36а). При изображении штырей и гнёзд в разных местах схемы им присваивают позиционные обозначения, состоящие из позиционного обозначения многоконтактного соединителя и их порядкового номера (рис.2.36б: штыри ХР1.1, ХР1.2 и ХР1.3 принадлежат вилке ХР1). Для упрощения графических работ допускается заменять обозначение контактов розеток и вилок многоконтактных соединителей небольшими пронумерованными прямоугольниками с соответствующими символами (гнёзда или штыри) над ними (рис.2.36в).

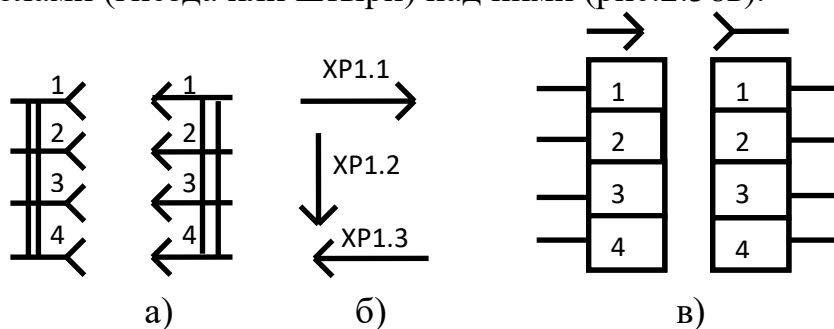


Рис.2.36. Условные графические обозначения многоконтактных соединителей: четырёхконтактный соединитель (а), соединение трёх штырей в разных концах схемы (б), упрощённое обозначение соединителя (в)

2.7. Полупроводниковые приборы

Полупроводниковые приборы изготавливаются на основе полупроводниковых материалов. Полупроводник – материал, который по своей удельной проводимости (это величина, характеризующая электропроводность вещества) занимает промежуточное место между проводниками и диэлектриками (изоляторами).

Удельное сопротивление нихрома (один из самых плохих проводников) составляет примерно 0,0001 Ом/см, а серебра – в сто раз меньше. Удельное сопротивление бумаги (один из самых плохих диэлектриков) составляет примерно 10^9 Ом/см, а фарфора (один из самых лучших изоляторов) – в миллион раз больше.

Удельное сопротивление полупроводников составляет от 10^{-3} до 10^{10} Ом/см. Для изготовления полупроводниковых приборов наиболее широко используются простые полупроводниковые вещества – германий, кремний, селен и сложные полупроводниковые материалы – арсенид галлия, фосфид галлия и др. Удельное сопротивление германия – примерно 50 Ом/см, а у кремния 10^6 Ом/см.

Полупроводниковые приборы можно получить, если использовать очень чистые полупроводники, без примесей. Допускается всего один атом примеси на 10^9 атомов основного вещества. Чем меньше атомов примеси, тем выше качество полупроводникового прибора.

В чистых полупроводниках концентрация носителей зарядосвободных электронов и дырок (свободные положительные заряды) составляет всего 10^{16} - 10^{18} на 1 см^3 вещества. Для снижения удельного сопротивления полупроводника и придания ему определенного типа проводимости (электронной или дырочной) в чистые полупроводники добавляют определённые примеси. Такой процесс называется легированием. Для получения электронной проводимости в полупроводник (например, кремний или германий: у них на внешней орбите 4 электрона) вводят так называемые донорные вещества. Например, мышьяк, фосфор, у атомов которых на

внешней орбите пять электронов. Следовательно, один электрон оказывается свободным. Германий (кремний) превратится в полупроводник с электронной проводимостью, т.е. с преобладанием свободных электронов (они являются переносчиками зарядов).

Для получения дырочной проводимости в тот же полупроводник вводят так называемые акцепторные вещества. Например, индий, бор, у атомов которых на внешней орбите три электрона. Следовательно, для заполнения внешней орбиты не хватает одного электрона. Германий (кремний) превратится в полупроводник с дырочной проводимостью. В качестве переносчиков зарядов будут атомы с утраченными электронами.

Примеси вводят в небольших количествах – примерно один атом примеси на 10^5 - 10^6 атомов полупроводника.

Полупроводники с электронной проводимостью являются полупроводниками типа «n» (отрицательные электроны являются переносчиками заряда). Полупроводники с дырочной проводимостью - типа «р» (положительные заряды).

Контакт полупроводников с разными типами примесей называют р-п переходом. Основным свойством р-п перехода является его односторонняя проводимость. Это свойство используется в простейших полупроводниковых приборах – диодах. Фактически, полупроводниковый диод – это один кристалл, в одну часть которого введена донорная примесь, а в другую - акцепторная.

Диоды применяются в качестве выпрямителей переменного тока, для выделения огибающей высокочастотного сигнала, ограничения напряжения и т.д.

Полупроводниковые диоды обозначаются, как показано на рис.2.37а. Вершина треугольника называется анодом (плюс), черта, перпендикулярная данной линии – катод (минус). Если на анод диода подать положительное напряжение, а на катод – отрицательное, то сопротивление диода очень маленькое. Если изменить полярность на 180° , сопротивление диода будет

большим. Это свойство диода используется в выпрямителях. В радиоаппаратуре обычно используют выпрямительные мосты, не менее четырёх специально соединённых диодов (рис.2.37б). Мосты, конструктивно объединённые в одном корпусе, изображают отдельно. Принадлежность к изделию определяется позиционным обозначением (рис.2.37в, DV1.1, DV1.2).

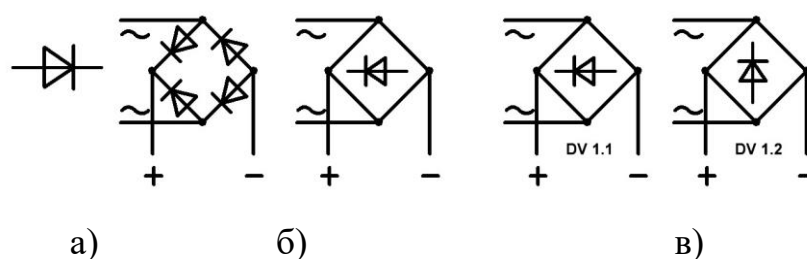


Рис.2.37. Условные графические обозначения: диода (а); одного выпрямительного столба (б); в одном корпусе два носителя (в)

Применяются полупроводниковые диоды и специальные: туннельные диоды, обращенные, стабилитроны, варикапы.

Туннельные диоды имеют сложную вольт-амперную характеристику с падающим участком, что соответствует отрицательному сопротивлению. Это свойство позволяет использовать диод как генератор и усилитель высокой частоты, а также как переключающее устройство. Условное графическое обозначение туннельного диода приведено на рис.2.38а.

Обращённые диоды являются разновидностью туннельных диодов. Применяются в смесителях, быстродействующих импульсных устройствах. Условное графическое обозначение показано на рис.2.38б.

Стабилитроны широко используются в радиотехнике, автоматике. Стабилитрон – это полупроводниковый прибор, напряжение на котором при изменении (в определённых пределах) протекающего в нём тока практически не изменяется. Основное назначение стабилитрона – стабилизация постоянного напряжения источников питания, используются они и как

источники опорного напряжения. Условное графическое обозначение стабилитрона показано на рис.2.38в.

Варикапы обладают свойствами конденсатора. Варикап – полупроводниковый диод, работа которого основана на зависимости так называемой барьерной ёмкости р-п перехода от обратного напряжения (на аноде диода минус, на катоде – плюс). При изменении напряжения, приложенного к р-п переходу, изменяется ёмкость между слоями полупроводника. Варикапы применяют для настройки колебательных контуров, деления и умножения частоты, частотной модуляции и др. Условное графическое обозначение варикапа приведено на рис.2.38г.

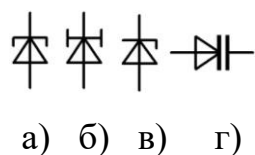


Рис.2.38. Условные графические обозначения полупроводниковых приборов: туннельный диод (а); обращённый диод (б); стабилитрон (в); варикап (г)

Тиристоры – это полупроводниковые приборы, выполненные на основе монокристалла полупроводника с тремя и более р-п переходами. Имеет два устойчивых состояния: закрытое состояние, т.е. состояние низкой проводимости, и открытое, т.е. состояние высокой проводимости. Тиристор можно рассматривать как электронный выключатель (ключ).

Тиристоры применяются для управления мощной нагрузкой с помощью слабых сигналов, как переключающие устройства в генераторах и т.д.

Тиристоры делятся на три группы: динисторы, тринисторы и симисторы, на схемах обозначаются по-разному.

Динистр (диодный тиристор) – это тиристор с односторонней проводимостью, имеет только два вывода (как диод). Условное обозначение приведено на рис.2.39а. Но динисторы, называемые симметричными, могут проводить ток в обоих направлениях после включения (рис.2.39б).

Тринистор (триодный тиристор) – это тиристор, но с управляющим электродом (выводом). Управление может быть по катоду (рис.2.39в) и аноду (рис.2.39г).

Симистор – это двунаправленный тринистор, пропускает ток в обоих направлениях (рис.2.39д).

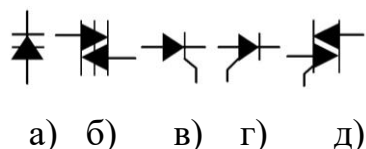


Рис.2.39. Условные графические обозначения тиристорных устройств: динистор (а); симметричный динистор (б); тринистор с управлением по катоду (в) и аноду (г), симистор (д)

Светодиоды и светодиодные (знакосинтезирующие) индикаторы.
Светодиод (светоизлучающий диод) – полупроводниковый прибор с р-п переходом, создающий оптическое (световое) излучение при пропускании через него тока в прямом направлении. Свечение происходит за счёт того, что при протекании тока электроны и дырки рекомбинируют и излучают фотоны (излучение за счёт перехода электронов с одного энергетического уровня на другой). Светодиоды не имеют никаких стеклянных колб и нитей накаливания, что обеспечивает высокую механическую прочность. Используются в больших уличных экранах, в бегущих строках, в подсветке мобильных телефонов, мониторов и т.д. Особенно широко светодиодные лампы стали применяться для освещения домов, улиц и т.д. Они позволяют значительно экономить электроэнергию, имеют большой срок службы. Основной их недостаток – достаточно высокая цена. Условное графическое обозначение светодиода представлено на рис.2.40а.

Для обозначения цифр, букв, знаков находят применение знаковые индикаторы. Это набор светоизлучающих диодов, расположенных так, что по управляющим сигналам они высвечивают нужный символ. Стандарты ЕСКД

не предусматривают их условное обозначение, но на практике их обычно обозначают как на рис.2.40б. На отводы подаются управляющие сигналы для подсветки нужного знака.

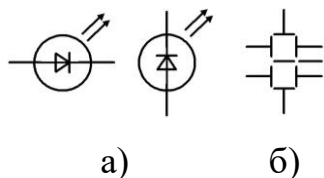


Рис.2.40. Условные графические обозначения светодиода (а) и светодиодного индикатора (б)

Фотодиоды. Фотодиод – это приёмник оптического излучения, преобразующий попавший на его светочувствительную область свет в электрический сигнал. В его корпусе имеется окошко, через которое освещается полупроводник. При отсутствии света ток через р-п переход мал. При попадании света сопротивление перехода резко падает. Фотодиоды используются в оптоэлектронных устройствах (рассмотрены ниже), для гальванической развязки электрических цепей. На схемах фотодиоды показывают как на рис.2.41а, обозначение фотодинистора показано на рис.2.41б.

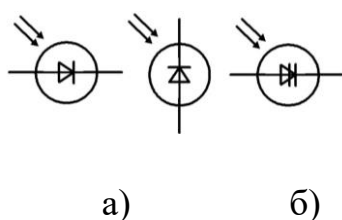


Рис.2.41. Условное графическое обозначение фоторезистора (а) и фотодинистора (б)

Оптроны (оптопары). Оптрон – электронный полупроводниковый прибор, состоящий из излучателя света (светодиод) и фотоприёмника, связанных оптическим каналом. Излучатель и фотоприёмник, как правило, находятся в одном корпусе. Принцип работы оптрона заключается в

преобразовании в излучателе энергии электрического сигнала в свет, его передаче по оптическому каналу, приёму фотоприёмником с последующим преобразованием светового сигнала в электрический ток.

Оптроны применяются для гальванической развязки сигнальных цепей или цепей с малым током коммутации, бесконтактного управления сильноточными и высоковольтными цепями и т.п. На схемах оптроны показываются как на рис.2.42а. Оптическую связь показывают двумя параллельными стрелками, перпендикулярными выводам оптрона. На данном рисунке фотоприёмником является фотодиод. Однако фотоприёмником может быть фоторезистор (рис.2.42б), фотодинистор (рис.2.42в) и т.д.

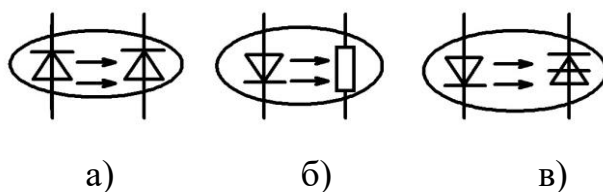


Рис.2.42. Условные графические обозначения оптрона с разными фотоприёмниками: фотодиодом (а), фоторезистором (б), фотодинистором (в)

Система обозначений полупроводниковых приборов (диодов, тиристоров и оптоэлектронных приборов)

Система обозначений современных полупроводниковых диодов, тиристоров и оптоэлектронных приборов установлена стандартом ОСТ 11336.919-81 (введён в действие в 1982 г). В её основу заложен буквенно-цифровой код.

- Первый элемент обозначает исходный полупроводниковый материал, на основе которого изготовлен прибор. Для обозначения этого материала используются следующие символы:

- ❖ Г или 1 – германий или его соединения;
- ❖ К или 2 – кремний или его соединения;

- ❖ А или 3 – соединения галлия, например, арсенид галлия;
- ❖ И или 4 – соединения индия, например, фосфид индия.
- Второй элемент – буква, определяющая подкласс прибора:
 - ❖ Д – диод выпрямительный;
 - ❖ Ц – выпрямительный столб;
 - ❖ В – варикап;
 - ❖ И – туннельный диод;
 - ❖ А – сверхвысокочастотный диод;
 - ❖ С – стабилитрон;
 - ❖ Г – генератор шума;
 - ❖ Л – излучающий оптоэлектронный прибор;
 - ❖ О – оптопара;
 - ❖ Н – диодный тиристор;
 - ❖ У – триодный тиристор.
- Третий элемент – цифра, определяющая основные функциональные возможности прибора.

Для диодов (подкласс Д) цифры от 1 до 9 определяют технические возможности диодов (величина тока, время восстановления и др.).

Для выпрямительных столбов (подкласс Ц) цифры от 1 до 4 определяют величину тока примерно от 0,3 до 10 А.

Для варикапов (подкласс В) цифры 1 и 2 (1 – для подстроечных, а 2 – для умножительных варикапов).

Для туннельных диодов (подкласс И) цифры от 1 до 4 определяют свойства диода (усилительный, генераторный и др.).

Для сверхвысокочастотных диодов (подкласс А) цифры от 1 до 8 определяют свойства диода (усилительный, ограничительный и др.).

Для стабилитронов (подкласс С) цифры от 1 до 9 определяют величину напряжения стабилизации (от менее 10 В до более 100 В).

Для генераторов шума (подкласс Г) цифры 1 и 2 определяют частоту генератора шума (низкая или высокая).

Для излучающих оптоэлектронных приборов (подкласс Л) цифры от 1 до 7 определяют их назначение (для табло, экранов и др.).

Для оптопар (подкласс О) буквы Р, Д, У, Т определяют тип оптопары (диодная, резисторная и др.).

Для диодных тиристоров (подкласс Н) цифры 1 и 2 определяют величину тока (1 – ток не более 0,3 А; 2 – ток более 0,3 А, но менее 10 А).

Для триодных тиристоров (подкласс У) цифры от 1 до 9 определяют величину тока в открытом состоянии (от 0,3 А до 100 А и более).

- Четвёртый элемент – число, обозначающее порядковый номер разработки (от 0,1 до 999).

- Пятый элемент – буква, условно определяющая разработку по параметрам (обычно используются буквы русского алфавита).

Примеры обозначения приборов:

2Д921А – кремниевый диод, импульсный (цифра 9), номер разработки 21, группа А;

ЗИ203Г – арсенидогаллиевый туннельный (буква И), генераторный (цифра 2) диод, номер разработки 03, группа Г;

АЛ103Б – арсенидогаллиевый излучающий (буква Л) диод, инфракрасный диапазон (цифра 1), номер разработки 03, группа Б.

Условные обозначения приборов, разработанных до 1964 г., состоят всего из двух или трёх элементов.

- Первый элемент – буква Д, характеризует весь класс полупроводниковых диодов.
- Второй элемент – число от 1 до 1100 указывает на область применения (например, от 1 до 100 – германиевые диоды; от 101 до 200 – кремниевые диоды и т.д.).
- Третий элемент – буква, указывает на разновидность групп однотипных приборов.

Транзисторы. Транзистор – это полупроводниковый прибор с двумя р-п переходами. Транзисторы могут быть двух типов: биполярные и полевые. Они различаются по принципу действия и конструкции.

У биполярных транзисторов три электрода: эмиттер, база и коллектор. Управляющим электродом у них является база. При небольшом изменении напряжения (тока) на базе в больших пределах изменяется рабочий ток в транзисторе, а значит и напряжение на нагрузке. В биполярном транзисторе носители заряда (дырки или электроны) движутся от эмиттера через тонкий слой базы к коллектору.

Полевые транзисторы также имеют три электрода: исток, сток и затвор. Управляющим электродом у них является затвор. При изменении напряжения на затворе изменяется ширина канала под затвором, а значит, изменяется и рабочий ток в транзисторе. В полевом транзисторе ток протекает от истока до стока через канал затвора.

Биполярные транзисторы могут быть двух типов: р-п-р и п-р-п. Они различаются полярностью включения в схему. На рис.2.43а показано обозначение биполярных транзисторов типа р-п-р, а на рис.2.43б – типа п-р-п. На рисунках короткая чёрточка с выводом от середины – это база, две наклонные линии, проведённые к ней под углом 60° – эмиттер и коллектор. Линия со стрелкой – это эмиттер, а без стрелки – коллектор. Направление стрелки указывает направление тока в транзисторе.

Условное обозначение транзистора обычно помещают в кружок, символизирующий его корпус. Если корпус металлический, то его обычно соединяют с одним из выводов транзистора. На схеме это указывает точка в местах пересечения вывода с кружком. Например, на рис.2.43в показано, что с корпусом соединен вывод коллектора.

Транзистор может иметь несколько эмиттеров (многоэмиттерный транзистор). Обозначение таких транзисторов приведено на рис.2.43г. При этом кружок – корпус – заменяют овалом.

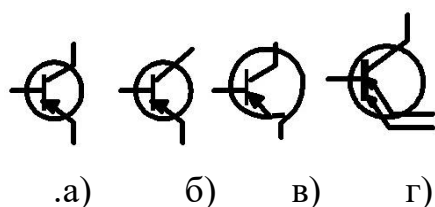


Рис.2.43. Условные графические обозначения биполярных транзисторов: типа р-п-р (а); типа п-р-п (б); типа р-п-р с коллектором, соединённым с корпусом (в); многоэмиттерный транзистор (г)

ГОСТ 2.730-73 допускает изображать транзисторы без символа корпуса – кружка. Например, для обозначения бескорпусных транзисторов или когда транзисторы входят в состав транзисторных сборок, матриц (их выпускают в таких же корпусах, что и интегральные микросхемы). Транзисторные сборки обозначают двумя способами: используют код транзисторов и присваивают им порядковые номера наряду с другими (тогда на схеме помещают запись типа VT1-VT4 К1НТ251) или берут код аналоговых микросхем DA и указывают принадлежность транзистора к матрице в позиционном обозначении (рис. 2.44а). У выводов таких транзисторов обычно указывают условные номера, присвоенные выводам корпуса, в котором выполнена сборка.

Без кружка обозначают на схемах и транзисторы микросхем. На рис. 2.44б показаны транзисторы типа п-р-п с тремя и четырьмя эмиттерами.

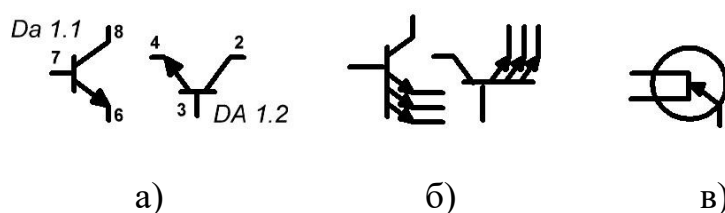


Рис.2.44. Условные графические обозначения бескорпусных транзисторов в матрице (а); многоэмиттерных транзисторов (б); однопереходных транзисторов (в)

Существует еще одна группа транзисторов, которые называются однопереходными (двухбазовые диоды).

Они тоже имеют три электрода с названиями база 1, база 2, эмиттер, но один p-n переход. Однопереходные транзисторы принадлежат к семейству полупроводниковых приборов с вольт-амперной характеристикой, имеющей участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Их обозначение приведено на рис.2.44в. Однопереходные транзисторы находят применение в качестве генераторов, делителей частоты, реле времени и т.д.

Полевые транзисторы тоже могут быть с электропроводностью двух типов: с каналом n-типа и каналом p-типа. От типа канала зависит рабочая полярность на управляющих электродах. Электропроводность канала указывают стрелкой на символе затвора. На рис.2.45а изображен полевой транзистор с каналом n-типа, а на рис.2.45б - с каналом p-типа.

Существуют полевые транзисторы с изолированным затвором. У них металлических затвор отделён от полупроводникового канала тонким слоем диэлектрика. Такие транзисторы часто называют МДП–транзисторами (от слов «металл-диэлектрик-полупроводник») или МОП–транзисторами (от слов «металл-оксид-полупроводник»), так как диэлектриком обычно служит слой диоксида кремния SiO_2 . В зависимости от полярности приложенного к затвору напряжения электропроводность канала полевого транзистора может уменьшаться (при подаче запирающего напряжения канал работает в режиме обеднения основными носителями – обеднённый канал) или увеличиваться (канал работает в режиме обогащения – обогащённый канал).

Транзисторы с изолированным затвором имеют затвор, электрически изолированный от проводящего канала, и изготавливаются в двух вариантах: со встроенным каналом и индуцированным каналом. Транзисторы с изолированным затвором и встроенным каналом могут работать как в режиме обеднения, так и в режиме обогащения.

Полевые транзисторы с изолированным затвором и индуцированным каналом относятся к транзисторам, работающим в режиме обогащения.

Условные графические обозначения полевых транзисторов со встроенным и индуцированным каналами приведены на рис.2.45 в-ж.

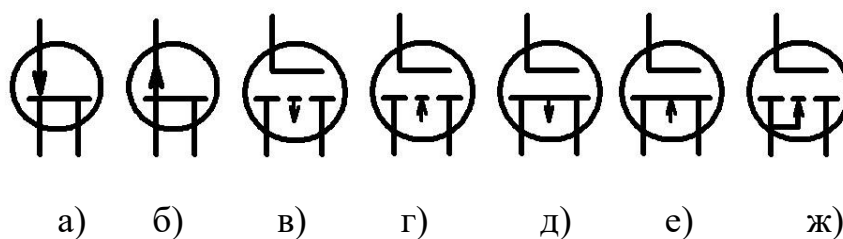


Рис.2.45. Условные графические обозначения полевых транзисторов: канал n-типа (а); канал р-типа (б); с изолированным затвором обогащённого типа с р-каналом (в) и n-каналом (г); с изолированным затвором обеднённого типа с р-каналом (д) и n-каналом (е); соединение истока и подложки с n-каналом (ж)

Символом индуцированного канала являются три коротких штриха (см. рис.2.45в, г). Электропроводность канала на рис.2.45 показывает стрелка, размещённая между символами истока и стока. Если стрелка направлена к символу канала, значит транзистор с каналом n-типа (рис.2.45 в, д), а если в противоположную сторону, то р-типа (рис.2.45 г, е).

Если подложка транзистора соединена с одним из электродов (обычно с истоком), то соединение показывают внутри символа транзистора без точки (рис.2.45 ж).

В настоящее время в аналоговой технике доминируют биполярные транзисторы (международный термин – ВЛТ). В цифровой технике в основном используются полевые транзисторы.

Система условных обозначений транзисторов

В основу системы обозначений современных типов транзисторов положен буквенно-цифровой код (как и для диодов).

• Первый элемент обозначает исходный полупроводниковый материал, на основе которого сделан транзистор. При этом используются буквы и цифры:

- ❖ Г или 1 – германий или его соединения;
- ❖ К или 2 – кремний или его соединения;
- ❖ А или 3 – соединения галлия, например, арсенид галлия;
- ❖ И или 4 – соединения индия.

- Второй элемент – буква, определяет подкласс транзистора. Для биполярных транзисторов буква Т, для полевых – П.

- Третий элемент – цифра. Она определяет допустимую мощность рассеивания и частотные свойства транзистора. Для транзисторов малой мощности рассеивания (до 0,3 Вт) используют цифры 1, 2 и 3: 1 – для граничной частоты до 3 МГц, 2 – до 30 МГц, 3 – более 30 МГц. Для транзисторов средней мощности (0,3 – 1,5 Вт) используются цифры 4, 5 и 6: 4 – для граничной частоты до 3 МГц, 5 – до 30 МГц, 6 – более 30 МГц. Для транзисторов большой мощности (более 1,5 Вт) используются цифры 7, 8 и 9: 7 – для граничной частоты до 3 МГц, 8 – до 30 МГц, 9 – более 30 МГц.

- Четвёртый элемент – число, обозначающее порядковый номер разработки транзистора (числа от 0,1 до 99 и от 101 до 999).

- Пятый элемент – буква, определяющая классификацию транзистора по параметрам. Буква С обозначает транзисторные сборки. Для бескорпусных транзисторов в состав обозначения через дефис вводится цифра (от 1 до 6), характеризующая модификацию конструкторского исполнения (вывод гибкий или жесткий и т.п.).

Примеры обозначения транзисторов:

КТ404А – кремниевый биполярный, средней мощности, низкочастотный, номер разработки 04, группа А;

2Т920А – кремниевый биполярный, большой мощности, высокочастотный, номер разработки 20, группа А;

КТ937А-2 – кремниевый биполярный, большой мощности, высокочастотный, номер разработки 37, группа А, бескорпусной с гибкими выводами на кристаллодержателе (цифра 2);

2ПС202А-2 – набор маломощных кремниевых полевых транзисторов средней мощности, номер разработки 02, группа А, бескорпусной с гибкими выводами.

У биполярных транзисторов, разработанных до 1964 г., и выпускаемых до настоящего, времени условные обозначения состоят всего из двух-трёх элементов.

- Первый элемент – буква П (характеризует класс биполярности транзистора) или две буквы МП (для транзисторов в корпусе);

- Второй элемент – одно-, двух- или трёхзначное число, которое определяет подкласс транзистора, допустимую рассеиваемую мощность, частоту и полупроводниковый материал:

- от 1 до 99 – германиевые маломощные низкочастотные транзисторы;

- от 101 до 199 - кремниевые маломощные низкочастотные транзисторы;

- от 201 до 299 - германиевые мощные низкочастотные транзисторы;

- от 301 до 399 - кремниевые мощные низкочастотные транзисторы;

- от 401 до 499 - германиевые маломощные высокой и сверхвысокой частот транзисторы;

- от 501 до 599 - кремниевые маломощные высокой и сверхвысокой частот транзисторы;

- от 601 до 699 - германиевые мощные высокой и сверхвысокой частот транзисторы;

- от 701 до 799 – кремниевые мощные высокой и сверхвысокой частот транзисторы;

- Третий элемент – буква (может отсутствовать) определяет классификацию транзисторов по параметрам.

Примеры обозначения транзисторов:

П213А - германиевый мощный низкочастотный транзистор, номер разработки 13, группа А.

П702 – кремниевый мощный высокочастотный транзистор, номер разработки 02.

Библиографический список

1. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: справочник / под ред . А.В.Голомедова. М.: Радио и связь, 1989 .
2. Полупроводниковые приборы. Транзисторы малой мощности: справочник / под ред. А.В.Голомедова. М.: Радио и связь, 1989 .
3. А.И. Аксенов, А.В. Нефедов. Радиодетали. Резисторы: справочник. СПб.: Изд – во РНИИ «Электростандарт», 1992 .
4. Акимов Н. Н., Ващуков Е. П. и др. Резисторы. Конденсаторы. Трансформаторы. Дроссели. Коммутационные устройства: справочник. Минск: Беларусь, 1994 .
5. Григорьев О.П. и др.: Транзисторы: справочник .М.: Радио и связь, 1989.
6. Фролов В.В. Язык радиосхем. М.: Радио и связь, 1988 .
7. Бастанов В.Г.:300 практических советов. М.: Моск. раб., 1986 .

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Общие сведения об учебной практике	4
1.1. Порядок прохождения учебной практики	6
1.2. Краткие сведения о пайке радиодеталей.....	10
1.3. Работа с паяльником.....	11
1.4. Влияние электрического тока на организм человека.....	14
1.5. Правила техники безопасности при работе на аппаратуре.....	16
2. Стандартные позиционные обозначения элементов	
2.1. Условные обозначения на принципиальных схемах.....	18
2.2. Графические символы общего применения.....	19

2.3. Резисторы.....	21
2.4. Конденсаторы.....	29
2.5. Катушки индуктивности, дроссели и трансформаторы.....	39
2.6. Коммутационные устройства.....	47
2.7. Полупроводниковые приборы.....	56
Библиографический список.....	71

Редактор и корректор Н. П. Новикова

Техн. редактор Л. Я. Титова

Темплан 2018 г., поз. 19

Подп. к печати Формат 60×84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. Печ. л. 4,5. Уч.-изд.л. 4,5. Тираж 100 экз. Изд. № 19.

Цена «С». Заказ

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.