

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

Д.Ю. МУРОМЦЕВ, И.В. ТЮРИН

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Часть 1

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по образованию в области радиотехники,
электроники, биомедицинской техники и автоматизации
в качестве учебного пособия



Тамбов
Издательство ГОУ ВПО ТГТУ
2011

УДК 621.38.001.63(075.8)
ББК з844я73
М915

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
ГОУ ВПО ТГУ им. Г.Р. Державина
А.А. Арзамасцев

Кандидат технических наук, профессор ГОУ ВПО ТГТУ
Ю.А. Брусенцов

Муромцев, Д.Ю.
М915 Основы проектирования электронных средств : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – Ч. 1. – 80 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0980-7.

Представлены базовые сведения в области проектирования электронных средств, рассмотрен состав и назначение конструкторско-технологической документации, дана методология проектирования модулей нулевого уровня конструктивной иерархии.

Предназначено для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» дневной и заочной форм обучения, а также бакалавров направления 211000 «Конструирование и технология электронных средств». Может быть использовано студентами при выполнении контрольных и лабораторных работ, разделов курсового проекта по дисциплине «Основы проектирования электронных средств».

УДК 621.38.001.63(075.8)
ББК з844я73

ISBN 978-5-8265-0980-7

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2011

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проектирование и технология производства электронных средств (ЭС) уже не могут рассматриваться в отрыве друг от друга и других этапов жизненного цикла продукта. Современные ЭС, в том числе аппаратура средств связи, приборы и устройства промышленного, оборонного, космического и бытового назначения изготавливаются на базе электрорадиоизделий (ЭРИ), номенклатура которых насчитывает сотни наименований, типов и типоразмеров. Специалисту-проектировщику ЭС необходимо свободно ориентироваться во всём многообразии радиоэлектронных компонентов и уметь обоснованно осуществлять выбор элементной базы. Наряду с применяемой технологией изготовления, ЭРИ главным образом определяют качество и надёжность изделий ЭС в целом, а также их основные технические характеристики, устойчивую и безаварийную работу в различных условиях эксплуатации.

Проектирование электронных средств основано на использовании различных стандартов, нормативно-технической документации, справочных материалах, требованиях и т.п. Умение руководствоваться такими документами при выполнении всех этапов проектных работ – обязательное требование к специалисту, поэтому в пособии существенное место отведено сведениям о действующих стандартах и нормативно-технической документации, используемых для решения задач, возникающих на всех этапах проектирования электронных средств, а также об используемых информационных технологиях.

Материалы пособия рекомендуется использовать при выполнении курсовых и дипломных проектов (работ) студентами специальности 210201, в выпускных работах бакалавров и магистерских диссертациях направления 211000. Пособие предназначено также для студентов заочной формы обучения, дистанционного образования для выполнения контрольных работ, а также может быть полезно для студентов других инженерных специальностей.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Под проектированием изделия понимают создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого ещё не существующего объекта. Образ объекта в целом или его составных частей создаётся в воображении человека в результате творческого процесса или генерируется в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и ЭВМ. В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах.

1.1. СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭС

Государственными стандартами Российской Федерации определён порядок разработки и постановки на производство продукции технического назначения, в том числе и ЭС. В частности, Государственным стандартом установлены следующие стадии разработки конструкторской документации (КД) на изделие: техническое предложение, эскизный проект (ЭП) и технический проект.

Разработку КД на изделие начинают с выполнения в соответствии с техническим заданием (ТЗ). В ТЗ излагаются назначение и область применения разрабатываемого изделия, технические, конструктивные, эксплуатационные и экономические требования к ЭС, а также условия его хранения и транспортирования, требования по надёжности, правила проведения испытаний и приёмки образцов на производстве.

На стадии технических предложений проводится анализ существующих технических решений, патентный поиск, обсуждение возможных вариантов создания ЭС и выбор из них наиболее оптимального, макетирование отдельных узлов, выработка требований для последующих этапов разработки. Документам технического предложения присваивается литера «П».

На стадии эскизного проектирования осуществляют конструкторскую и технологическую проработку выбранного варианта реализации ЭС; изготавливается действующий образец или серия образцов. Затем проводятся их испытания в объёме, достаточном для подтверждения заданных в ТЗ технических и эксплуатационных параметров, организуется разработка в полном объёме необходимой конструкторской документации, которой присваивается литера «Э»; прорабатываются основные вопросы технологии изготовления, наладки и испытания элементов, узлов, блоков и ЭС в целом.

На стадии технического проекта принимаются окончательные решения о конструкции изделия и составляющих его узлов, разрабатывается полный комплект конструкторской и технологической документации, которой присваивается литера «Т», изготавливается опытная серия ЭС и проводятся испытания на соответствие заданным в ТЗ техническим и эксплуатационным требованиям. Результаты, полученные на стадии технического проекта, являются основой для разработки полного комплекта рабочей КД опытного образца, которой присваивается литера «О».

В последующем осуществляется технологическая подготовка производства, выпуск установочной серии (комплект КД с литерой «А») и организация серийного (массового) выпуска ЭС (комплект КД с литерой «Б»).

Стадии разработки ТЗ, технических предложений и ЭП включаются, как правило, в научно-исследовательскую работу (НИР), а стадии разработки технического проекта и технологической подготовки производства – в опытно-конструкторскую разработку (ОКР).

1.2. МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Основу модульного принципа проектирования составляет разработка ЭС с учётом конструктивной и функциональной взаимозаменяемости составных частей конструкции – модулей.

Под модулем понимают составную часть аппаратуры, имеющую законченное функциональное назначение и конструкцию, снабжённую элементами соединения и коммутации с другими модулями в изделии.

Использование модульного принципа проектирования позволяет снизить затраты на разработку и изготовление ЭС, обеспечить совместимость и преемственность технических решений при улучшении показателей качества, повышении надёжности и срока эксплуатации изделий.

Модульный принцип проектирования основан на методах решения задачи компоновки и предполагает разбиение всей электрической схемы ЭС на подсхемы, выполняющие определённые функции. Полученные подсхемы дробятся на более простые части до тех пор, пока вся электрическая схема устройства не будет представлена в виде набора модулей различного уровня сложности.

Конструкцию современных ЭС можно рассматривать как некоторую иерархию модулей, каждая ступень которой называется уровнем модульности. При выборе числа уровней модульности проводится решение задачи типизации, т.е. сокращение разнообразия модулей в ЭС определённого функционального назначения. Функциональное разнообразие изделий достигается использованием различного числа уровней конструктивной иерархии модулей.

Уровни разукрупнения электронных средств устанавливает ГОСТ Р 52003–2003, в соответствии с которым выделяют четыре основных уровня модульности. К ним относят:

- электронный модуль нулевого уровня (ЭМ0) – модуль, выполненный на базе изделий электронной техники и электротехнических изделий. В зависимости от исполнения аппаратуры модулем нулевого уровня служат различные электрорадиоизделия, в том числе интегральные микросхемы и микросборки;

- электронный модуль первого уровня (ЭМ1) – модуль, изготовленный на основе базовой несущей конструкции (БНК) первого уровня. Примером ЭМ1 служит ячейка, представляющая собой печатную плату (ПП) с установленными на ней модулями нулевого уровня и электрическим соединителем;

- электронный модуль второго уровня (ЭМ2) – модуль, изготовленный на основе БНК второго уровня. Типичным примером ЭМ2 является блок, основными конструктивными элементами которого является панель с ответными соединителями модулей ЭМ1, размещёнными в один или несколько рядов;

- электронный модуль третьего уровня (ЭМ3) – модуль, изготовленный на основе БНК третьего уровня, например, шкаф, в который устанавливаются блоки.

На рисунке 1.1 условно показаны иерархические уровни разукрупнения ЭС.

Необходимо заметить, что в простой аппаратуре высшие уровни модульности отсутствуют. Полная модульность, показанная на рис. 1.1, используется только в сложных ЭС.

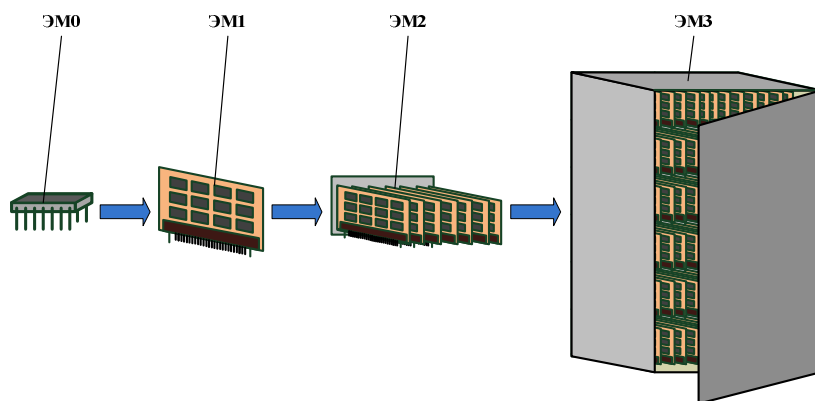


Рис. 1.1. Уровни разукрупнения электронных средств

1.3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

На всех этапах жизненного цикла (проектирование – производство – эксплуатация) ЭС сопровождается различного рода технической документацией. Состав и содержание технической документации регламентируются Государственными стандартами. В настоящее время в стране действует большое количество стандартов, сгруппированных по направлениям жизненного цикла изделий в следующие комплексы:

- единая система конструкторской документации (ЕСКД);
- единая система технологической документации (ЕСТД);
- единая система программной документации (ЕСПД);
- единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП);
- единая система защиты изделий и материалов от коррозии, старения и биоповреждений (ЕСЗКС) и др.

Главная задача этих стандартов – создать общую нормативно-техническую, информационную, методическую и организационную основу проектирования, производства и эксплуатации изделий. При этом обеспечивается использование единого технического языка и терминологии, обмен документацией между предприятиями без её переоформления, совершенствование организации проектных работ, возможность автоматизации разработки технической документации с унификацией машинно-ориентированных форм документов, совершенствование способов учёта, хранения и изменения документации и др.

1.4. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Государственные стандарты, входящие в единую систему конструкторской документации (ЕСКД), устанавливают взаимосвязанные единые правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации на изделия, разрабатываемые и выпускаемые предприятиями всех отраслей промышленности.

Конструкторскую документацию (КД) составляют графические и текстовые документы, в отдельности или в совокупности определяющие состав и устройство изделия, и содержащие необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приёмки, эксплуатации, ремонта, утилизации.

Состав и классификацию стандартов ЕСКД устанавливает ГОСТ 2.001–93 (табл. 1.1). Обозначение стандартов ЕСКД выполняют по правилам, установленным ГОСТ 1.0–92. Номер стандарта составляется из цифры, присвоенной классу стандартов ЕСКД (2),

1.1. Классификационные группы стандартов в ЕСКД

Номер группы	Наименование группы стандартов
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий и конструкторских документов
3	Общие правила выполнения чертежей
4	Правила выполнения чертежей различных изделий
5	Правила изменения и обращения КД (учёт, хранение, дублирование, внесение изменений)
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов при макетном проектировании
9	Прочие стандарты

одной цифры после точки, обозначающей классификационную группу стандартов, числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе, и двузначной цифры (после тире), указывающей год регистрации стандарта.

Например, обозначение стандарта «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» имеет вид: ГОСТ 2.701–84, т.е. ГОСТ – категория нормативно-технического документа (государственный стандарт), 2 – класс (стандарты ЕСКД), 7 – классификационная группа стандартов, 01 — порядковый номер стандарта в группе, 84 – год регистрации стандарта.

Виды и комплектность конструкторских документов регламентирует ГОСТ 2.102–68 (переиздание 2007 г., с изменениями). В соответствии с ним к основным графическим конструкторским документам относятся:

– чертёж детали, содержащий изображение детали и другие необходимые данные для её изготовления и контроля;

- сборочный чертёж (СБ), содержащий изображение сборочной единицы и другие необходимые данные для её изготовления и контроля;
- электромонтажный чертёж (ЭМ), содержащий данные для электрического монтажа изделия;
- схема, содержащая составные части изделия в виде условных графических обозначений с указанием связей между ними и др.

Основную текстовую конструкторскую документацию составляют:

- спецификация, определяющая состав сборочной единицы, комплекса, комплекта;
- ведомость технического проекта (ТП), состоящая из перечня документов, вошедших в технический проект;
- пояснительная записка (ПЗ), содержащая описание устройства и принципа действия проектируемого изделия, а также технико-экономическое обоснование разработки и другие текстовые документы.

1.4.1. Схемная конструкторская документация

В общем объёме КД выпускаемой в процессе разработки ЭС, существенное место занимает схемная документация.

Схемой называется графическая конструкторская документация, на которой в виде условных изображений или обозначений показаны составные части изделия и связи между ними.

Схемы применяют при изучении принципа действия механизма, прибора, аппарата при их изготовлении, наладке и ремонте, для понимания связи между составными частями изделия без уточнения особенностей их конструкции. Схемы служат основой для последующего конструирования отдельных частей и всего изделия в целом.

Составляющими частями схем являются:

- элемент схемы – составная часть схемы, которая не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное значение (микросхема, резистор, транзистор и др.);
- устройство – совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, модуль, плата и т.п.);
- функциональная группа – совокупность выполняющих определённую функцию элементов, не объединённых в единую конструкцию;
- функциональная цепь – линия (канал, тракт) на схеме, определённого назначения, например, тракт видеосигнала, канал звукового сигнала и т.п.;
- линия взаимосвязи – отрезок линии на схеме, показывающий на наличие связи между функциональными частями.

В зависимости от вида элементов, входящих в состав изделия и связей между ними ГОСТ 2.701–84 разделяет схемы на десять видов с буквенным обозначением: электрические (Э), гидравлические (Г), пневматические (П), газовые (Х), кинематические (К), вакуумные (В), оптические (О), энергетические (Р), деления (Е) и комбинированные (С). По основному назначению ГОСТ 2.701–84 устанавливает восемь типов схем, обозначаемых цифрами: структурные (1), функциональные (2), принципиальные (3), соединений (монтажные) (4), подключения (5), общие (6), расположения (7) и объединённые (0).

В соответствии с данными обозначениями, устанавливается буквенно-цифровой код схемы. Например, схема электрическая структурная – Э1, схема оптическая функциональная – О2, схема электрокинематическая принципиальная – С3, схема электрическая структурная, принципиальная и соединений – Э0.

Схемы выполняются согласно ГОСТ 2.701–84 без соблюдения масштаба на форматах, установленных ГОСТ 2.301–68, с использованием условных графических обозначений (УГО), установленных в стандартах ЕСКД, а также прямоугольников и упрощённых внешних очертаний. Элементы, входящие в изделие и показанные на схеме, должны иметь обозначения (буквенные, цифровые или буквенно-цифровые) в соответствии со стандартами на правила выполнения конкретных видов схем и включаться в перечень элементов, размещённый на первом листе схемы или выполненный в виде самостоятельного документа (рис. 1.2).

В графу «Поз. обозначение» заносят позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп. Графа «Наименование» служит для указания наименования элемента или устройства в соответствии с тем документом, на основании которого этот элемент применён, и обозначения этого документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, отраслевой стандарт, технические условия). Графа «Примечание» используется для размещения технических данных элемента (устройства), не содержащихся в его наименовании.

Перечень элементов в виде самостоятельного документа оформляют на формате А4 с основной надписью по ГОСТ 2.104–2006 (формы 2 и 2а). В этом случае код перечня элементов должен состоять из литеры «П» и кода схемы, для которой предназначен перечень, например, для электрической принципиальной схемы код перечня элементов – ПЭ3. При этом в основной надписи указывают наименование изделия, а также наименование документа «Перечень элементов».

№	Г/а	Наименование	Кол.	Примечание
	обозначение			
8				
	20	110	10	
	185			

Рис. 1.2. Форма перечня элементов

ГОСТ 2.701–84 устанавливает ряд правил по составлению перечня элементов. Так, занесение элементов в перечень производится группами по алфавитному порядку буквенных позиционных обозначений. Внутри каждой группы с одинаковыми буквенными позиционными обозначениями, элементы размещают по возрастанию порядковых номеров. При использовании на схеме цифровых обозначений в перечень их заносят в порядке возрастания.

При использовании однотипных элементов с одинаковыми параметрами, имеющими на схеме последовательные порядковые номера, допускается заносить их в перечень в одну строку, т.е. в графу «Поз. обозначение» записывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например: *VT3, VT4, DD8...DD12*, а в графу «Кол.» – общее число таких элементов.

При занесении в перечень элементов с одинаковым наименованием и буквенным позиционным обозначением, но отличающихся техническими характеристиками и другими данными, допускается в графе «Наименование» записывать общее наименование этих элементов, а в общем наименовании – наименование, тип и обозначение документа, на основании которого эти элементы применены.

Следует заметить, при внесении в перечень на отечественную элементную базу указывают технические условия или государственные стандарты (например, стабилитрон 2С156А СМ3.362.805 ТУ), а на импортную – название производителя, например микросхема ADM213EARS Analog Devices и т.п.

При проектировании ЭС разрабатывают следующие виды схем:

- структурные (Э1), определяющие основные функциональные части ЭС, а также их назначение и взаимосвязи. Разработка структурных схем обычно производится на начальных стадиях проектирования ЭС;

- функциональные (Э2), поясняющие процессы, происходящие в отдельных функциональных частях или в ЭС в целом. Функциональные схемы используют для разработки принципиальных схем и применяют при наладке, ремонте и эксплуатации ЭС;

– принципиальные (Э3), определяющие полный состав элементов и связей между ними и дающие полное представление о принципе работы отдельных функциональных частей и устройств ЭС. Принципиальные схемы используют для разработки других видов КД, а также при наладке, ремонте и изучении принципа работы ЭС;

– соединений (Э4), показывающие соединения составных частей ЭС и определяющие провода, жгуты, кабели и другие соединительные изделия, а также места их присоединения и ввода. Схемы соединений используют как при разработке другой КД на изделие, так и при изготовлении, ремонте и эксплуатации ЭС;

– подключений (Э5), показывающие внешние подключения ЭС. Эти схемы применяют при установке ЭС на месте эксплуатации и при её ремонте;

– общие (Э6), определяющие составные части ЭС и их соединения между собой на месте эксплуатации;

– расположения (Э7), устанавливающие взаимное расположение отдельных устройств ЭС, а также соединяющих их жгутов, кабелей и т.д.

– объединённая (Э8), состоящая из схем двух или нескольких типов, выполненных на одном конструкторском документе.

Таким образом, схемная КД определяет все входящие в ЭС элементы и электрические связи между ними. Для однозначного понимания схем необходимо тщательно ознакомиться с входящими в них элементами, что требует широкого использования дополнительной информации, приводимой в справочниках, спецификациях и в перечнях элементов.

1.4.2. Чертежи деталей

Деталью называют изделие, сделанное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Чертёж детали – основной конструкторский документ, использующийся на всех этапах технологического процесса изготовления детали и контроля её качества. Обычно рабочие чертежи разрабатывают на все детали, входящие в состав изделия.

Основные требования к чертежам деталей устанавливает ГОСТ 2.109–73. Рабочий чертёж детали должен содержать:

– необходимое количество изображений, дающих полное представление о форме детали;

– размеры с предельными отклонениями, указанные согласно ГОСТ 2.307–68 и ГОСТ 2.318–81;

- указание допусков формы и расположения поверхностей по ГОСТ 2.308–79;
- обозначения шероховатости поверхностей согласно ГОСТ 2.309–73 с указанием значения параметра шероховатости по ГОСТ 2789–73;
- указания о технологических требованиях (покрытии, термообработке твёрдости материала и др.) по ГОСТ 2.310–68;
- технические требования, указываемые в правой части листа над основной надписью;
- основную надпись по ГОСТ 2.104–2006, в которой наименование детали записывается в именительном падеже единственного числа согласно принятой терминологии, например: «Плата», «Крышка», «Кожух». Если наименование детали состоит из нескольких слов, то на первом месте пишут существительное, а затем относящееся к нему слово, например: «Панель лицевая». В основной надписи приводят обозначение материала детали, его марку и номер стандарта на материал, например: Сталь 35 ГОСТ 1050–88. Если в условное обозначение материала по стандарту входит его сокращённое наименование (Ст, СЧ, Бр, ГФ и т.п.), то полное наименование не записывают, например, СФ–2–35–1,5 ГОСТ 10316–70.

Необходимо отметить, что при проектировании ЭС значительное место в общем объёме рабочих чертежей деталей занимают чертежи печатных плат, правила выполнения которых устанавливает ГОСТ 2.417–91.

1.4.3. Сборочные чертежи

Сборочный чертёж предназначен для обеспечения сборки и контроля сборочной единицы. Число сборочных чертежей должно быть оптимальным для рациональной организации производства изделий.

Основные правила к выполнению сборочных чертежей устанавливает ГОСТ 2.109–73, согласно которому сборочный чертёж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, отражающее взаимное расположение и связи её составных частей для обеспечения сборки и контроля;
- размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые необходимо выполнить или проконтролировать по данному чертежу;
- указания о характере и методах осуществления сопряжения, если точность сопряжения обеспечивается не заданными значениями допусков размеров, а подбором, подгонкой и т.п.;

- указания о выполнении неразъёмных соединений;
- номера позиций составных частей;
- габаритные размеры;
- установочные, присоединительные и другие размеры с предельными отклонениями.

Необходимо отметить, что сборочные чертежи выполняют, как правило, с упрощениями в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Так, на сборочных чертежах допускается не показывать:

- различные мелкие элементы, например фаски, скругления, проточки, углубления, насечки, зазоры между стержнем и отверстием и др.;
- крышки, кожухи, перегородки и т.п., если требуется показать закрытые ими части изделия;
- видимые части изделий, расположенные за сеткой, или частично закрытые впереди расположенными составными частями;
- надписи на табличках, шкалах и других подобных деталях, изображая только их контур.

Все составные части сборочной единицы на сборочных чертежах нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации на эту сборочную единицу, причём позиционные номера наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей.

Основную надпись оформляют по ГОСТ 2.104–2006 (форма 1). Под наименованием изделия записывают «Сборочный чертёж», а к обозначению изделия добавляют шифр СБ.

В комплект к сборочному чертежу обязательно входит спецификация, содержащая перечень всех составных частей, входящих в данное изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к нему и его составным частям. Форму и порядок заполнения спецификации устанавливает ГОСТ 2.106–96. Фрагмент формы спецификации приведён на рис. 1.3.

Формат	Знак	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
6	6	8	70	63	10	22

Рис. 1.3. Фрагмент формы спецификации

В общем случае спецификация состоит из разделов, расположенных в следующей последовательности:

- документация (основной комплект КД на специфицируемое изделие);
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия (применённые в соответствии с требованиями различных стандартов);
- прочие изделия (применённые по техническим условиям);
- материалы (все материалы, входящие в изделие, например, лакокраска, нитки, провода);
- комплекты (сменных и запасных частей, инструмента, упаковки и пр.).

Наличие того или иного раздела определяется составом изделия, для которого разрабатывается спецификация. Наименование каждого раздела указывают в виде подчёркнутого заголовка в графе «Наименование». Заполнение каждого из разделов производится в соответствии с требованиями, изложенными в ГОСТ 2.106–96.

В разделе «Документация» записывают вначале документы на специфицируемое изделие, а затем – на неспецифицируемые составные части. Запись указанных документов проводят в алфавитном порядке кодов организаций-разработчиков, а в пределах этих кодов – в порядке возрастания классификационной характеристики (в случае одинаковой классификационной характеристики – по возрастанию порядкового номера регистрации).

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» записывают комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в изделие. Запись указанных изделий проводят аналогично разделу «Документация».

В раздел «Стандартные изделия» вносят изделия, применённые по межгосударственным, государственным, отраслевым стандартам и стандартам предприятий. Внутри каждой группы стандартов запись проводят по группам изделий, объединённых по функциональному назначению, а в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования – по возрастанию обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта – по возрастанию основных размеров или параметров изделия.

В разделе «Прочие изделия» запись изделий производят по группам, объединённым по функциональному назначению, внутри каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах

каждого наименования – по возрастанию основных параметров или размеров изделия.

В раздел «Материалы» все входящие в специфицируемое изделие материалы заносят по видам в следующем порядке:

- металлы чёрные;
- металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные;
- металлы цветные, благородные и редкие;
- кабели, провода и шнуры;
- пластмассы и пресс-материалы;
- бумажные и текстильные материалы;
- лесоматериалы;
- резиновые и кожевенные материалы;
- минеральные, керамические и стеклянные материалы;
- лаки, краски, нефтепродукты и химикаты;
- прочие материалы.

В пределах каждого вида наименования материалы записывают в алфавитном порядке, а в рамках каждого наименования – по возрастанию размеров или других технических параметров.

В данный раздел не записывают материалы, необходимое количество которых устанавливается технологом, например, лаки, краски, клей, смазки, припои. Сведения об использовании таких материалов дают в технических требованиях на поле чертежа.

В раздел «Комплекты» вносят ведомости эксплуатационных и ремонтных документов, комплекты монтажных, сменных и запасных частей, комплекты инструментов и принадлежностей, комплекты укладочных средств и прочие комплекты, а также упаковку, причём одноимённые комплекты записывают в порядке возрастания обозначений.

Спецификой проектирования ЭС является наличие в составе КД сборочных чертежей функциональных узлов на печатном монтаже, дающих полное представление о форме, расположении и установке ЭРИ и других деталей. На чертеже наносят размеры согласно общим правилам, а при необходимости указывают расстояния навесных элементов над платой. В соответствии с электрической принципиальной схемой на чертеже должны быть показаны упрощённые изображения ЭРИ и их позиционные обозначения, нумерация и обозначения выводов, полярность элементов и др.

В технических требованиях представляют, в частности, информацию о размерах для справок, применяемых клеях, припоях, флюсах, покрытиях, варианте установки изделий электронной техники по ГОСТ 29137–91 (ОСТ45.010.030–92), клеймении, маркировке и другие необходимые сведения.

1.5. ЭЛЕКТРОННАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

В связи с широким внедрением информационных технологий на всех этапах проектирования и производства ЭС, появилась потребность представления конструкторской документации в безбумажной форме, т.е. в виде электронного конструкторского документа (ЭКД).

Согласно ГОСТ 2.051–2006, определяющим общие положения электронного документооборота, ЭКД получают в результате выполнения автоматизированного проектирования изделий в двух представлениях – внутреннем и внешнем. Во внутреннем виде ЭКД существует только в виде записи информации на электронном носителе и воспринимаемом программно-аппаратными средствами. Внешнее представление получают путём преобразования внутреннего представления ЭКД различными техническими средствами вывода информации (дисплеями, принтерами, плоттерами и др.) к доступной для визуального восприятия форме.

Любой ЭКД состоит из содержательной и реквизитной частей. Содержательная часть включает в себя всю необходимую информацию об изделии и может состоять как отдельно, так и в любом сочетании из текстовой, графической, мультимедийной информации. Реквизитная часть состоит из структурированного по назначению набора реквизитов и их значений. В реквизитную часть ЭКД допускается вводить дополнительные реквизиты с учётом особенностей применения и обращения ЭКД. Номенклатуру дополнительных реквизитов и правила выполнения и отображения в визуальной форме определяет разработчик. Следует заметить, что все реквизиты ЭКД, значением которых служит подпись, выполняют в виде электронной цифровой подписи (ЭЦП) по ГОСТ Р 34.10–2001. При обращении ЭКД должна быть обеспечена возможность проверки ЭЦП всеми участниками обращения документа. Подтверждение подлинности и целостности ЭКД обеспечивается соответствующими программно-техническими средствами.

Среди ЭКД выделяют простые, составные и агрегированные в зависимости от состава и способа организации содержательной части. Простой ЭКД реализует содержательную часть в виде одной информационной единицы (ИЕ). В составном ЭКД содержательная часть образована несколькими ИЕ, связанными друг с другом ссылками, а в агрегированном ЭКД содержательная часть состоит из нескольких ИЕ, информационно связанных друг с другом. На рисунке 1.4 показаны примеры организации данных в электронных конструкторских документах.

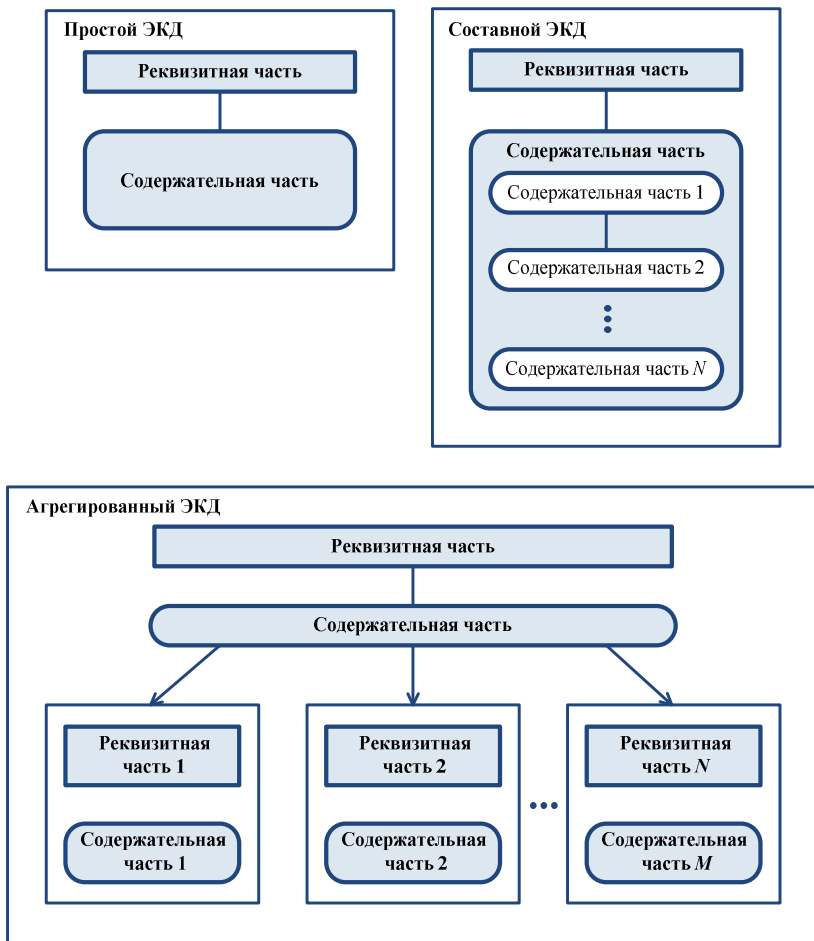


Рис. 1.4. Примеры организации данных в ЭЖД

Виды и наименования ЭЖД в зависимости от способа их выполнения и характера использования присваиваются в соответствии с ГОСТ 2.102–68 аналогично традиционной КД, однако для ЭЖД добавляется дополнительный код, который указывается в реквизитной части документа. Так, электронной структуре изделия присваивается код «ЭС», всем чертежам в виде электронной модели изделия (детали и сборочные единицы) соответствует код «3D», чертежам и схемам в электронной форме – код «2D», а для всех текстовых документов в электронной форме добавляется код «ТЭ».

При выпуске ЭКД реквизитную часть часто оформляют в виде информационно-удостоверяющего листа (ИУЛ). ИУЛ используют для сопровождения выпуска одного или нескольких документов, а также комплекта документов. Если ИУЛ выпускают на один электронный документ, то ему присваивают обозначение ЭКД на это изделие с добавлением кода УЛ. Если ИУЛ выпускают на комплект документов, записанных в спецификацию, ведомость технического предложения или ведомость технического (эскизного) проектов, то ему присваивают обозначение спецификации или соответствующей ведомости с добавлением через дефис кода УЛ (например, XXXX.XXXXXXX.XXX.УЛ; XXXX.XXXXXXX.XXX.ТП-УЛ).

ИУЛ рекомендуется выполнять согласно ГОСТ 2.301–68 по форме 1 на листах формата А4, А5, общие требования к выполнению по ГОСТ 2.004–88. Рекомендуемая форма ИУЛ приведена на рис. 1.5.

Графы ИУЛ должны содержать следующую информацию:

- графа 1 – порядковый номер ЭКД, выпуск которого оформляется данным ИУЛ. При выпуске ИУЛ на один ЭКД графа не заполняется;
- графа 2 – обозначение и номер версии ЭКД, выпуск которых оформляется данным ИУЛ;
- графа 3 – наименование и вид документа, которому присвоен код по ГОСТ 2.102–68, ГОСТ 2.601–2006, ГОСТ 2.602–95, ГОСТ 2.701–84;

Номер л/п	Обозначение КД, Версия	Наименование КД вид документа	(4)	Примечание
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Цель (причина выпуска)		Дата	Действует с	
(6)		(7)	(8)	(9)
Разработал				
Проверил				
(11)	(12)	(13)	(14)	
Н. конт роль				
Ут. вердил				
(15)		(16)	Лист (17)	Листов (18)

Рис. 1.5. Форма информационно-удостоверяющего листа

- графа 4 зарезервирована для использования при необходимости разработчиком;
- графа 5 – примечание (дополнительные данные о документе – наименование файла документа; обозначение первичного документа и т.д.);
- графа 6 содержит причину (цель) выпуска документа;
- графа 7 – дату, с которой вводится в действие данная версия документа;
- графа 8 – документ, служащий основанием для ввода в действие данной версии ЭКД. Графу не заполняют для документов, имеющих только одну версию;
- графы 9, 10 зарезервированы для использования при необходимости разработчиком;
- графа 11 – сведения о характере работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с ГОСТ 2.104–2006. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: «Т. контроль»;
- графа 12 – фамилии лиц, подписавших документ;
- графа 13 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11. В случае недостаточности количества строк допускается использовать для размещения согласующих подписей свободное поле для подшивки ИУЛ или увеличивать количество строк блока граф 11 – 14;
- графа 14 – дата подписания документа лицами, фамилии которых указаны в графе 11;
- графа 15 – обозначение ИУЛ;
- графа 16 содержит собственное наименование ИУЛ («информационно-удостоверяющий лист»). Допускается собственное наименование не заполнять и использовать графу как резерв для внесения необходимой информации;
- графа 17 – порядковый номер листа ИУЛ;
- графа 18 – общее количество листов ИУЛ.

После оформления ИУЛ включают в комплект подлинников документов, и его учёт и хранение осуществляют по правилам, установленным для конструкторской документации.

Вопросы для контроля

1. Что понимают под проектированием технического объекта?
2. Какие стадии разработки КД на изделие принято выделять?
3. В чём заключается модульный принцип проектирования?

4. Какие уровни разукрупнения электронных средств принято выделять?
5. Какие основные Государственные стандарты, регламентирующие состав и требования к технической документации Вы знаете?
6. В чём состоит назначение и каков состав ЕСКД?
7. Какие текстовые конструкторские документы входят в состав ЕСКД?
8. Какие виды и типы схем принято выделять?
9. Каковы основные требования к разработке и оформлению схем?
10. В чём состоят требования к разработке чертежей деталей?
11. Каковы основные требования к разработке сборочных чертежей?
12. Какие виды ЭКД Вы знаете?
13. Каковы основные требования к разработке и оформлению ЭКД?

2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ НУЛЕВОГО УРОВНЯ

На низшем уровне конструкционной иерархии находятся дискретные электрорадиоизделия (транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы, трансформаторы, коммутационные устройства и др.) и интегральные микросхемы. Каждое из этих ЭРИ представляет собой электронный модуль нулевого уровня, т.е. законченную конструкцию, обладающую определёнными функциональными свойствами.

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИЯХ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ НУЛЕВОГО УРОВНЯ

Для защиты от влияния внешних дестабилизирующих факторов, а также для удобства при сборке и монтаже печатных плат, ЭМО в большинстве случаев заключают в корпуса, выполненные из различных материалов.

Как правило, корпуса ЭМО состоят из двух основных частей: основания и крышки. По материалу этих частей выделяют металлические, керамические, пластмассовые, металлостеклянные, металлокерамические и металлопластмассовые корпуса. На корпус наносится маркировка в соответствии с его условным обозначением. Для правильной установки ЭМО на плату на корпусе имеется специальный ключ, который выполняется в виде цветной метки, выемки или паза, выступа на выводе и пр.

По форме проекции тела корпуса на установочную плоскость и расположению выводов, корпуса делят на типы и подтипы. Наиболее распространены корпуса микросхем с параллельным двухрядным расположением выводов. Международное обозначение таких корпусов – DIL (Dual In Line – два в линию), причём пластмассовые корпуса обозначают аббревиатурой DIP. Металлокерамические и керамические корпуса микросхем выполняют и с планарными выводами.

На рисунке 2.1 представлены некоторые типы корпусов полупроводниковых электронных модулей нулевого уровня.

В качестве примера на рис. 2.2 показано основание металлического планарного корпуса интегральной микросхемы серии K133 с установленным полупроводниковым кристаллом.

В последнее время для повышения плотности печатного монтажа всё большее применение находят корпуса ИМС типа SIL (Single In Line – один в линию) и QIL (Quad In Line – четыре в линию), однако наибольшая плотность компоновки достигается при использовании бескорпусных компонентов. Как правило, их установка непосредственно на печатной плате не производится из-за низкой разрешающей способности монтажа. Бескорпусные активные компоненты

устанавливают на специальной подложке и фиксируют клеем. С использованием методов тонко- или толстоплёночной технологии на подложке выполняются проводники, контактные площадки и пассивные компоненты. Такие конструкции получили название микросборок. На рисунке 2.3 показана керамическая подложка микросборки с выполненными проводниками, контактными площадками, пассивными компонентами, и смонтированными на ней активными ЭРИ.

В качестве материалов для изготовления подложек микросборок применяются ситалл (материал на основе стекла), поликор (керамика на основе окиси алюминия), а также гибкие полиимидные плёнки.

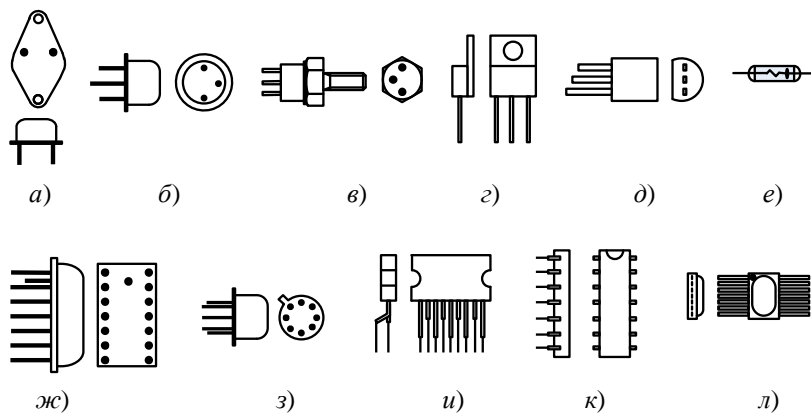


Рис. 2.1. Некоторые типы корпусов полупроводниковых ЭМО:

а, б, ж, з – металлические; *в* – металлокерамический;
г, и – металлопластмассовые; *д* – пластмассовый; *е* – стеклянный;
к – пластмассовый (DIP); *л* – металлокерамический планарный

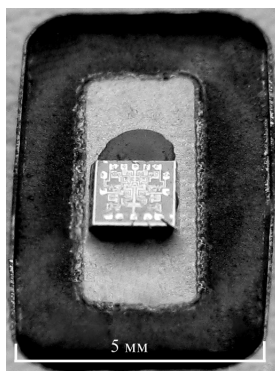


Рис. 2.2. Основание корпуса ИМС с полупроводниковым кристаллом

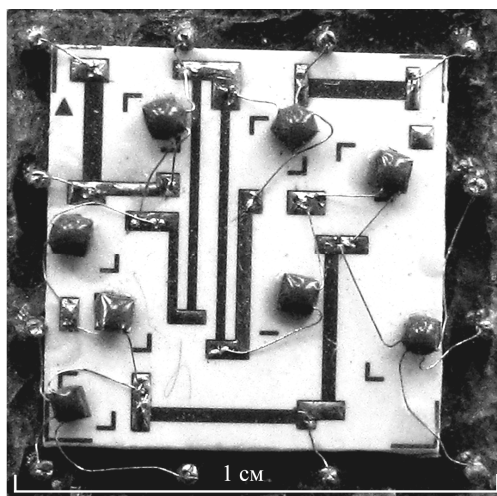


Рис. 2.3. Подложка микросборки

2.2. ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОННЫМ МОДУЛЯМ НУЛЕВОГО УРОВНЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К МЕХАНИЧЕСКИМ И КЛИМАТИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

В зависимости от назначения, условий эксплуатации и объекта установки ЭС определяются ограничения и принципиальные возможности конструирования, изготовления и эксплуатации изделия. Так, требования к ЭМО стационарных ЭС существенно отличаются от требований к возимой на подвижных объектах или носимой оператором аппаратуры. Условия эксплуатации также накладывают ряд дополнительных ограничений на выбор элементной базы.

ГОСТ 16019–2001 устанавливает требования к ЭС по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и определяет семь групп аппаратуры в зависимости от объекта установки:

- С1 – стационарная, эксплуатируемая в отапливаемых наземных и подземных сооружениях;
- С2 – стационарная, размещаемая под навесом на открытом воздухе, а также в неотапливаемых наземных и подземных сооружениях;
- В3 – возимая во внутренних помещениях на речных судах;
- В4 – возимая на автомобилях, мотоциклах, сельскохозяйственной, дорожной и строительной технике;
- В5 – возимая на железнодорожном транспорте;
- Р6 – носимая в одежде или под одеждой оператора, а также в отапливаемых наземных и подземных сооружениях;

– Н7 – носимая на открытом воздухе или в неотапливаемых наземных и подземных сооружениях.

Например, персональный компьютер относится к группе С1, автомагнитола – к группе В4, а сотовый телефон – к группе Р6.

ГОСТ 15150–69 определяет исполнения машин, приборов и других технических изделий для различных климатических районов, устанавливает условия эксплуатации, хранения и транспортирования с учётом воздействия климатических факторов внешней среды. Стандартом предусмотрено одиннадцать вариантов климатических исполнений, внутри которых дополнительно выделяются категории:

- У – макроклиматический район с умеренным климатом;
- УХЛ – макроклиматический район с умеренным и холодным климатом;
- ХЛ – макроклиматический район с холодным климатом;
- ТВ – макроклиматический район с тропическим влажным климатом;
- ТС – макроклиматический район с тропическим сухим климатом;
- Т – макроклиматический район как с влажным, так и с сухим тропическим климатом;
- О – общеклиматическое исполнение для макроклиматических районов суши, кроме районов с очень холодным климатом;
- М – макроклиматический район с умеренно-холодным морским климатом;
- ТМ – макроклиматический район с тропическим морским климатом;
- ОМ – макроклиматический район с умеренно-холодным и тропическим морским климатом;
- В – всеклиматическое исполнение для всех макроклиматических районов суши и моря, кроме районов с очень холодным климатом.

Рассмотренные стандарты взаимно дополняют друг друга и используются совместно. Например, пусть проектируемое ЭС – автомобильный маршрутный компьютер, предназначенный для эксплуатации в районах с умеренно-холодным климатом. Тогда, в соответствии с ГОСТ 16019–2001, все ЭМ0, входящие в конструкцию изделия, должны удовлетворять требованиям группы В4 по части стойкости к воздействию механических факторов, а также согласно ГОСТ 15150–69 должны обеспечивать устойчивую работу для варианта УХЛ. Поэтому климатическое исполнение всех ЭРИ изделия может выбираться из вариантов УХЛ, О и В.

2.3. ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ НУЛЕВОГО УРОВНЯ В СООТВЕТСТВИИ С КЛАССИФИКАТОРОМ ЕСКД

Классификатор единой системы конструкторской документации представляет собой систематизированный свод наименований классификационных характеристик изделий (деталей, сборочных единиц, комплектов, комплексов) основного и вспомогательного производства всех отраслей промышленности, на которые разрабатывается конструкторская документация, а также общетехнических документов (норм, правил, требований, методов и т.п.) на изделия.

Классификатор ЕСКД состоит из следующих документов:

1. Введение.
2. Классы классификатора ЕСКД (49 классов).
3. Алфавитно-предметный указатель классов деталей (классы 71 – 76).
4. Термины, принятые в классах деталей (классы 71 – 76).
5. Иллюстрированный определитель деталей (классы 71 – 76).

Классификатор содержит 100 классов. Все виды изделий размещены в 49 классах, остальные классы зарезервированы для размещения новых видов изделий в установленном порядке.

Классификационная характеристика является основной частью обозначения изделия и его конструкторского документа, устанавливаемая ГОСТ 2.201–80. Полное обозначение основного конструкторского документа состоит из кода организации-разработчика (четыре знака), кода классификационной характеристики (шесть знаков) и кода порядкового регистрационного номера (три знака), т.е. XXX.XXXXXX.XXX.

Код классификационной характеристики изделия назначается по классификатору ЕСКД и представляет собой шестизначное число, последовательно обозначающее класс, подкласс, группу, подгруппу и вид изделия. Структура кода представлена на рис. 2.4.

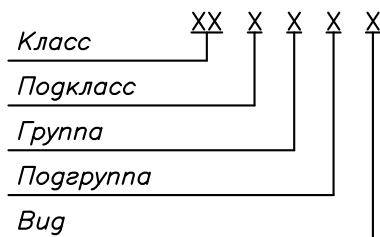


Рис. 2.4. Структура кода классификационной характеристики изделия

Классификатор построен по иерархическому десятичному методу. Для каждого класса составлен алфавитно-предметный указатель (АПУ) изделий, а для классов деталей – общий. В АПУ даны в алфавитном порядке наименование изделий, размещённых в классах, и их коды. АПУ служит для ускорения поиска изделий по их наименованиям в соответствующих классах и состоит также из шестизначного обозначения, например:

амортизаторы	753691 – 753695,
аноды	757372,
винты крепёжные	758100,
волноводы	757810, 757820 и т.д.

Каждый класс делится на 10 подклассов (от 0 до 9), каждый подкласс – на 10 групп (от 0 до 9), каждая группа – на 10 видов (от 0 до 9). Для классификации изделий использованы группировки с 1 до 9.

Для классификации изделий в классах использованы следующие признаки:

- 1) функциональный – основная функция, выполняемая изделием;
- 2) конструктивный – конструктивные особенности изделия;
- 3) принципа действия (физический, физико-химический процесс, на основе которого действует изделие);
- 4) метрический – величины и степени точности таких параметров изделия, как основные размеры, мощность, напряжение, сила тока, частота и пр.;
- 5) геометрической формы изделия;
- 6) наименования изделия.

На первом уровне классификации сборочных единиц, комплектов, комплексов использован функциональный признак. В пяти классах деталей (71 – 75) на первом уровне классификации применён признак геометрической формы, который является для данных деталей наиболее объективным и стабильным.

Последовательность нахождения кода классификационной характеристики состоит из следующих основных этапов:

1. Пользуясь сеткой классов и подклассов, помещённой во введении к классификатору, находим искомый класс – первые две цифры кода – по наименованию изделия. Если во введении наименование изделия не указано, то для нахождения класса следует пользоваться функциональным признаком (для сборочных единиц, комплектов, комплексов) или признаком геометрической формы (для деталей).

2. По алфавитно-предметному указателю найденного класса изделий отыскиваем посредством сопоставления признаков классификации остальные части кода – подкласс, группа, подгруппа, вид.

Например, пусть для разрабатываемого ЭС требуется спроектировать однофазный трансформатор питания мощностью 150 Вт, рассчитанный на частоту питающей сети 50 Гц.

В сетке классов и подклассов находим класс 670000 «Трансформаторы. Конденсаторы. Аппараты электрические высоковольтные, устройства комплектные высоковольтные (на напряжение свыше 1000 В). Источники света. Приборы и комплексы световые. Электромагниты». Далее определяем подкласс 671000 «Трансформаторы, реакторы (дрессели), усилители магнитные, стабилизаторы электромагнитные малой мощности (до 5 кВА)». Затем находим группу 671100 «Трансформаторы питания, сигнальные», подгруппу 671110 «Трансформаторы и автотрансформаторы питания однофазные на частоту до 50 Гц» и вид 671112 «Нерегулируемые мощностью свыше 0,1 до 0,2 кВА».

В этом случае полное обозначение, например сборочного чертежа данного ЭМО, будет XXXX. 671112.XXX СБ.

Вопросы для контроля

1. Что понимают под электронным модулем нулевого уровня?
2. Как осуществляется защита ЭМО от внешних дестабилизирующих факторов?
3. Какие материалы используются для изготовления корпусов?
4. Какие типы корпусов микросхем наиболее распространены?
5. В чём основное принципиальное отличие микросборки от интегральной микросхемы?
6. Как определяются требования по стойкости к климатическим и механическим воздействиям ЭМО в зависимости от объекта установки?
7. Какие группы ЭС в зависимости от объекта установки Вы знаете?
8. Какие требования к конструктивному исполнению налагают условия эксплуатации, хранения и транспортирования ЭМО?
9. Какие существуют варианты климатического исполнения ЭМО?
10. В каких условиях должны эксплуатироваться ЭМО исполнения У, В, ТС и ОМ согласно ГОСТ 15150–69?
11. Возможна ли эксплуатация ЭМО общеклиматического исполнения в условиях морского климата?
12. Для каких целей предназначен классификатор ЕСКД?
13. Из каких документов состоит классификатор ЕСКД?
14. В чём заключается порядок определения кода классификационной характеристики ЭМО?

3. ПАССИВНЫЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЯ

Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели и коммутационные изделия составляют группу так называемых пассивных элементов, главным свойством которых является выполнение простейших операций (увеличение сопротивления протекающему току, накопление электрического заряда и т.п.) без использования дополнительных источников электрической энергии. Пассивные ЭРИ вместе с активными (электровакуумными приборами, диодами, транзисторами, ИМС и др.) являются электронными модулями нулевого уровня и рассматриваются как конструктивные единицы, входящие в состав конструкций более высокого уровня иерархии (печатные узлы, блоки, стойки и т.п.).

3.1. РЕЗИСТОРЫ

Согласно ГОСТ Р 52002–2003, резистором называют элемент электрической цепи, предназначенный для использования его сопротивления при перераспределении и регулировании электрической энергии между другими элементами схемы.

В соответствии с ОСТ 11.074.009–78 и с терминологией по ГОСТ 21414–75, резисторы классифицируются по различным признакам.

1. По характеру изменения сопротивления резисторы разделяют на постоянные (значения сопротивлений которых задано при изготовлении и не может регулироваться при эксплуатации) и переменные (значения сопротивлений которых можно изменять механически).

2. По целевому применению выделяют резисторы общего назначения и специальные (прецизионные, высокочастотные, высоковольтные, высокомегаомные).

3. По способу защиты от внешних факторов резисторы делят на неизолированные, изолированные и герметичные. Неизолированные резисторы не допускают касания своим корпусом токоведущих и других токопроводящих частей аппаратуры, в отличие от изолированных резисторов, имеющих специальное изоляционное покрытие. Конструкция корпуса герметичных резисторов исключает влияние окружающей среды на его внутреннее пространство.

4. По способу монтажа резисторы подразделяют для навесного и печатного монтажа, для микромодулей и интегральных схем.

5. По материалу резистивного элемента выделяют проволочные, плёночные, объёмные и полупроводниковые резисторы. В проволочных резисторах в качестве резистивного элемента используется высокоомная проволока из константана, нихрома или никелина. У плёночных резисторов резистивным элементом служат плёнки на диэлектрическом основании с высоким удельным сопротивлением. В объёмных резисторах резистивный элемент выполняется в виде объёмных высо-

коомных композиций. У полупроводниковых резисторов резистивный элемент изготавливается из различных полупроводниковых материалов.

На рисунке 3.1 показан внешний вид некоторых широко распространённых разновидностей семейства резисторов.

В соответствии с системой обозначений по ОСТ 11.074.009–78, сокращённое условное обозначение, присваиваемое резисторам (кроме полупроводниковых), состоит из трёх элементов:

- первый элемент – буква или сочетание букв (Р – резисторы постоянные; РП – резисторы переменные; НР – набор резисторов, ТР – терморезисторы, ВР – варисторы, ФР – фоторезисторы и др.);

- второй элемент – цифра, обозначающая группу резисторов по материалу проводящего элемента: 1 – непроволочные; 2 – проволочные (у полупроводниковых резисторов материал не обозначается);

- третий элемент – регистрационный (порядковый) номер разработки резистора.

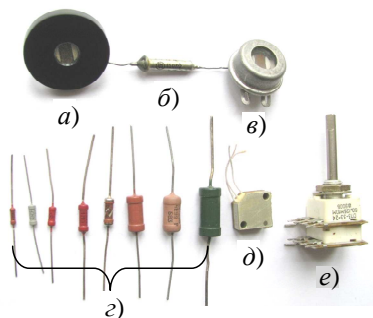


Рис. 3.1. Внешний вид некоторых видов резисторов:

а, в – фоторезисторы; *б* – терморезистор; *г* – непроволочные постоянные резисторы общего назначения различной мощности; *д* – подстроечный резистор; *е* – двоянный переменный резистор

На рисунке 3.2 приведены условно-графические обозначения некоторых типов резисторов в соответствии с ГОСТ 2.728–74.

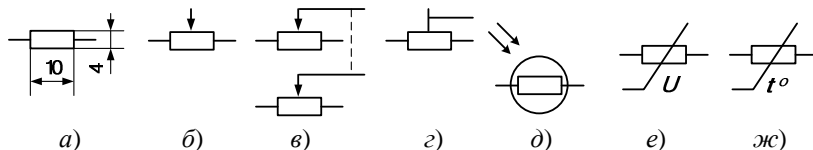


Рис. 3.2. Условно-графические обозначения резисторов:

а – резистор постоянный; *б* – резистор переменный; *в* – резистор переменный двоянный; *г* – резистор подстроечный; *д* – фоторезистор; *е* – варистор; *жс* – терморезистор

Так, обозначение P1-7 означает постоянный непроволочный резистор с регистрационным номером 7, а TP-2 – терморезистор с порядковым номером разработки 2.

Полное условное обозначение резистора включает сокращённое обозначение, вариант конструктивного исполнения, значения основных параметров резистора, климатическое исполнение и обозначение документа на поставку.

Параметры и характеристика для постоянных резисторов указываются в следующей последовательности: номинальная мощность рассеяния в ваттах; номинальное сопротивление с указанием единицы измерения; допуск на отклонение сопротивления в процентах; группа по уровню шумов; функциональная характеристика (для переменных резисторов).

Номинальной мощностью рассеяния называется наибольшая мощность, которую резистор может рассеивать в течение всего срока службы при сохранении своих параметров в установленных пределах. Значения номинальных мощностей рассеяния в ваттах определяются в соответствии с ГОСТ 24013–80 для постоянных и ГОСТ 10318–80 для переменных резисторов из стандартных рядов мощностей, например 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 16; 25 Вт и т.д.

Допуск резистора характеризует максимально допустимое отклонение величины его сопротивления от номинального значения, выраженное в процентах. ГОСТ 9664–74 установлен ряд допусков: $\pm 0,001$; $\pm 0,002$; $\pm 0,005$; $\pm 0,01$; $\pm 0,02$; $\pm 0,025$; $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2 ; ± 3 ; ± 5 ; ± 10 ; ± 20 и $\pm 30\%$.

ГОСТ 28884–90 устанавливает для резисторов семь рядов номиналов сопротивлений: E3, E6, E12, E24, E48, E96, E192, причём предпочтительными являются первые четыре, имеющие конкретные значения допусков. Цифра в обозначении ряда указывает на число номинальных сопротивлений в ряду. Числа, указанные в табл. 3.1 и группы чисел, кратные 10, образуют предпочтительные числовые ряды и соответствующие им допускаемые отклонения.

Собственные шумы резисторов представляют совокупность тепловых и токовых шумов и оцениваются по величине, возникшей на выводах резистора ЭДС шумов, отнесённой к вольту приложенного к элементу постоянного напряжения. По уровню шумов резисторы разделяют на группу А (с ЭДС шумов ≤ 1 мкВ/В) и Б (с ЭДС шумов ≤ 5 мкВ/В).

Функциональная характеристика выражает зависимость сопротивления переменного резистора от угла поворота его подвижного контакта. Наибольшее применение находят переменные резисторы с характеристиками А (линейная), Б (обратнологарифмическая) и В (логарифмическая).

3.1. Ряды номиналов сопротивлений

Ряд	Номинал сопротивлений, Ом						Допуск
	1,0		2,2		4,7		
E3	1,0		2,2		4,7		> 20%
E6	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	± 20%
E12	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	± 10%
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,1	
E24	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	± 5%
	1,1	1,6	2,4	3,6	5,1	7,5	
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	
	1,3	2,0	3,0	4,3	6,2	9,1	

Так, обозначение P1-12-0,125-100 кОм ± 5% А-В АЛЯР.434110.005ТУ означает постоянный непроволочный резистор с регистрационным номером 12, номинальной мощностью рассеяния 0,125 Вт и сопротивлением 100 кОм, с допустимым отклонением сопротивления от номинального значения ± 5%, группой по уровню шумов А, всеклиматического исполнения.

Маркировка резисторов осуществляется в соответствии с ГОСТ 28883–90 и рекомендациями Международной электротехнической комиссии (МЭК) буквенно-цифровым способом и заключается в нанесении на корпус марки резистора, номинальной мощности и сопротивления, допустимого отклонения сопротивления и даты изготовления. При малых размерах резисторов применяют сокращённую маркировку с использованием кодированных обозначений.

Кодированное обозначение сопротивлений состоит из трёх или четырёх знаков, причём буква кода из латинского алфавита обозначает множитель, составляющий сопротивление, и определяет положение запятой десятичного знака: *R* – 1, *K* – 10^3 , *M* – 10^6 , *G* – 10^9 , *T* – 10^{12} . Так, в частности, надписи 56R, 4K7, 110K, 3M3 обозначают 56 Ом, 4,7 кОм, 110 кОм, 3,3 МОм соответственно.

Код допускаемого симметричного отклонения сопротивления от номинального значения маркируется буквами латинского алфавита в соответствии с табл. 3.2.

Кодированное обозначение даты изготовления резисторов состоит из двухзначного кода год/месяц (табл. 3.3).

Например, нанесённая на корпус маркировка 56RJB означает резистор сопротивлением 56 Ом с допуском ± 5% 1991 г. изготовления, а маркировка 5K9FW0 определяет резистор сопротивлением 5,9 кОм ± 1%, выпущенный в октябре 2008 г.

3.2. Обозначение симметричных допусков на сопротивление

Буква кода	Допуск, %	Буква кода	Допуск, %
<i>E</i>	$\pm 0,005$	<i>F</i>	± 1
<i>L</i>	$\pm 0,01$	<i>G</i>	± 2
<i>P</i>	$\pm 0,02$	<i>J</i>	± 5
<i>W</i>	$\pm 0,05$	<i>K</i>	± 10
<i>B</i>	$\pm 0,1$	<i>M</i>	± 20
<i>C</i>	$\pm 0,25$	<i>N</i>	± 30
<i>D</i>	$\pm 0,5$		

3.3. Кодировка даты изготовления

Код года	Год изготовления	Код года	Год изготовления	Код месяца	Месяц изготовления
<i>A</i>	1990	<i>P</i>	2002	1	январь
<i>B</i>	1991	<i>R</i>	2003	2	февраль
<i>C</i>	1992	<i>S</i>	2004	3	март
<i>D</i>	1993	<i>T</i>	2005	4	апрель
<i>E</i>	1994	<i>U</i>	2006	5	май
<i>F</i>	1995	<i>F</i>	2007	6	июнь
<i>H</i>	1996	<i>W</i>	2008	7	июль
<i>J</i>	1997	<i>X</i>	2009	8	август
<i>K</i>	1998	<i>A</i>	2010	9	сентябрь
<i>L</i>	1999	<i>B</i>	2011	0	октябрь
<i>M</i>	2000	<i>C</i>	2012	<i>N</i>	ноябрь
<i>N</i>	2001	<i>D</i>	2013	<i>D</i>	декабрь

На миниатюрных резисторах постоянного сопротивления допускается маркировка цветным кодом, состоящим из четырёх, пяти или шести полос. Маркировку осуществляют по правилам, изложенным в ГОСТ 28883–90. Для исключения неопределённости при чтении кода маркировочные знаки сдвигают к одному из торцов резистора (последняя полоса кода выполняется в полтора-два раза шире других) и располагают слева направо.

В таблице 3.4 приведены значения маркируемых параметров и соответствующие им цвета.

3.4. Цветовая маркировка сопротивлений, допусков и ТКС

Цвет полосы	Сопротивление	Множитель	Допуск, %	ТКС, $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$
Серебристый	–	10^{-2}	± 10	–
Золотистый	–	10^{-1}	± 5	–
Чёрный	0	1	–	± 250
Коричневый	1	10	± 1	± 100
Красный	2	10^2	± 2	± 50
Оранжевый	3	10^3	–	± 15
Жёлтый	4	10^4	–	± 25
Зелёный	5	10^5	$\pm 0,5$	± 20
Голубой	6	10^6	$\pm 0,25$	± 10
Фиолетовый	7	10^7	$\pm 0,1$	± 5
Серый	8	10^8	–	± 1
Белый	9	10^9	–	–
Без окраски	–	–	± 20	–

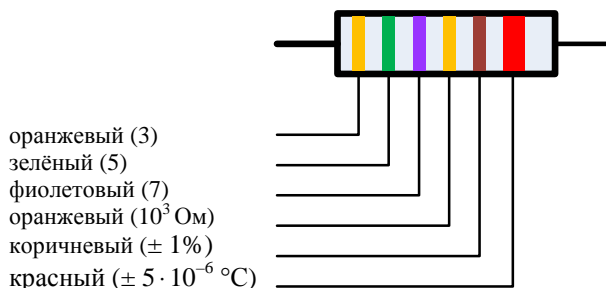


Рис. 3.3. Пример цветовой маркировки резистора

На рисунке 3.3 показан пример цветовой маркировки резистора 357 кОм с допуском $\pm 1\%$ и значением ТКС $\pm 50 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$. Необходимо отметить, что значение ТКС маркируется не всегда.

Резисторы зарубежного производства маркируются аналогичным образом концентрическими четырьмя или пятью цветными кольцами. Цвета и расположение колец соответствуют маркировке отечественных резисторов.

Для исключения идентификационных ошибок, состав маркируемых параметров, форму, порядок, ориентацию и место размещения маркировочных знаков необходимо уточнять в государственных стандартах, технических условиях и упаковочных листах на резисторы конкретных типов.

3.2. КОНДЕНСАТОРЫ

В соответствии с ГОСТ Р 52002–2003, конденсатором называется элемент электрической цепи, представляющий собой систему из двух электродов, разделённых диэлектриком и предназначенный для использования его электрической ёмкости.

Согласно ОСТ 11.074.009–78 и с терминологией по ГОСТ 21415–75 конденсаторы классифицируют по следующим признакам.

1. По характеру изменения ёмкости различают конденсаторы постоянные (значения ёмкостей которых задано при изготовлении и не может регулироваться при эксплуатации) и переменные (значения ёмкостей которых можно изменять механически, напряжением или температурой).

2. По целевому применению выделяют конденсаторы общего и специального назначения – высоковольтные, дозиметрические, помехоподавляющие, проходные, пусковые и др.

3. По способу защиты от внешних факторов конденсаторы делят на незащищённые, защищённые, неизолированные, изолированные и герметичные. Незащищённые конденсаторы допускают эксплуатацию только в герметизированных ЭС, а защищённые могут эксплуатироваться в аппаратуре любого конструктивного исполнения. Неизолированные конденсаторы не допускают касания своим корпусом токопроводящих частей ЭС, в отличие от изолированных конденсаторов, имеющих специальное изоляционное покрытие. Конструкция корпуса герметичных конденсаторов исключает воздействие окружающей среды на его внутреннее пространство.

4. По способу монтажа конденсаторы подразделяют для навесного, печатного монтажа и для микросборок.

5. По материалу диэлектрика различают конденсаторы с неорганическим, органическим, газообразным и оксидным диэлектриком.

В качестве примера на рис. 3.4 показан внешний вид некоторых широко распространённых разновидностей конденсаторов.

На рисунке 3.5 приведены условно-графические обозначения отдельных типов конденсаторов согласно ГОСТ 2.728–74.

В соответствии с ОСТ 11.074.009–78, сокращённое условное обозначение конденсаторов состоит из трёх элементов:

– первый элемент – буква или сочетание букв (К – конденсатор постоянной ёмкости, КТ – конденсатор подстроечный, КП – конденсатор переменной ёмкости, КН – конденсатор нелинейный, КС – конденсаторная сборка и др.), обозначающих подкласс конденсаторов;

– второй элемент – число, определяющее группу конденсаторов;

– третий элемент – регистрационный (порядковый) номер разработки.

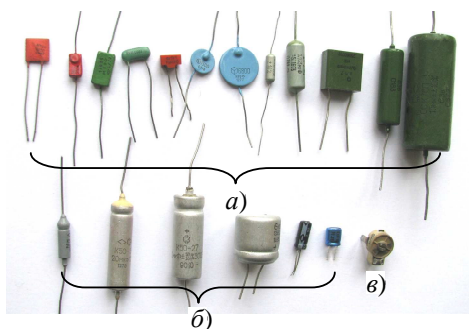


Рис. 3.4. Внешний вид различных конденсаторов:

- а* – конденсаторы постоянной ёмкости общего назначения керамические, слюдяные, бумажные, полистирольный специальный, лакоплёночные;
б – конденсаторы оксидные; *в* – конденсатор подстроечный

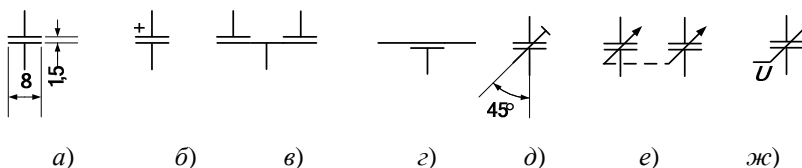


Рис. 3.5. Условно-графические обозначения конденсаторов:

- а* – конденсатор постоянной ёмкости; *б* – конденсатор постоянной ёмкости поляризованный; *в* – конденсатор постоянной ёмкости двухсекционный; *г* – конденсатор проходной; *д* – конденсатор подстроечный; *е* – конденсатор переменной ёмкости двухсекционный; *ж* – вариконд

Сокращённое обозначение разработанных до 1978 г. и выпускаемых по настоящее время конденсаторов осуществляется по конструктивным, технологическим, эксплуатационным и другим признакам (КД – конденсаторы дисковые; ФТ – фторопластовые теплостойкие; КТ – конденсаторы трубчатые, КСО – конденсатор слюдяной опрессованный и т.п.).

Например, обозначение К10-17 означает керамический конденсатор на напряжение до 1,6 кВ с порядковым номером разработки 17, а КН2-2 – термоконденсатор с регистрационным номером 2.

Полное условное обозначение конденсатора состоит из сокращённого обозначения, варианта конструктивного исполнения, значений основных параметров конденсатора, климатического исполнения и обозначения документа на поставку.

Основные параметры конденсаторов указываются в следующей последовательности: номинальное напряжение; номинальная ёмкость; допускаемое отклонение ёмкости от номинального значения; группа по температурному коэффициенту ёмкости (ТКЕ).

Номинальное напряжение показывает, при каком максимальном значении электрического напряжения конденсатор может работать в течение минимальной наработки в условиях, указанных в нормативно-технической документации. Значения номинальных напряжений конденсаторов выбираются из основных рядов предпочтительных чисел, установленных ГОСТ 8032–84. Числа, указанные в табл. 3.5, и группы чисел, кратные 10, образуют соответствующие им номинальные напряжения.

Номинальная ёмкость конденсатора определяет значение электрической ёмкости, которую должен иметь конденсатор в соответствии с сопроводительной документацией, и является исходной для отчёта отклонений от этого значения. Как и для резисторов, ГОСТ 28884–90 устанавливает для конденсаторов семь аналогичных рядов номиналов ёмкостей: E3, E6, E12, E24, E48, E96, E192, причём предпочтительными являются первые четыре, имеющие конкретные значения допусков. Цифра в обозначении ряда указывает на число номинальных ёмкостей в ряду. Числа, указанные в табл. 3.1, и группы чисел, кратные 10, образуют предпочтительные числовые ряды и соответствующие им допускаемые отклонения.

Допускаемое отклонение ёмкости характеризует максимально допустимую разность между значениями фактической и номинальной ёмкостями конденсатора, выраженное в процентах. Так, например, для конденсаторов постоянной ёмкости с керамическим диэлектриком ГОСТ Р 50292–92 установлен ряд стандартных допусков $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; ± 1 и ± 2 пФ, используемый при значениях номинальной ёмкости конденсатора до 10 пФ, а также ± 1 ; ± 2 ; ± 5 ; ± 10 ; ± 20 для номинальных ёмкостей свыше 10 пФ.

Температурный коэффициент ёмкости – величина, используемая для характеристики конденсаторов постоянной ёмкости, обладающих линейной зависимостью ёмкости от температуры и определяется как относительное изменение ёмкости при изменении температуры окружающей среды на 1 °С. В таблице 3.6 приведены условные обозначения и характеристики основных групп ТКЕ с нормируемыми и ненормируемыми значениями ТКЕ.

3.5. Ряды предпочтительных чисел

Ряд	Номинал напряжений, В					
R5	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30	10,00
R10	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30	10,00
	1,25	2,0	3,15	5,00	8,00	

3.6. Характеристики температурной стабильности ёмкости

Конденсаторы с нормируемым ТКЕ	Обозначение групп ТКЕ	Номинальное значение ТКЕ ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
	П100	+ 100
	П60	+ 60
	П33	+ 33
	МП0	0
	М33	- 33
	М47	- 47
	М75	- 75
	М150	- 150
	М220	- 220
	М330	- 330
	М470	- 470
	М750	- 750
	М1500	- 1500
	М2200	- 2200
Конденсаторы с ненормируемым ТКЕ	Обозначение групп ТКЕ	Допускаемое изменение ёмкости, % в интервале температур от -60 до +85 °С
	Н10	± 10
	Н20	± 20
	Н30	± 30
	Н50	± 50
	Н70	± 70
	Н90	± 90

Например, полное условное обозначение К73-15-160В – 0,33 мкФ $\pm 10\%$ – В ОЖ0.461.107ТУ определяет полиэтилентерефталатный конденсатор постоянной ёмкости (К73) с порядковым номером разработки 15 на номинальное напряжение 160 В, номинальной ёмкостью 0,33 мкФ и допускаемым отклонением $\pm 10\%$, всеклиматического исполнения (В), поставляемого по ОЖ0.461.107ТУ.

Маркировка конденсаторов осуществляется в соответствии с ГОСТ 28883–90 и рекомендациями МЭК буквенно-цифровым способом и заключается в нанесении на корпус марки конденсатора, значений номинального напряжения и ёмкости, допустимого отклонения ёмкости, группы ТКЕ и даты изготовления. Для конденсаторов малых размеров обычно применяют сокращённую маркировку с использованием кодированных обозначений.

Коды номинального напряжения, наносимые на корпус конденсатора в виде букв латинского алфавита, приведены в табл. 3.7.

Кодированное обозначение номинальных ёмкостей состоит из трёх или четырёх знаков, причём буква кода из латинского или греческого алфавита обозначает множитель, составляющий ёмкость, и определяет положение запятой десятичного знака: $F - 1$; $m - 10^{-3}$; $\mu - 10^{-6}$; $n - 10^{-9}$; $p - 10^{-12}$. Например, надписи $p15$, $1n5$, $2\mu2$ обозначают 0,15 пФ, 1,5 нФ и 2,2 мкФ соответственно.

Код допускаемого симметричного отклонения ёмкости от номинального значения маркируется буквами латинского алфавита по аналогии с резисторами в соответствии с табл. 3.2.

Кодировка группы ТКЕ осуществляется согласно табл. 3.8.

3.7. Код для маркировки напряжений

Номинальное напряжение	Код	Номинальное напряжение	Код
1,0	<i>I</i>	63	<i>K</i>
1,6	<i>R</i>	80	<i>L</i>
2,5	<i>M</i>	100	<i>N</i>
3,2	<i>A</i>	125	<i>P</i>
4,0	<i>C</i>	160	<i>Q</i>
6,3	<i>B</i>	200	<i>Z</i>
10	<i>D</i>	250	<i>W</i>
16	<i>E</i>	315	<i>X</i>
20	<i>F</i>	350	<i>T</i>
25	<i>G</i>	400	<i>Y</i>
32	<i>H</i>	450	<i>U</i>
40	<i>S</i>	500	<i>V</i>
50	<i>J</i>		

3.8. Код маркировки ТКЕ

Группа ТКЕ	Код	Группа ТКЕ	Код	Группа ТКЕ	Код
П100 (П120)	<i>A</i>	M150	<i>P</i>	M3300	<i>Y</i>
П60	<i>G</i>	M220	<i>R</i>	H10	<i>B</i>
П33	<i>N</i>	M330	<i>S</i>	H20	<i>Z</i>
МП0	<i>C</i>	M470	<i>T</i>	H30	<i>D</i>
M33	<i>H</i>	M750 (M700)	<i>U</i>	H50	<i>E</i>
M47	<i>M</i>	M1500 (M1300)	<i>V</i>	H70	<i>X</i>
M75	<i>L</i>	M2200	<i>K</i>	H90	<i>F</i>

Кодированное обозначение даты изготовления конденсаторов маркируется аналогично резисторам (см. табл. 3.3).

Например, сокращённая буквенно-цифровая маркировка на конденсаторе *47pKV* обозначает номинальную ёмкость 47 пФ с допустимым отклонением $\pm 10\%$ и температурной нестабильностью группы M1500. Надпись *m20KJ* определяет конденсатор ёмкостью 200 мкФ с допуском 10% на 50 В.

Для маркировки миниатюрных конденсаторов широко используется цветовая кодировка, которую выполняют по ГОСТ 26192–84 для обозначения номинальной ёмкости и её допустимого отклонения, номинального напряжения от 1,6 до 63 В и группы ТКЕ. Маркировку наносят в виде цветных точек или полосок.

Цветовая маркировка конденсаторов зарубежного производства подобна маркировке отечественных конденсаторов, однако для исключения ошибок, состав маркируемых параметров, форму, порядок, ориентацию и место размещения маркировочных знаков необходимо уточнять в государственных стандартах, технических условиях и упаковочных листах на конденсаторы конкретных типов.

3.3. ТРАНСФОРМАТОРЫ И ДРОССЕЛИ

Трансформатором называется электрорадиоизделие, предназначенное для получения различных по амплитуде и мощности переменных напряжений. В бытовых и промышленных ЭС наибольшее распространение получили трансформаторы малой мощности с выходной мощностью до 4 кВ·А.

Трансформаторы классифицируют по различным признакам.

1. По функциональному назначению трансформаторы подразделяются на трансформаторы питания (силовые), согласующие и импульсные.

2. По рабочей частоте выделяют трансформаторы пониженной частоты (до 50 Гц), промышленной частоты (50 Гц), повышенной промышленной частоты (400, 1000 Гц), повышенной частоты (до 10 000 Гц) и высокочастотные (свыше 10 000 Гц).

3. По электрическому напряжению различают низковольтные трансформаторы, у которых напряжение любой обмотки не превышает 1000 В, и высоковольтные трансформаторы, у которых напряжение на контактах любой из обмоток может быть свыше 1000 В.

4. По числу обмоток трансформаторы делят на одно-, двух- и многообмоточные. Трансформатор с одной обмоткой называется автотрансформатором, гальванической развязки между входной и выходной цепью у него нет. Двухобмоточный трансформатор имеет первичную и вторичную обмотки. У многообмоточных трансформаторов есть несколько вторичных обмоток.

5. По виду используемого магнитного сердечника выделяют трансформаторы с пластинчатым, ленточным и прессованным сердечниками. Пластинчатый сердечник (рис. 3.6, *а*) состоит из набора штампованных тонких (до 0,65 мм) одинаковых пластин. Ленточный сердечник (рис. 3.6, *б*) с толщиной ленты до 0,1 мм представляет собой витую конструкцию, а прессованный сердечник (рис. 3.6, *в*) получают из магнитных порошков путём прессования.

6. По конструктивному исполнению различают броневые, стержневые и тороидальные трансформаторы. Магнитопровод броневого трансформатора выполняется либо из Ш-образных пластин, либо из четырёх ленточных полуколец с расположением всех обмоток на среднем стержне. Магнитопровод стержневого трансформатора изготавливают либо из П-образных пластин, либо из двух ленточных полуколец. Для установки на магнитопроводы броневых и стержневых трансформаторов катушек с обмотками конструкция магнитопроводов выполняется разборной.

На рисунке 3.7 приведены УГО некоторых разновидностей трансформаторов.

Действующая система обозначения унифицированных трансформаторов питания (УТП) включает следующие элементы:

- первый – буква русского алфавита Т (трансформатор);
- второй – одна или две буквы, указывающие назначение трансформатора (А – трансформатор питания анодных цепей, Н – накальных цепей, АН – одно-накальных цепей, ПП – для питания полупроводниковых устройств, С – силовой для питания аппаратуры);

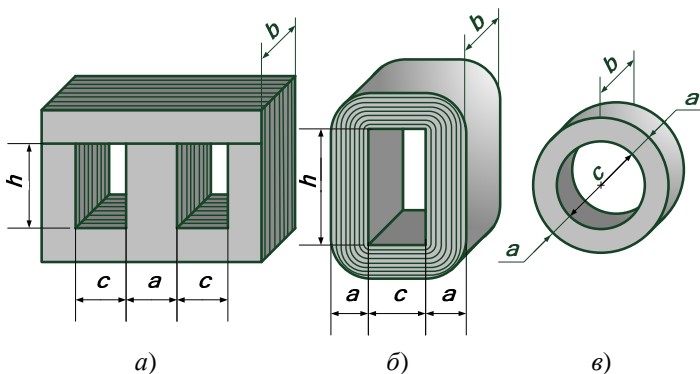


Рис. 3.6. Типы трансформаторных сердечников:
a – пластинчатый; *б* – ленточный; *в* – прессованный

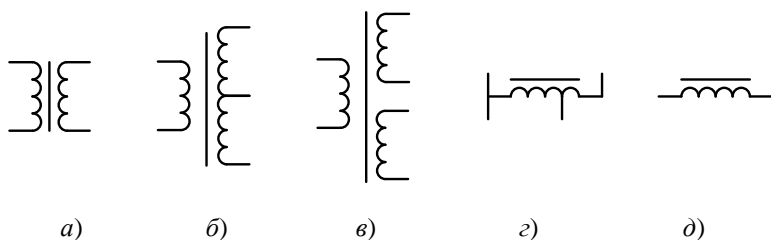


Рис. 3.7. Условно-графические обозначения трансформаторов:
a – с одной первичной и одной вторичной обмотками;
б – с отводом от середины вторичной обмотки; *в* – с двумя вторичными обмотками; *г* – автотрансформатор однофазный; *д* – дроссель

- третий – число, обозначающее порядковый номер разработки;
- четвёртый – число, определяющее номинальное напряжение питания;
- пятый – число, показывающее рабочую частоту;
- шестой – буква или сочетание букв, определяющих вид климатического исполнения.

Например, запись ТА24-127/220-50-УХЛ обозначает трансформатор питания анодных цепей с порядковым номером разработки 24, рассчитанный на напряжения 127 и 220 В частоты 50 Гц, изготовленный для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом.

На рисунке 3.10 показан вариант конструктивного исполнения броневого УТП, а на рис. 3.11 – стержневых УТП.

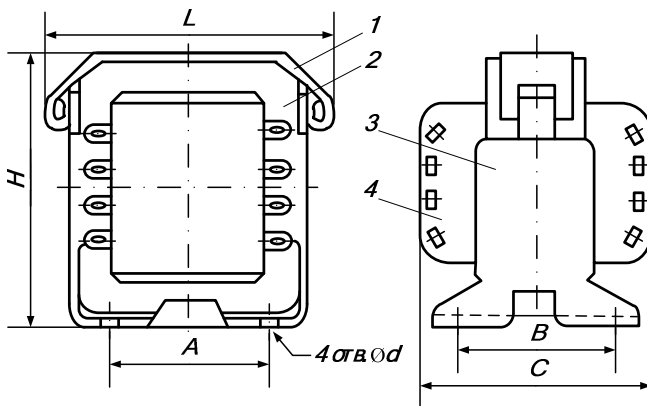


Рис. 3.10. Конструкция броневых трансформаторов ТА, ТН, ТАН и ТПП:
 1 – лента; 2 – магнитопровод из Ш-образных пластин;
 3 – обойма; 4 – катушка

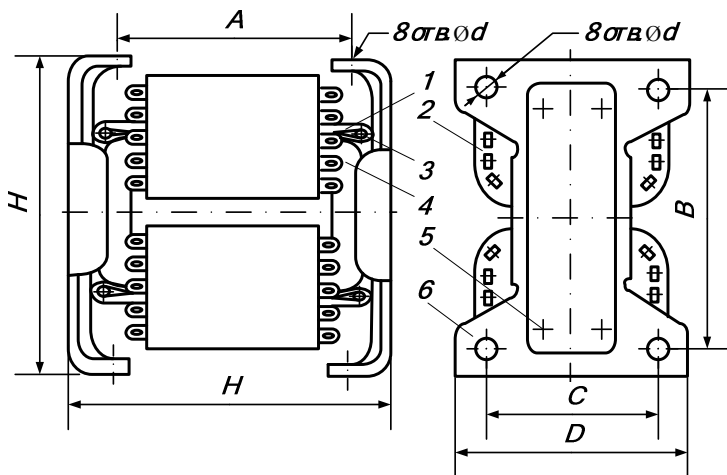


Рис. 3.11. Конструкция стержневых трансформаторов ТА и ТАН:
 1 – лента; 2 – катушка; 3 – шпилька;
 4 – ленточный магнитопровод; 5 – винт; 6 – скоба

Для дросселей в конструкторской документации приводится полное условное обозначение, которое состоит из слова «дроссель», сокращённого обозначения в виде буквы Д, порядкового номера, числа, указывающего индуктивность обмотки при номинальном токе в генри, и числа, указывающего номинальный ток подмагничивания в амперах. Например: дроссель Д8-0, 08-0,56.

Магнитопроводы низкочастотных дросселей выполняются на броневых сердечниках, высокочастотных – на пермалловых и ферритовых кольцах. Конструкция низкочастотных дросселей подобна рассмотренной для броневых трансформаторов питания.

В соответствии с ГОСТ 18685–73, ГОСТ 20938–75, а также ГОСТ 17596–72, устанавливающими терминологию и основные параметры трансформаторов, важнейшими параметрами трансформаторов питания являются следующие:

- номинальное напряжение первичной обмотки трансформатора U_1 ;
- частота питающей сети f ;
- номинальный ток первичной обмотки трансформатора I_1 ;
- напряжение вторичной обмотки трансформатора U_2 ;
- ток вторичной обмотки трансформатора I_2 ;
- напряжение холостого хода трансформатора U_0 (напряжение на любой разомкнутой вторичной обмотке при номинальных значениях частоты и напряжения на первичной обмотке);
- номинальная мощность трансформатора P_n (сумма мощностей вторичных обмоток);
- коэффициент трансформации n (отношение напряжений на первичной и вторичной обмотках на холостом ходу).

Кроме электрических параметров трансформаторы и дроссели характеризуются рядом эксплуатационных и других параметров (габариты, масса, температура окружающей среды, наработка на отказ и др.).

Маркировка трансформаторов и дросселей заключается в нанесении на катушке полного условного обозначения, знака предприятия-изготовителя, даты изготовления и нумерации выводов обмотки.

3.4. КОММУТАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА С МАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Коммутационные устройства (КУ) представляют собой ЭРИ, обладающие свойством замыкать (размыкать) электрические цепи за счёт изменения электрического сопротивления контактов. КУ предназначены для переключения электрических цепей в бытовых и специальных ЭС различного назначения.

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

Электромагнитными реле (далее реле) называются ЭРИ, предназначенные для скачкообразной коммутации электрических цепей.

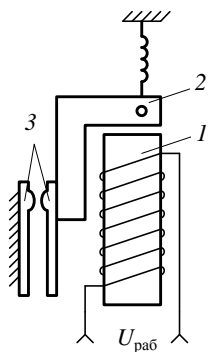


Рис. 3.12. Устройство электромагнитного реле

Упрощённо реле состоит из трёх основных частей, как показано на рис. 3.12: электромагнита 1, преобразующего электроэнергию в энергию магнитного поля, якоря 2 с противодействующей пружиной для преобразования энергии магнитного поля в механическую энергию перемещения якоря и электрических контактов 3, осуществляющих переключение электрических цепей.

Электромагнитные реле классифицируют по ряду следующих признаков.

1. По назначению различают пусковые, максимальные, минимальные реле, а также реле времени. Пусковые реле включаются с помощью кнопок с пультов управления. Максимальное реле отключает электрическую цепь при превышении заданного значения напряжения (тока) в этой цепи. Минимальное реле отключает электрическую цепь при уменьшении заданного значения напряжения (тока) в этой цепи. Реле времени создаёт требуемую выдержку времени, по истечении которой замыкает или размыкает управляемую цепь.

2. По мощности коммутации выделяют реле малой (до 1 Вт), средней (от 1 до 10 Вт) и большой (свыше 10 Вт) мощности.

3. По времени срабатывания t_{cp} различают безынерционное (t_{cp} меньше 1 мс), быстродействующее (t_{cp} от 5 до 50 мс), нормальное (t_{cp} от 50 до 150 мс) и замедленное (t_{cp} от 150 до 1000 мс) реле.

4. По принципу действия различают реле постоянного тока, срабатывание которого не зависит от направления тока в обмотке, и поляризованное реле, для срабатывания которого ток через обмотку должен протекать в определённом направлении.

5. По возможности возврата в прежнее состояние после отключения реле разделяют на одностабильные и двухстабильные. Одностабильное реле, изменив своё состояние после подачи напряжения на обмотку, возвращается в прежнее положение при отключении напряжения. Двухстабильное реле после отключения напряжения не возвращается в исходное положение.

6. По количеству обмоток реле делят на одно-, двух- и многообмоточные.

7. По числу контактных групп различают реле с одной, двумя или несколькими группами.

8. По виду контактов реле подразделяют на замыкающие, размыкающие, переключающие, а также в их сочетании.

9. По конструктивному исполнению различают завальцованное, герметичное, негерметичное, открытое, зачехлённое, пылебрызгозащищённое, с герметизированными и герметичными контактами (гермоновое) реле.

10. По способу монтажа реле бывают для навесного и печатного монтажа.

На рисунке 3.13 показан внешний вид широко распространённых электромагнитных реле типов РЭС9, РЭС10 и РЭС 49.

На рисунке 3.14 приведены УГО показанных на рис. 3.16 типов электромагнитных реле.

В соответствии с действующей системой обозначений, сокращённое условное обозначение, присваиваемое реле, состоит из следующих элементов:

- первый – три буквы, указывающие на принцип действия (РЭС – реле постоянного тока, РПС – реле поляризованное);
- второй – регистрационный номер разработки.

Полное условное обозначение реле включает сокращённое обозначение, основные параметры и документ на поставку.

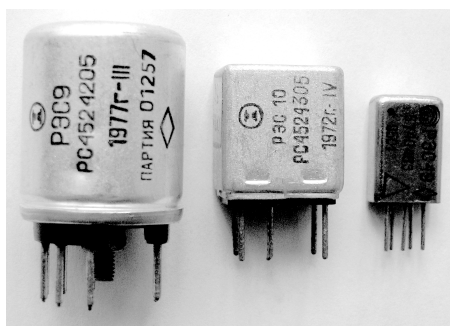


Рис. 3.13. Внешний вид различных реле постоянного тока

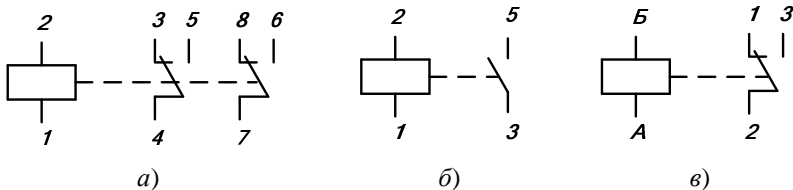


Рис. 3.14. Условно-графические обозначения электромагнитных реле:
а – РЭС9; б – РЭС10; в – РЭС49

Основными параметрами реле являются:

1. Напряжение срабатывания $U_{\text{ср}}$ – минимальное напряжение, поданное в катушку реле, при котором происходит замыкание (размыкание) его контактов.
2. Напряжение отпускания $U_{\text{отп}}$ – максимальное напряжение в катушке реле, при котором происходит возвращение контактов в исходное положение. Напряжение отпускания меньше напряжения срабатывания.
3. Максимальная коммутируемая мощность $P_{\text{к}}$.
4. Диапазон коммутируемых токов $\Delta I_{\text{к}}$.
5. Диапазон коммутируемых напряжений $\Delta U_{\text{к}}$.
6. Максимальное число коммутаций n .

Основные параметры реле указываются в паспорте. Номер паспорта состоит из нескольких групп буквенно-цифровых знаков. Первая группа включает набор букв и цифр, а вторая и третья группы представляют собой трёхзначные числа. Например, обозначение РЭС9 РС4.524.205 определяет электромагнитное реле постоянного тока завальцованное, двухпозиционное, одностабильное, для коммутации цепей постоянного и переменного тока частотой от 50 до 1100 Гц. В справочной литературе для паспорта РС4.524.205 приводятся значения основных параметров реле.

Маркировка реле заключается в нанесении на корпус полного условного обозначения, знака предприятия-изготовителя, даты изготовления и знака приёмки ОТК или заказчика. Если позволяют размеры корпуса, то наносится также схема подключения реле. Для обеспечения правильной идентификации выводов малогабаритных реле служит ключ, указывающий на первый вывод. У реле с большими габаритами выводы нумеруются.

Электромагнитные реле являются сложными ЭРИ, поэтому необходимо придерживаться ряда рекомендаций по выбору и использованию реле в конструкциях ЭС.

Колебания температуры и атмосферного давления окружающей среды приводят к изменениям электрических параметров реле. При очень низких температурах возможно обледенение контактов и конденсация влаги. При очень низких давлениях возможна ионизация воздушного промежутка и его пробой. Для обеспечения надёжной работы реле на крайних значениях диапазонов температур и давлений рабочее напряжение должно быть наибольшим.

При значительных токах, протекающих через контакты реле, происходит их нагрев и снижение механической прочности материала контактов, поэтому для уменьшения сопротивления контактов, их поверхности покрываются специальными материалами. Для коммутации

токов свыше 100 мА применяются реле с контактами из материалов: ПЛИ-10, Ср999, СрМгН-99, СМГНСрКд86-14, СрМгНЦр-99, ПДЦРХР-1 (буквы кода материалов указывают наличие в нём определённых химических элементов: ПЛ – палладий, Ср – серебро, Мг – марганец, Н – никель, Кд – кадмий, Хр – хром и т.д.). Наименьшее сопротивление и износ имеют контакты из золота и его сплавов. При выборе реле надо стремиться найти такое, у которого сопротивление контактов наименьшее.

Срок службы реле определяется максимальным числом и частотой коммутаций и может колебаться в широких пределах.

Для большинства реле диапазон окружающей температуры, внутри которого нормально функционируют реле от -60 до $+80\dots 100$ °С. За пределами указанного диапазона температур эксплуатация реле недопустима. Использование реле вне пределов диапазона атмосферного давления также должно быть исключено. Для большинства реле возможна их работа при очень низких давлениях (порядка $10 - 4\dots 10 - 6$ Па), некоторые реле, особенно герконовые, выдерживают давление, в 2-3 раза превышающее нормальное атмосферное. Все реле нормально функционируют при относительной влажности, не превышающей 98% при температуре $+35$ °С.

Монтаж реле производится или с помощью дополнительных крепёжных элементов, или непосредственно пайкой на печатную плату, при этом реле нельзя располагать вблизи мощных источников электромагнитных полей, таких как трансформаторы и дроссели.

При выборе типа реле необходимо также учитывать особенности объекта установки ЭС. Например, ЭС, устанавливаемые на подвижных объектах, имеют значительно более жёсткие требования по вибропрочности, виброустойчивости и ударным воздействиям, чем стационарная аппаратура.

В различных ЭС широко используются магнитоуправляемые герметические контакты (герконы) в конструкциях реле, датчиков неэлектрических величин, тумблеров, концевых выключателей, клавишных переключателей, кнопок и др.

Герконы классифицируют по ряду следующих признаков.

1. По типу коммутации выделяют замыкающие (рис. 3.16, *а*) и переключающие (рис. 3.16, *б*) герконы.

2. По состоянию поверхности контактов различают сухие и жидкостные (ртутные) герконы. Внутри баллона сухих герконов находятся инертные газы, азот, водород и др. Контакты представляют собой ферромагнитные пружины. В баллоне ртутных герконов имеется капля ртути, которая, поднимаясь по капиллярам, смачивает рабочие поверхности контактов, что обеспечивает малое и стабильное сопротивление.

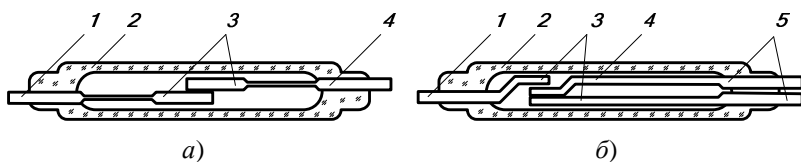


Рис. 3.16. Конструкция герконов:

- а* – замыкающий: 1, 4 – выводы; 2 – стеклянный баллон; 3 – контакты;
б – переключающий: 1, 5 – выводы; 2 – стеклянный баллон;
 3 – неподвижные контакты; 4 – подвижный контакт

3. По конструкции в зависимости от длины баллона различают стандартные герконы с длиной баллона до 50 мм, промежуточные (36 мм), миниатюрные (20 мм) и сверхминиатюрные (10 мм). Габаритными размерами геркона являются длина, диаметр баллона и общая длина с выводами.

4. По назначению герконы подразделяются на маломощные (коммутируемая мощность до 60 Вт) и повышенной мощности (до 1000 Вт), низко- и высокочастотные, низковольтные (коммутируемое напряжение до 250 В) и высоковольтные (свыше 250 В), а также герконы с «памятью», измерительные и специальные (например, с повышенной устойчивостью к внешним факторам и характеру нагрузки).

На рисунке 3.17 показан внешний вид миниатюрного маломощного низковольтного сухого замыкающего геркона.

Полное условное обозначение герконов включает шесть элементов:

- первый – сочетание букв, определяющих условное наименование геркона (МК – магнитоуправляемый контакт герметизированный, КЭМ – контакт электромагнитный, КМГ – контакт магнитоуправляемый с повышенным контактным нажатием для коммутации токов свыше 5 А);
- второй элемент указывает на тип коммутации геркона (А – замыкающий, В – размыкающий, С – перекидной, Д – переходной);
- третий элемент – буква Р (только для ртутных герконов);
- четвёртый элемент – двузначное число, обозначающее длину баллона в миллиметрах;

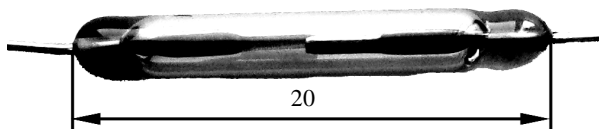


Рис. 3.17. Внешний вид геркона

– пятый элемент показывает функциональное назначение геркона (1 – малой и средней мощности, 2 – повышенной мощности, 3 – мощные, 4 – высоковольтные, 5 – высокочастотные, 6 – «с памятью», 7 – специальные, 8 – измерительные);

– шестой элемент обозначения – порядковый номер разработки.

Например, МКА-10103 – геркон замыкающий, сухой, сверхминиатюрный с длиной баллона 10 мм, малой и средней мощности, порядковый номер разработки 3.

К основным параметрами герконов относят следующие.

1. Магнитодвижущую силу (МДС) срабатывания.

2. Время срабатывания $t_{\text{ср}}$.

3. Время отпускания $t_{\text{отп}}$.

4. Допускаемый коммутируемый ток $I_{\text{к}}$, напряжение $U_{\text{к}}$ и мощность $P_{\text{к}}$.

5. Электрическое сопротивление контактов $R_{\text{к}}$.

6. Электрическую прочность изоляции $U_{\text{пр}}$.

7. Максимальное число срабатываний n .

8. Максимальную частоту коммутации f .

9. Значения механических и климатических эксплуатационных показателей, при которых геркон сохраняет работоспособность без ухудшения своих параметров (интервал температур, атмосферное давление, относительная влажность, вибропрочность, виброустойчивость, ударная прочность и др.).

10. Габаритные размеры, масса.

11. Срок службы и хранения.

Магнитодвижущая сила срабатывания зависит от конструктивных особенностей контактного зазора, механических и магнитных свойств контактных деталей, толщины контактного покрытия и т.д. МДС срабатывания для сверхминиатюрных герконов лежит в пределах 10...30 ампер-витков, для мощных герконов эта величина составляет несколько сотен. Значение МДС позволяет выбрать число витков катушки электромагнита, надеваемой на геркон: $W = \text{МДС}/I$, где W – число витков, а I – ток в катушке.

Время срабатывания геркона $t_{\text{ср}}$ складывается из времени замыкания, составляющего порядка 0,2...1,8 мс, и времени вибрации порядка 0,1...1,2 мс, а время отпускания $t_{\text{отп}}$ обычно лежит в пределах 0,1...0,7 мс.

Максимальная коммутируемая герконом мощность $P_{\text{к}}$ определяется допустимой температурой нагрева контактов, числом коммутаций

и условиями окружающей среды. Для маломощных герконов P_k находится в пределах 1...50 Вт, у герконов повышенной мощности – до 250 Вт.

Верхние значения величин коммутируемых напряжений и токов также ограничиваются. Максимальный коммутируемый ток I_k , длительное время пропускаемый через контакты, не должен приводить к их слипанию и другим отказам. Максимальное коммутируемое напряжение U_k ограничивается электрическим пробоем разомкнутых контактов. Использование герконов одновременно с максимальными значениями коммутируемых токов и напряжений недопустимо, так как при этом коммутируемая мощность во много раз превышает максимально допустимую.

Максимальное число срабатываний (коммутаций) n ограничивается появлением необратимых процессов на поверхности контактов, других деталей, на стекле баллона, спае стекла с выводами и т.п. Максимальное число срабатываний является средней величиной с большим разбросом. Максимальное число срабатываний существенно зависит от вида нагрузок в коммутируемой цепи. При индуктивной нагрузке, особенно в режиме размыкания, возникают значительные перенапряжения, в результате чего между контактами образуются разряды, значительно снижающие износоустойчивость герконов. Ёмкостная нагрузка, особенно в режиме замыкания, даёт большие «броски» токов, часто приводящие к слипанию контактов. Броски токов характерны также при коммутации ламп накаливания. На максимальное число срабатываний оказывает также значительное влияние температура окружающей среды. При различной температуре скорость протекания физико-химических процессов в зоне соприкосновения контактов и внутри баллона разная. По этой причине износоустойчивость геркона меняется. Для работы ЭС герконы надо выбирать с максимально возможным числом коммутаций.

Частота коммутаций герконов f определяет предельные возможности переключений в цикле замыкание-размыкание и зависит в основном от времени срабатывания t_{cp} . Чем меньше t_{cp} , тем больше частота коммутаций. Для большинства герконов верхний предел частоты коммутаций колеблется в пределах $20 \geq f \leq 100$ Гц. Последовательный коммутационный цикл замыкание-размыкание с большой частотой переключений резко сокращает срок службы геркона.

При установке герконов в ЭС, размещаемых на подвижных объектах, и в ЭС, подверженных вибрациям, необходимо обязательно учитывать параметры, характеризующие вибрационные и ударные нагрузки, чтобы исключить сбой в работе герконов.

Температура окружающей среды оказывает влияние на геометрические размеры деталей геркона, а также на механические характеристики, магнитные и электрические свойства этих деталей. Всё это в итоге приводит к уменьшению надёжности герконов. Для большинства герконов диапазон температур нормального функционирования составляет $-60...+125$ °С. Для ртутных герконов нижний предел диапазона температур ограничен температурой замерзания ртути.

Управление герконами можно осуществлять с помощью постоянных магнитов, катушек возбуждения или их комбинаций. Постоянный магнит располагается параллельно оси геркона, он может быть плоским и кольцевым. При продольном перемещении постоянного магнита контакты геркона замыкаются. Системой геркон-магнит можно управлять с помощью подвижного экрана, размещаемого между герконом и магнитом. Этот способ используется для размыкания контакта. Управление герконами с помощью катушек возбуждения производится за счёт образования магнитных потоков при протекании тока в этих катушках. Катушка одевается на баллон геркона и экранируется. Наряду с магнитным полем, создаваемым катушкой возбуждения, используются дополнительные магнитные поля постоянных магнитов, встроенных в катушку.

При эксплуатации и монтаже герконов изгибать выводы следует на расстоянии от баллона не менее одного см, изгиб вывода допускается не более чем на 90° , отрезать выводы надо аккуратно, так, чтобы не произошло растрескивание стеклянного баллона. При использовании ртутного геркона необходимо строго выдерживать рекомендуемое установочное положение, нужно также осторожно обращаться с капсулой, наполненной ртутью. Если при неаккуратном обращении разобьётся капсула с ртутью, то ртуть надо тщательно собрать и утилизировать.

3.5. КОММУТАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА С МЕХАНИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

К коммутационным устройствам с механическим управлением относятся микропереключатели и КУ с ручным управлением – кнопки и переключатели.

На рисунке 3.18 представлены некоторые типы распространённых КУ с механическим управлением.

У выпускаемого промышленностью широкого спектра коммутационных устройств имеются контакты различного типа (или их совокупность), поэтому система их условно-графических обозначений имеет ряд особенностей. На рисунке 3.19 представлены УГО некоторых контактных элементов КУ в соответствии с ГОСТ 2.755–87 и ГОСТ 2.721–74.

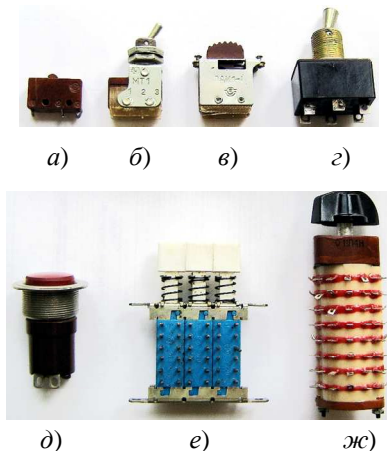


Рис. 3.18. Внешний вид разнотипных КУ с механическим управлением:
a – микропереключатель МП1-1; *б* – перекидной микропереключатель МТ1;
в – движковый микропереключатель ПДМ1-1; *г* – перекидной переключатель
 ТП1-2; *д* – коммутационная кнопка НА3.604.019; *е* – кнопочный
 переключатель П2К; *ж* – малогабаритный поворотный переключатель П2Г-3

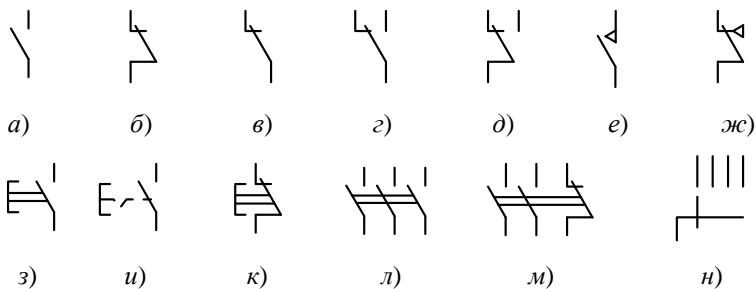


Рис. 3.19. Условно-графические обозначения контактов:
a – контакт замыкающий; *б*, *в* – контакты размыкающие; *г*, *д* – контакты
 переключающие; *е* – контакт замыкающий с самовозвратом; *ж* – контакт
 размыкающий с самовозвратом; *з* – контакт замыкающий нажимного
 кнопочного выключателя с автоматическим размыканием и возвратом
 элемента управления; *и* – контакт замыкающий нажимного кнопочного
 выключателя с размыканием повторным нажатием кнопки; *к* – контакт
 размыкающий нажимного кнопочного выключателя с автоматическим
 замыканием и возвратом элемента управления; *л* – выключатель
 трёхполюсный с замыкающими контактами, соединёнными механической
 связью; *м* – выключатель трёхполюсный с двумя замыкающими и одним
 размыкающим контактами, соединёнными механической связью;
н – переключатель однополюсный шестипозиционный

У выпускаемого промышленностью широкого спектра коммутационных устройств имеются контакты различного типа (или их совокупность), поэтому система их условно-графических обозначений имеет ряд особенностей. На рисунке 3.19 представлены УГО некоторых контактных элементов КУ в соответствии с ГОСТ 2.755–87 и ГОСТ 2.721–74.

Микропереключатели (см. рис. 3.18, а) применяются в качестве исполнительных устройств дистанционного управления, а также в качестве базовых элементов в конструкциях кнопок, кнопочных, клавишных и других переключателей. Механизм микропереключателя обеспечивает быстрое переключение его контактов независимо от скорости перемещения приводного элемента.

Классификация микропереключателей ведётся по ряду признаков.

1. По принципу действия микропереключатели делятся на обычные и с магнитоуправляемыми контактами.

2. По принципу коммутации выделяют выключатели и переключатели.

3. По числу контактов различают однополюсные и двухполюсные микропереключатели.

4. По конструктивному исполнению микропереключатели подразделяются на микроминиатюрные, миниатюрные, малогабаритные и обычные.

5. По степени защиты от внешних воздействий микропереключатели бывают герметичными и негерметичными.

Сокращённая система обозначения микропереключателей включает следующие элементы:

– первый – буква, указывающая на схему коммутации (П – переключатель, В – выключатель);

– второй – буква М (микропереключатель);

– третий – совокупность букв, обозначающая тип контакта (МК – магнитоуправляемые контакты) или конструктивного исполнения (МГ – малогабаритный);

– четвёртый – число, показывающее порядковый номер разработки;

– пятый – число, указывающее номер типоминимала данной разработки;

– шестой элемент – буква В (всеклиматическое исполнение).

Для микропереключателей ранних разработок первые два элемента обозначения имели сочетание букв МП.

Полное условное обозначение состоит из сокращённого обозначения и указания документа на поставку.

Примеры обозначений: ПМ2-1В – микропереключатель, порядковый номер разработки 2, номер типономинала 1, всеклиматического исполнения; МП1-1В – микропереключатель, порядковый номер разработки 1, номер типономинала 1, всеклиматического исполнения.

К основным параметрам микропереключателей относят:

1. Максимальное коммутируемое напряжение U_k .
2. Максимальный коммутируемый ток I_k .
3. Мощность коммутации P_k .
4. Максимальное число коммутаций n .
5. Диапазоны температур окружающей среды и атмосферного давления; максимальную относительную влажность и др.
6. Габаритные размеры и масса, тип приводного элемента и др.
7. Срок службы и хранения.

Коммутационные возможности микропереключателей выше, чем у герконов, при этом значение тока I_k достигает 10 А, а максимальное значение переменного напряжения U_k для всех микропереключателей составляет 250 В.

По числу переключений n микропереключатели уступают магнитоуправляемым контактам примерно на порядок, т.е. $n = 10^4 \dots 10^6$.

Требования к условиям эксплуатации микропереключателей не являются жёсткими. Нижний предел температуры окружающей среды для большинства микропереключателей составляет -60 °С, а верхний предел температуры достигает $+125$ °С. Вибрации, ускорения и удары приводят к снижению износоустойчивости микропереключателей.

Рекомендации по применению микропереключателей сводятся к следующему. В первую очередь их нужно использовать в качестве исполнительных устройств перемещающихся частей механизмов. Например, в конце хода или поворота детали механизма специальное нажимное устройство давит на приводной элемент микропереключателя и отключает цепь питания механизма, включая систему сигнализации этого состояния. Поэтому микропереключатели широко используются в устройствах, фиксирующих открытие или закрытие люков, дверей, крышек, перемещение одних объектов относительно других.

Установка микропереключателей должна производиться на строго определённом месте относительно внешнего механизма, при этом необходимо точно выдержать расстояния, обеспечивающие ход приводного элемента. Для предотвращения деформаций корпуса микропереключателя при затяжке винтов следует прокладывать металлическую пластину между корпусом и головкой винта.

Как уже отмечалось выше, микропереключатели часто используются в качестве базовых элементов различных КУ ручного управле-

ния, которые предназначены для коммутации электрических цепей с помощью ручного привода. Радиоэлектронная промышленность выпускает широкую номенклатуру КУ ручного управления различного назначения, и их классификация ведётся по различным признакам.

1. По способу управления приводным механизмом КУ подразделяются на нажимные – кнопочные (см. рис. 3.18, *д, е*), перекидные – тумблеры (см. рис. 3.18, *б, з*), движковые (см. рис. 3.18, *в*), поворотные – галетные и барабанные (см. рис. 3.18, *ж*).

2. В зависимости от скорости перехода из одного состояния в другое КУ бывают мгновенного и обычного действия. К КУ мгновенного действия относятся кнопки и тумблеры на базе микропереключателей.

3. По частоте сигналов в коммутируемых цепях различают низкочастотные и высокочастотные КУ.

4. По степени защиты от влияния окружающей среды выделяют пылебрызгозащищённые и герметичные КУ на базе герконов.

Следует отметить, что каждый из способов управления имеет свои достоинства и недостатки. Например, с точки зрения оперативности и удобства работы пользователя наиболее предпочтительно нажимное управление, однако при этом усложняются устройства надёжной фиксации кнопок в определённых положениях, и возникает потребность в средствах индикации состояния кнопок и в специальной защите от случайного нажатия кнопок. При перекидном способе управления в тумблерах обеспечивается более надёжная фиксация положения приводного механизма, а индикация состояния определяется положением рычага. Недостатками перекидного способа являются значительные усилия на рычаг для перевода тумблера из одного положения в другое, а также малое число положений при переключении (не более трёх). Наибольшее число фиксированных положений реализуется при поворотном способе управления в галетных и барабанных переключателях, особенности конструкции которых обеспечивают малое и стабильное сопротивление контактов. При движковом способе управления надёжная фиксация переключателя обеспечивается в двух положениях. Движковые переключатели удобно применять в ЭС, у которых выступающая часть приводного механизма должна быть малой.

Сокращённая система условных обозначений КУ с ручным управлением включает следующие элементы:

- первый – буква (В – выключатель, П – переключатель);
- второй – буква или сочетание букв, указывающих на способ управления (КН – кнопка, Т – тумблер, ГГ – поворотный галетный переключатель с гетинаксовыми платами, ГК – поворотный галетный переключатель с керамическими платами, Д – движковый и т.д.;

- третий – порядковый номер разработки;
- четвёртый – номер типоминимала конструктивного исполнения.

В полном условном обозначении указывается также документ на поставку.

Некоторые типы переключателей обозначаются несколько иначе (или по-другому), эти отличия от рассмотренной системы обозначений указаны в справочной литературе, технических условиях и упаковочных листах. Так, в частности, система условного обозначения коммутационных и командных кнопок подобна системе обозначений реле, а ряд перекидных и поворотных переключателей обозначаются согласно старой системе обозначений.

Приведём примеры. Обозначение П2ГЗ-11П14Н ЦЕ0.360.016ТУ означает переключатель галетный на 11 положений и 14 направлений, поставляемый по документу ЦЕ0.360.016ТУ. Как видно, это обозначение имеет некоторые отличия от рекомендуемой системы. Другое ЭРИ, обозначенное записью ПТ57 АГ0.360.053ТУ, определяется как перекидной переключатель – тумблер, с порядковым номером разработки 5, типоминималом конструктивного исполнения 7 и документом на поставку АГ0.360.053ТУ. Эта запись выполнена полностью в соответствии с рассмотренной системой условных обозначений.

К основным параметрам КУ ручного управления относят следующие:

- 1) число положений переключения;
- 2) способ фиксации;
- 3) диапазон коммутируемых напряжений;
- 4) диапазон коммутируемых токов;
- 5) максимальная коммутируемая мощность;
- 6) сопротивление электрических контактов;
- 7) максимальное число переключений;
- 8) электрическая прочность изоляции;
- 9) климатические и механические эксплуатационные показатели;
- 10) габаритные размеры, масса и др.

Установка КУ ручного управления в аппаратуру проводится в специально выполненные в панели отверстия (прорези) с последующей фиксацией крепёжными элементами, при этом следует обеспечить защиту от самопроизвольного раскручивания крепежа.

Если на панели расположено несколько однотипных КУ, то они должны различаться по форме, размерам и цвету приводных элементов. Начальное расположение таких ЭРИ необходимо ориентировать с использованием графических изображений и поясняющих надписей, указывающих на положение приводного органа и соответствующие коммутируемые параметры.

Приводные элементы любых КУ обязательно должны изолироваться от корпуса, наибольшее внимание при этом следует уделять КУ, коммутирующих электрические цепи с напряжением свыше 36 В.

Вопросы для контроля

1. Какие ЭРИ относят к группе пассивных элементов?
2. Как производится классификация резисторов?
3. Как производится обозначение резисторов в соответствии с действующей системой условных обозначений?
4. Какие параметры резисторов являются наиболее важными?
5. Какие маркировочные знаки наносят на корпуса резисторов при буквенно-цифровой и цветовой маркировке?
6. По каким признакам осуществляется классификация конденсаторов?
7. Как обозначаются конденсаторы в технической документации?
8. Какие основные параметры конденсаторов Вы знаете?
9. Как производят маркировку конденсаторов?
10. Как осуществляется классификация трансформаторов?
11. Какие типы магнитопроводов используются в конструкциях трансформаторов?
12. Как обозначаются различные типы унифицированных трансформаторов в технической документации?
13. Какие основные параметры трансформаторов Вы знаете?
14. Как осуществляется маркировка трансформаторов?
15. Какие ЭРИ относят к КУ с магнитным управлением?
16. В чём заключается принцип работы электромагнитного реле?
17. Как осуществляется классификация реле?
18. Как обозначают реле в технической документации?
19. Как выполняется маркировка реле?
20. По каким признакам классифицируют герконы?
21. Как обозначаются герконы?
22. Какие основные параметры герконов Вы знаете?
23. Какие ЭРИ относят к КУ с механическим управлением?
24. Как классифицируются КУ с ручным управлением?

4. АКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЯ

Диоды, транзисторы, тиристоры, ИМС и полупроводниковые изделия индикации образуют большую группу активных элементов, основным свойством которых является выполнение различных операций (усиление, преобразование, детектирование сигнала и др.) с использованием дополнительных источников электрической энергии.

4.1. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Согласно ГОСТ 15133–77, диодом называют полупроводниковый прибор с одним электрическим переходом и двумя выводами, обладающий несимметричной вольтамперной характеристикой и предназначенный для выпрямления переменного тока, детектирования сигналов и др.

Полупроводниковые диоды классифицируются по различным признакам.

1. В зависимости от назначения диоды подразделяют на выпрямительные, высокочастотные, импульсные, универсальные, светоизлучающие, туннельные, а также стабилитроны, стабисторы, варикапы, тиристоры и др.

2. В зависимости от способа защиты от внешних факторов различают неизолированные диоды, не предусматривающие касания своим корпусом токоведущих и токопроводящих частей ЭС, изолированные диоды, имеющие специальное изоляционное покрытие, либо корпус, изготовленный из диэлектрического материала и герметичные диоды, полностью исключающие воздействие окружающей среды на полупроводниковый кристалл.

3. По способу монтажа выделяют диоды для навесного, печатного монтажа и для микросборок.

4. По площади $p-n$ перехода различают плоскостные, у которых линейные размеры, определяющие площадь перехода, значительно больше его толщины, и точечные диоды, все размеры электрического перехода которых меньше характеристической длины, определяющей физические процессы в переходе и окружающих его областях.

5. По материалу полупроводникового кристалла различают диоды на основе соединений германия, кремния, галлия и индия.

В качестве примера на рис. 4.1 представлен внешний вид различных диодов, на рис. 4.2 показано конструктивное оформление точечного диода в стеклянном корпусе, а на рис. 4.3 приведены условно-графические обозначения по ГОСТ 2.730–73 для некоторых разновидностей диодов.

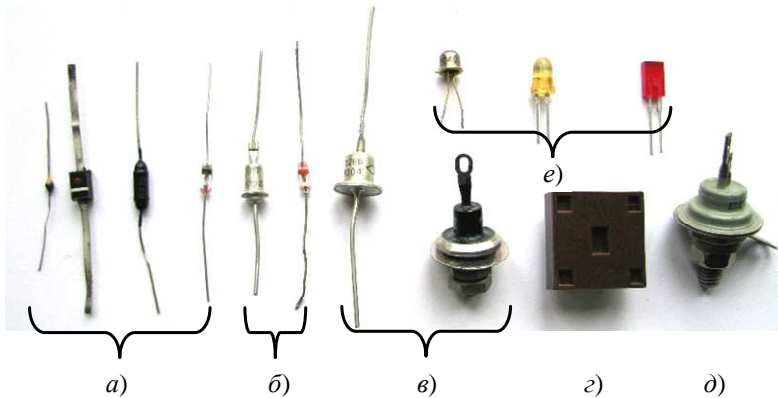


Рис. 4.1. Внешний вид различных диодов:

a – универсальные низкочастотные плоскостные и точечные диоды;
б – стабилитроны; *в* – выпрямительные диоды; *з* – выпрямительный блок;
д – тиристор триодный; *е* – светоизлучающие диоды

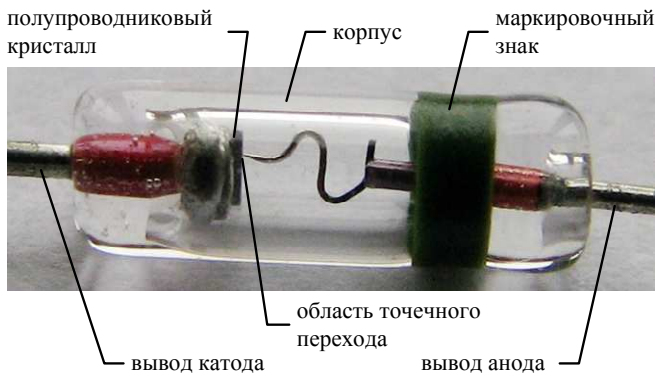


Рис. 4.2. Вариант конструктивного исполнения точечного диода

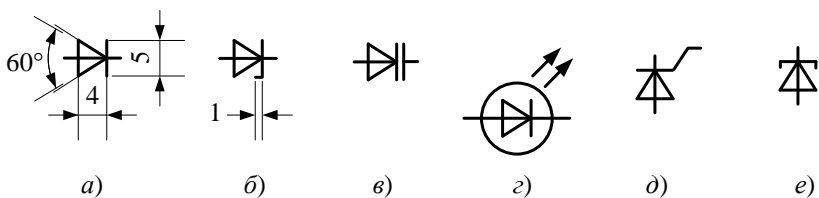


Рис. 4.3. Условно-графические обозначения некоторых диодов:

a – диод; *б* – стабилитрон; *в* – варикап; *з* – светодиод;
д – тиристор триодный с управлением по катоду; *е* – туннельный диод

В соответствии с действующей системой обозначений по ОСТ 11.336.919–81, сокращённое условное обозначение, присваиваемое отечественным диодам, должно состоять из следующих элементов:

- первый – буква (при приёмке ОТК) или цифра (при приёмке заказчиком), обозначающая материал (Г или 1 – для германия, К или 2 – для кремния, А или 3 – арсенид галлия, И или 4 – для соединений индия);
- второй – буква, определяющая группу приборов;
- третий – число, указывающее основные электрические параметры прибора;
- четвёртый – число от 1 до 999, показывающее порядковый номер разработки данного прибора (для стабилитронов и стабилиторов четвёртый элемент обозначения показывает значение номинального напряжения стабилизации);
- пятый – буква русского алфавита (кроме З, Ё, О, Ч, Ш, Щ, Ъ, Ы, Ь, Э, Ю, Я), определяющая разброс параметров полупроводниковых приборов, изготовленных по единой технологии.

Полное условное обозначение полупроводникового диода состоит из сокращённого обозначения и указания документа на поставку.

Например, обозначение 2Д202Р УЖ3.362.035 ТУ определяет кремниевый выпрямительный диод с приёмкой заказчиком, значением прямого тока в пределах от 0,3 до 10 А, номером разработки 02 и разбраковкой по параметрам Р, поставляемый по УЖ3.362.035 ТУ. Обозначению 2С147А СМ3.362.805ТУ соответствует кремниевый стабилитрон мощностью до 0,3 Вт с приёмкой заказчиком, напряжением стабилизации 4,7 В и разновидностью А, поставляемый по документу СМ3.362.805ТУ.

Маркировка полупроводниковых диодов, если позволяют их габаритные размеры, выполняется буквенно-цифровым кодом, и заключается в нанесении на корпус марки прибора, обозначения выводов и даты изготовления. Однако в настоящее время выпускается большое количество миниатюрных и сверхминиатюрных диодов, на которых буквенно-цифровую маркировку нанести трудно или невозможно. В таких случаях осуществляют маркирование цветовым кодом в виде полос и точек, расположенных, как правило, у анода. При этом цветовой код, с помощью которого маркируется определённый тип диода, устанавливается разработчиком или производителем диода, а его расшифровка приводится в технических условиях, справочниках, на бирках и упаковочных листах. На рисунке 4.2 показан диод Д9Ж, маркированный цветовым кодом. Цвет полосы (зелёный) определяет марку

диода, а расположение полосы указывает на положительный вывод (анод) прибора.

В европейских странах широко используется система обозначений полупроводниковых приборов Pro Electron, разработанная международной организацией Association International Pro Electron. В этой системе принят буквенно-цифровой код, содержащий две буквы и три цифры для полупроводниковых приборов широкого применения, предназначенных для бытовой аппаратуры, и три буквы и две цифры для полупроводниковых приборов, применяемых в ЭС специального назначения.

У полупроводниковых приборов широкого применения за первыми двумя буквами следует трёхзначный порядковый номер от 100 до 999. У полупроводниковых приборов специального назначения третья буква устанавливается в обратном порядке, за которой следует двухзначный порядковый номер от 10 до 99.

Если в одном корпусе собрано несколько идентичных приборов, например, сборка транзисторов, то обозначение выполняется как для единичного прибора, а когда в одном корпусе размещены различные полупроводниковые приборы, то в обозначении в качестве второй буквы используется буква G.

В соответствии с системой Pro Electron, условное обозначение состоит из следующих элементов:

- первый – буква, обозначающая материал полупроводникового кристалла: А – германий, В – кремний, С – арсенид галлия, D – сплавы на основе индия, R – другие полупроводниковые материалы;

- второй – буква, устанавливающая функциональное назначение полупроводникового прибора: А – диоды общего назначения, В – варикапы, С – транзисторы маломощные низкочастотные, D – транзисторы мощные низкочастотные, E – диоды туннельные, F – транзисторы мощные низкочастотные, G – сборки приборов, H – магниточувствительные диоды, K – приборы на основе эффекта Холла, L – транзисторы мощные высокочастотные, P – фотодиоды, фототранзисторы, Q – светоизлучающие приборы, R – приборы, работающие в области пробоя, S – транзисторы переключающие маломощные, T – тиристоры, регулирующие и переключающие мощные приборы; U – транзисторы мощные переключающие, X – диоды умножительные, Y – диоды выпрямительные мощные, Z – стабилитроны;

- третий элемент – буква, определяющая изготовителя.

В обозначениях стабилитрона после буквенно-цифрового обозначения типа буквенным кодом указывается допустимое отклонение напряжения пробоя и номинальное напряжение стабилизации. Для

обозначения допускаемого отклонения напряжения пробоя используются следующие буквы: А (для отклонения $\pm 1\%$); В ($\pm 2\%$); С ($\pm 5\%$); D ($\pm 10\%$); Е ($\pm 15\%$). Номинальное напряжение стабилизации указывается через символ V, который используется в качестве десятичной запятой.

В качестве примера рассмотрим несколько обозначений полупроводниковых приборов по системе Pro Electron. Запись AA113 означает германиевый диод общего назначения с регистрационным порядковым номером 113; обозначение BZY88C6V8 определяет кремниевый стабилитрон для специальной аппаратуры (имеется третья буква Y) с регистрационным номером 88, допускаемым отклонением напряжения стабилизации $\pm 5\%$, на номинальное напряжение стабилизации 6,8 В.

Основными общими электрическими параметрами всех видов полупроводниковых диодов являются:

1. Постоянное прямое напряжение $U_{пр}$ – значение напряжения, обусловленное постоянным прямым током диода.
2. Импульсное прямое напряжение $U_{пр}^и$ – наибольшее мгновенное значение $U_{пр}$, обусловленное импульсным прямым током диода.
3. Постоянное обратное напряжение $U_{обр}$ – значение напряжения, приложенное к диоду в обратном направлении.
4. Импульсное обратное напряжение $U_{обр}^и$ – наибольшее мгновенное значение $U_{обр}$, обусловленное импульсным обратным током диода.
5. Пробивное напряжение $U_{проб}$ – значение $U_{обр}$, вызывающее пробой перехода диода.
6. Постоянный прямой ток $I_{пр}$ – значение тока, протекающего через диод в прямом направлении.
7. Импульсный прямой ток $I_{пр}^и$ – максимальное мгновенное значение $I_{пр}$.
8. Постоянный обратный ток $I_{обр}$ – значение тока, протекающего через диод в обратном направлении при заданном $U_{обр}$.
9. Импульсный обратный ток $I_{обр}^и$ – наибольшее мгновенное значение $I_{обр}$.

10. Прямая рассеиваемая мощность $P_{пр}$ – значение мощности, рассеиваемой диодом при протекании $I_{пр}$.

11. Время обратного восстановления диода $t_{обр}^{вос}$ – время переключения диода с заданного $I_{пр}$ на заданное $U_{обр}$ от момента прохождения тока через нулевое значение до момента достижения $I_{обр}$ заданной величины.

В зависимости от назначения диода выделяется ряд специфических параметров. Так, для варикапов одним из основных специальных параметров является значение его общей ёмкости при заданном $U_{обр}$, а для стабилитронов и стабилиторов – значения напряжения $U_{ст}$ и тока $I_{ст}$ стабилизации.

При проектировании ЭС выбор конкретного типа диода осуществляется в соответствии с его основными параметрами. Например, при разработке выпрямителя внимание следует уделить таким параметрам диода, как обратное напряжение, прямой ток и прямая рассеиваемая мощность, причём их значения у выбранного типа диода должны превышать максимально возможные величины в проектируемом устройстве на 30...50%.

При установке диодов в аппаратуру особую значимость приобретает обеспечение их тепловых режимов, так как свойства полупроводниковых материалов существенно зависят от температуры. Поэтому диоды не следует располагать вблизи мощных источников теплового излучения. В случае, когда сам прибор рассеивает значительную мощность, его необходимо размещать на специальном теплоотводящем радиаторе. Если корпус аппаратуры должен быть изолирован, то для уменьшения общего теплового сопротивления лучше изолировать радиатор от корпуса изделия, чем диод от теплоотвода. Во избежание перегрева и выхода диода из строя, температура припоя и время пайки не должны превышать указанных в технической документации регламентированных значений.

4.2. ТРАНЗИСТОРЫ

Термин «транзистор» происходит от английских слов transfer и resistor и переводится как «передающий резистор». Транзистор представляет собой полупроводниковый прибор с тремя (иногда четырьмя) выводами и предназначен для управления током в его выходной цепи с помощью тока (или напряжения) во входной цепи.

В соответствии с ОСТ 11.336.919–81 и терминологией по ГОСТ 15133–77, транзисторы классифицируются по ряду различных признаков.

1. По области применения выделяют транзисторы общего назначения, переключательные, генераторные, низко- и высокочастотные, высоковольтные, маломощные, малой, средней, большой мощности и др.

2. По способу управления различают биполярные (управляемые током, усилительные свойства которых обусловлены инжекцией и экстракцией неосновных носителей заряда) и униполярные, или полевые (управляемые электрическим полем, усилительные свойства которых обусловлены потоком основных носителей, протекающим через проводящий канал).

3. В зависимости от способа защиты от внешних факторов существуют неизолированные, изолированные и герметичные транзисторы.

4. По способу монтажа выделяют транзисторы для навесного, печатного монтажа и для микросборок.

5. По материалу полупроводникового кристалла различают транзисторы на основе германия, кремния и их соединений.

На рисунке 4.4 представлен внешний вид некоторых транзисторов, а УГО их отдельных разновидностей приведены на рис. 4.5.

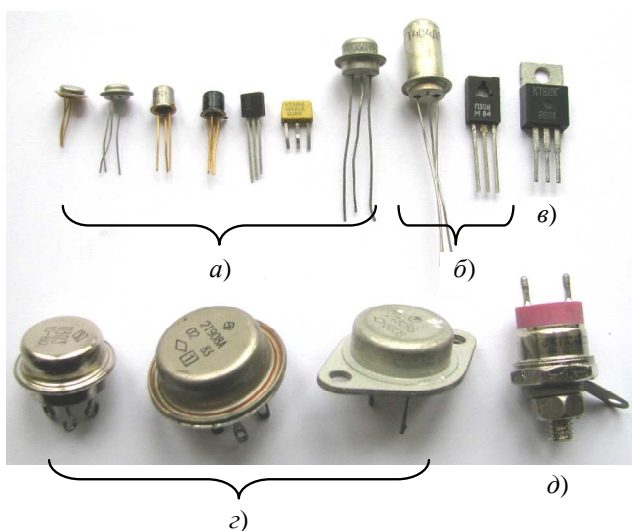


Рис. 4.4. Внешний вид различных транзисторов:

a – маломощные биполярные и полевые транзисторы общего применения;
б – биполярные транзисторы средней мощности; *в*, *г* – мощные транзисторы;
д – высоковольтный мощный транзистор

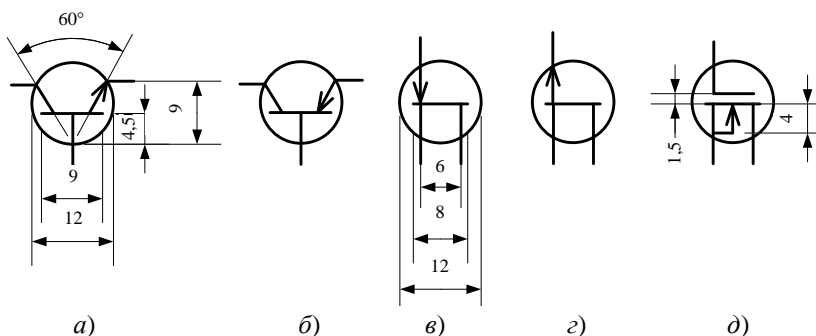


Рис. 4.5. Условно-графические обозначения некоторых транзисторов:

a – биполярный типа *NPN*; *б* – биполярный типа *PNP*;
в – полевой с *N*-каналом; *г* – полевой с *P*-каналом; *д* – полевой с *N*-каналом и соединением истока с подложкой

Классификация и система обозначений отечественных типов транзисторов устанавливается государственными и отраслевыми стандартами (например, ОСТ 11.336.919–81), в основу которых положен буквенно-цифровой код. В общем случае обозначение транзисторов включает в свой состав следующие элементы:

- первый – буква или цифра, обозначающая полупроводниковый материал (Г или 1 – германий, К или 2 – кремний). В первом элементе обозначения транзистора применение буквы или цифры зависит от вида приёмки изделий на предприятии-изготовителе. Транзисторы с приёмкой ОТК имеют буквенное, а с приёмкой заказчиком – цифровое обозначения;

- второй – буква, определяющая группу транзистора по способу управления (Т – биполярные и П – полевые);

- третий – цифра, определяющая основные функциональные возможности транзистора;

- четвёртый – число, обозначающее порядковый номер разработки прибора. Для обозначения порядкового номера разработки используются числа от 01 до 999.

- пятый элемент – буква, условно определяющая разброс параметров однотипных транзисторов, изготавливаемых по единой технологии.

В конце условного обозначения для бескорпусных транзисторов через дефис добавляется буква, определяющая конструктивное испол-

нение: 1 – с гибкими выводами без подложки; 2 – с гибкими выводами на подложке; 3 – с жёсткими выводами без подложки; 4 – с жёсткими выводами на подложке; 5 – с контактными площадками без подложки и без выводов; 6 – с контактными площадками на подложке, но без выводов. Для обозначения набора однотипных транзисторов, собранных в одном корпусе, стандарт предусматривает букву С, которая записывается после второго элемента обозначения.

Например: КТ315Б – кремниевый биполярный транзистор с приёмкой ОТК малой мощности, граничной частотой более 30 МГц, номером разработки 15 и классификационной группой Б; 2ТС613Г – сборка кремниевых биполярных транзисторов с приёмкой заказчика средней мощности, граничной частотой более 30 МГц, номером разработки 13 и группой разброса параметров Г.

За рубежом для обозначений транзисторов используется система Pro Electron, рассмотренная выше. Например, обозначение BC547 означает кремниевый (В) маломощный низкочастотный транзистор (С) с регистрационным номером 547 (аналог отечественного транзистора КТ3102А).

Транзисторы малой мощности в металлических корпусах, а также транзисторы средней и большой мощности в металлических, пластмассовых и керамических корпусах маркируются полным буквенно-цифровым обозначением на поверхности корпусов в соответствии с рассмотренной выше классификацией.

Если корпус маломощного транзистора изготовлен из пластмасы, то такой транзистор маркируется либо полным обозначением, либо специальным цветовым кодом, который устанавливается заводом-изготовителем или разработчиком транзистора, а его расшифровка приводится в технических условиях, справочниках, на бирках и упаковочных листах.

Идентификация (цоколёвка) выводов транзисторов любого конструктивного исполнения приводится также в технических условиях и справочной литературе.

Основными группами параметров биполярных транзисторов являются следующие.

1. Параметры постоянного тока, характеризующие неуправляемые токи транзистора, связанные с обратными токами перехода (обратный ток коллектора $I_{КБО}$ – ток через коллекторный переход при заданном обратном напряжении между коллектором и базой при отключённом эмиттере; обратный ток эмиттера $I_{ЭБО}$ – ток через эмит-

терный переход при заданном обратном напряжении между эмиттером и базой при отключённом коллекторе и другие параметры).

2. Малосигнальные параметры, характеризующие работу транзистора при воздействии сигнала, возрастание амплитуды которого в 1,5 раза приводит к незначительному изменению параметра (малый сигнал). Сюда относят такие параметры, как входное сопротивление транзистора при короткозамкнутом выходе (h_{11}), коэффициент передачи тока при включении транзистора с общим эмиттером ($h_{21э}$) и др.

3. Высокочастотные параметры, характеризующие работу транзистора на высоких частотах (граничная частота $f_{гр}$, ёмкость коллекторного перехода C_k , коэффициент шума $K_{ш}$ и другие параметры).

4. Параметры большого сигнала, характеризующие работу транзистора при изменении токов и напряжений в широких пределах. К ним относят статический коэффициент передачи тока и статическую крутизну прямой передачи.

5. Тепловые параметры, характеризующие устойчивость транзисторов при работе в широком диапазоне температур и определяющие связь между рассеиваемой прибором электрической мощностью и температурой его перехода. Основными тепловыми параметрами являются максимальная $T_{макс}$ и минимальная $T_{мин}$ температуры перехода. Так, для германия $T_{макс}$ составляет 80...100 °С, а для кремния – 150...200 °С.

6. Вольтамперные входные и выходные характеристики, содержащие информацию о свойствах транзистора во всех режимах его работы при больших и малых сигналах. По вольтамперным характеристикам можно определять ряд параметров, в том числе не приводимых в справочных таблицах, а также рассчитать цепи смещения, стабилизации режима, оценить работу транзистора в широком диапазоне постоянных и импульсных токов, мощностей и напряжений.

Для полевых транзисторов существует ряд специфических параметров, к основным из которых относят следующие.

1. Начальный ток стока $I_{Сннa}$ – ток, протекающий через сток при нулевом напряжении между затвором и истоком, и напряжении на стоке, равном или превышающем напряжение насыщения.

2. Напряжение отсечки $U_{отс}$ – напряжение между затвором и истоком транзистора, работающего в режиме обеднения, при котором ток стока достигает заданного низкого значения.

3. Остаточный ток стока $I_{C_{оос}}$ – ток, протекающий через сток при напряжении между затвором и истоком, превышающем напряжение отсечки.

4. Ток утечки затвора $I_{зут}$ – ток, протекающий через затвор при заданном напряжении между затвором и остальными выводами, короткозамкнутыми между собой.

5. Крутизна характеристик полевого транзистора S – отношение изменения тока стока к изменению напряжения на затворе при коротком замыкании по переменному току на выходе транзистора в схеме с общим истоком.

6. Входная ёмкость полевого транзистора $C_{вх}$ – ёмкость между затвором и истоком при коротком замыкании по переменному току на выходе в схеме с общим истоком.

7. Выходная ёмкость полевого транзистора $C_{вых}$ – ёмкость между стоком и истоком при коротком замыкании по переменному току на входе в схеме с общим истоком.

Частотные и тепловые параметры, шумовые свойства полевых транзисторов определяются по аналогии с биполярными транзисторами.

Зависимость параметров транзисторов от температуры, режима работы и частоты, а также наличие технологического разброса параметров накладывают специфические требования на принципы построения транзисторных схем, обеспечивающих высокую надёжность в эксплуатационных условиях.

Выбор типа транзистора определяется характером электрической схемы, требованиями к её выходным параметрам и эксплуатационным режимам. Следует помнить, что кремниевые транзисторы по сравнению с германиевыми лучше работают при высоких температурах (вплоть до +125 °С), но их коэффициент передачи по току сильно уменьшается при низких температурах. В области малых токов кремниевые транзисторы имеют более резкую зависимость параметров от тока эмиттера. Не следует применять высокочастотные транзисторы в низкочастотных каскадах, поскольку они склонны к самовозбуждению. Не рекомендуется применять мощные транзисторы в тех случаях, когда можно использовать маломощные, так как при работе мощных транзисторов на малых токах коэффициент передачи по току сильно зависит как от тока, так и от температуры окружающей среды.

Выбор режима работы транзистора определяет его надёжность и долговечность. Не допускается превышение максимально допустимых значений напряжений, токов, температуры, мощности рассеяния,

указанных в предельно допустимых режимах. Защита транзисторов от электрических перегрузок предусматривает ограничение токов и напряжений ниже максимально допустимых значений при их работе в переходных режимах. Например, в режиме переключения на индуктивную нагрузку максимальное напряжение на коллекторе может в несколько раз превышать постоянное напряжение питания, поэтому при включении транзистора энергия, накопленная в катушке индуктивности, может привести к его повреждению. В этом случае необходимо использовать специальные схемы защиты транзисторов от перенапряжения, основанные на поглощении части накопленной катушкой индуктивности энергии или блокировке транзистора от попадания в опасную высоковольтную область. Для защиты транзистора от перегрузки по току вводят токоограничивающие резисторы последовательно с выводами коллектора и эмиттера, а также используют параллельное включение нескольких транзисторов.

Обеспечение теплового режима транзисторов является одной из важнейших задач, которая решается при проектировании ЭС. Теплоотводящие элементы конструкции должны рассчитываться так, чтобы они обеспечивали достаточный отвод тепла от корпуса транзистора в окружающую среду, а температура перехода транзистора не превышала допустимую. При свободной компоновке элементов внутри аппаратуры применяют специальные радиаторы или располагают транзисторы непосредственно на шасси ЭС. При плотной компоновке элементов внутри ЭС или больших мощностях рассеивания мощные транзисторы целесообразно располагать непосредственно на корпусе прибора или на радиаторах, имеющих тепловой контакт с внешней средой. Для эффективной работы радиатора контактирующая с транзистором поверхность должна быть плоской, гладкой, без заусенцев и царапин. Транзисторы необходимо крепить к радиатору при помощи предусмотренных конструкцией деталей (болты, фланцы и др.). Для улучшения теплового контакта между транзистором и теплоотводом используют специальные пасты, например пасту кремнийорганическую теплопроводящую КПТ-8 ГОСТ 19783–74. Электрическая изоляция транзистора от радиатора достигается установкой прокладок из слюды, металлокерамики, фторопластовой плёнки, а также использованием радиаторов с глубоким анодированием, при этом необходимо стремиться к электрической изоляции радиатора от корпуса прибора, а не транзистора от радиатора. Для увеличения эффективности отвода тепла за счёт излучения, радиаторы рекомендуется зачернять или покрывать чёрной матовой краской.

4.3. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Интегральные микросхемы являются самостоятельными сборочными единицами, т.е. представляют собой законченные комплексные электронные устройства. При этом одна ИМС содержит большое количество активных микроминиатюрных элементов, количество которых может составлять от нескольких десятков до сотен тысяч и даже миллионов единиц. Сложность микросхемы определяется степенью интеграции и выражается формулой $K = \lg N$, где K – коэффициент, определяющий степень интеграции, округляемый до ближайшего большого целого числа; N – число входящих в микросхему элементов.

Так, микросхему, содержащую до 10 элементов, называют ИМС первой степени интеграции, содержащую от 11 до 100 элементов – второй степени интеграции, содержащую от 101 до 1000 элементов – ИМС третьей степени интеграции и т.д. Иногда используются и другие определения. Например, ИМС, в которой более 150...200 элементов, называется большой интегральной схемой (БИС), а имеющая более 1000 элементов – сверхбольшой интегральной схемой (СБИС).

Интегральные микросхемы классифицируются по ряду признаков.

1. По способу преобразования сигнала выделяют аналоговые, цифровые и аналого-цифровые ИМС. Типичным примером аналоговых микросхем являются операционные усилители, линейные интегральные стабилизаторы напряжения и ряд специализированных микросхем – все они оперируют с непрерывным (или плавно изменяющимся) сигналом. К цифровым ИМС относят логические микросхемы, счётчики, мультиплексоры и др. Аналого-цифровые микросхемы содержат элементы аналоговых и цифровых ИМС. Типичными представителями аналого-цифровых микросхем являются цифроаналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи.

2. По технологии изготовления различают полупроводниковые, плёночные, гибридные ИМС и микросборки. Полупроводниковыми называют ИМС, все элементы и внутренние соединения которой выполнены в объёме и на поверхности полупроводникового кристалла. Плёночная ИМС – это микросхема, все элементы и внутренние соединения которой выполнены в виде плёнок. Выделяют толсто- и тонкоплёночные ИМС. Толстоплёночная ИМС представляет собой микросхему, в которой все пассивные элементы, проводники и контактные площадки выполнены по толстоплёночной технологии на диэлектрическом основании. Толстоплёночная технология заключается в образовании плёнок толщиной от 1...2 до 10...25 микрон путём вжигания

резистивных, проводящих и диэлектрических паст в подложку. В тонкоплёночной ИМС все пассивные элементы, проводники и контактные площадки выполнены методом напыления тонких плёнок в вакууме на поверхность диэлектрического основания. Гибридной называется ИМС, в которой кроме плёночных элементов расположены навесные, бескорпусные дискретные элементы. Микросборка представляет собой особое миниатюрное изделие, компоненты которого – транзисторы, диоды, резисторы и другие имеют самостоятельные внешние выводы.

3. По способу защиты от внешних воздействий различают неизолированные, изолированные и герметизированные микросхемы.

4. По способу монтажа выделяют микросхемы с однорядным расположением выводов (SIL), параллельным двухрядным расположением выводов (DIL), параллельным четырёхрядным расположением выводов (QIL) и планарными выводами.

На рисунке 4.6 приведены некоторые виды аналоговых и цифровых микросхем различного конструктивного исполнения.

Система условных обозначений ИМС по ОСТ 11.073.915–80 предусматривает использование шестизначного буквенно-цифрового кода:

– первый элемент – буква К, означающая, что микросхема предназначена для широкого общепромышленного применения. Отсутствие первого элемента указывает на применение микросхемы в специальной продукции;

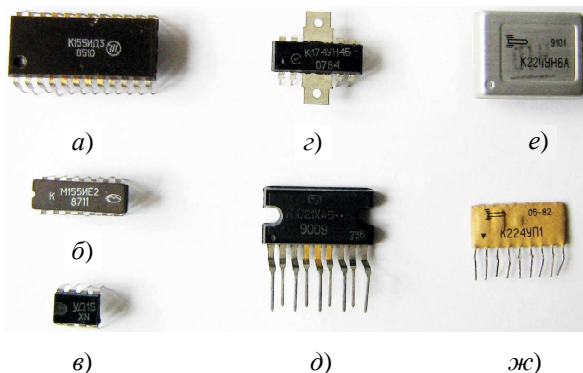


Рис. 4.6. Внешний вид различных аналоговых и цифровых микросхем:
a – в пластмассовом корпусе 2101.24-1 (DIP-24); *б* – в металлокерамическом корпусе 2101.14-1 (DIP-14); *в* – в пластмассовом корпусе 2101.8-1 (DIP-8);
г – в пластмассовом корпусе 201.9-1; *д* – в пластмассовом корпусе 1504Ю.9-В (DBS-9P); *е* – в металлополимерном корпусе «Кулон»;
ж – в керамическом корпусе 115.9-1

– второй – буква, характеризующая материал и тип корпуса (А – пластмассовый планарный корпус; Е – металлополимерный корпус с параллельным двухрядным расположением выводов; И – стеклокерамический планарный корпус; М – металлокерамический, керамический или стеклокерамический корпус с параллельным двухрядным расположением выводов; Н – кристаллоноситель (без выводов); Р – пластмассовый корпус с параллельным двухрядным расположением выводов, С – стеклокерамический корпус с двухрядным расположением выводов, Ф – микрокорпус);

– третий – цифра, указывающая на группу микросхем по конструктивно-технологическому признаку (1, 5, 6, 7 – полупроводниковые микросхемы; 2, 4, 8 – гибридные микросхемы; цифра 3 – прочие);

– четвёртый – две или три цифры, определяющие порядковый номер разработки конкретной серии микросхем;

– пятый – две буквы, показывающие функциональное назначение микросхем по выполняемым функциям;

– шестой элемент указывает порядковый номер разработки ИМС внутри конкретной серии микросхем.

Например, К555ЛА3 – цифровая полупроводниковая микросхема общепромышленного применения, в пластмассовом корпусе с параллельным двухрядным расположением выводов, содержит 4 элемента И-НЕ; 521СА3 – микросхема с приёмкой заказчиком в металлическом корпусе, функциональное назначение – схема сравнения по напряжению (компаратор), номер разработки 3.

Маркировка отечественных интегральных микросхем производится методом нанесения на корпус микросхемы полного обозначения, даты изготовления и особого условного символа (фирменного знака) завода-изготовителя.

За рубежом существуют различные системы обозначений и маркировки ИМС. Например, в странах ЕС обозначения ИМС присваиваются в соответствии с международной системой Pro Electron, состоящей из трёх элементов, за которыми следует серийный номер:

– первый элемент отражает класс микросхемы по принципу преобразования сигнала: S – цифровая, T – аналоговая, U – аналого-цифровая;

– второй элемент обозначает рабочий диапазон температур микросхемы: А – без нормирования рабочего диапазона, В – от – 55 до + 125 °С, С – от – 25 до + 70 °С, D – от – 25 до + 85 °С, F – от – 40 до + 85 °С;

– третий элемент определяет тип корпуса: В – корпус SIL, С – цилиндрический корпус, D – корпус DIL, F – плоский корпус, P – корпус DIP, Q – корпус QIP, U – бескорпусная микросхема.

Например, обозначение SFF2040D TIC означает, что изделие представляет собой цифровую микросхему (S), диапазон рабочих температур которой составляет от –40 до +85 °С (F), с серийным номером F2040, типом корпуса DIL (D), изготовленную фирмой Texas Instruments (TIC).

Основными общими параметрами микросхем всех типов являются:

1) напряжение питания $U_{\text{пит}}$ (у микросхем разных серий может существенно различаться);

2) потребляемая микросхемой мощность $P_{\text{м}}$.

Дополнительно для цифровых микросхем указываются ряд специфических параметров, в частности напряжения логического нуля и единицы, переключательная функция и другие, а для аналоговых микросхем – те параметры, которые соответствуют её функциональному назначению. Например, для усилителей указывают коэффициент усиления, диапазон частот, коэффициент нелинейных искажений и другие параметры.

Вопросы для контроля

1. Какие ЭРИ относят к группе активных элементов?
2. Как производится классификация полупроводниковых диодов?
3. Как производится обозначение диодов в соответствии с действующей системой условных обозначений?
4. Какие маркировочные знаки наносят на корпуса диодов при буквенно-цифровой и цветовой маркировке?
5. По каким признакам осуществляется классификация транзисторов?
6. Как обозначаются транзисторы в технической документации?
7. Как производят маркировку транзисторов?
8. Как осуществляется классификация интегральных микросхем?
9. Как обозначаются различные типы интегральных микросхем в технической документации?
10. Как осуществляется маркировка интегральных микросхем?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная в учебном пособии конструкторско-технологическая документация составляет основу организационно-методического обеспечения всех этапов жизненного цикла проектирования и производства электронных средств различного назначения. Полный состав технической документации насчитывает сотни различных инструкций, стандартов, нормативов, норм, правил и других документов, поэтому в учебном пособии приведены лишь базовые сведения о назначении основных конструкторско-технологических документов и их применении при разработке ЭС.

Представленная в пособии информация об электронных модулях нулевого уровня конструктивной иерархии составляет лишь малую толику сведений в области проектирования ЭРИ различного назначения и принципа действия. Сведения об этих и других ЭРИ приведены в справочниках, технических условиях и другой специальной литературе, и специалист-проектировщик должен уметь разбираться во всём разнообразии элементной базы и правильно осуществлять её выбор при разработке ЭС в соответствии с техническим заданием и условиями эксплуатации.

Процессы проектирования, производства электронной аппаратуры в настоящее время уже немислимы без использования современных информационных технологий. Следовательно, специалист-проектировщик должен не только знать и уметь применять на практике принципы и методы проектирования ЭС, разрабатывать конструкторско-технологическую документацию, но и свободно владеть средствами вычислительной техники, иметь навыки работы с различными пакетами систем автоматизированного проектирования. Только в этом случае специалист будет соответствовать современным требованиям, предъявляемым к проектировщику ЭС, и всегда будет востребован на рынке труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единая система конструкторской документации: справочное пособие. – М. : Издательство стандартов, 1989.
2. ГОСТ 2.105–95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – М. : Стандартинформ, 2005.
3. ГОСТ 2.101–68. Единая система конструкторской документации. Виды изделий. – М. : Издательство стандартов, 1995.
4. ГОСТ 2.201–80. Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов. – М. : Издательство стандартов, 1995.
5. ГОСТ 2.701–84. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения схем. – М. : Издательство стандартов, 2000.
6. ГОСТ 2.702–75. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. – М. : Издательство стандартов, 2000.
7. ГОСТ 2.721–74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. – М. : Издательство стандартов, 1998.
8. ГОСТ 2.710–81. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – М. : Издательство стандартов, 2000.
9. Единая система технологической документации : справочное пособие / Е.А. Лобода, В.Г. Мартынов, Б.С. Мендриков и др. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 325 с.
10. ГОСТ 2.051–2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. – М. : Стандартинформ, 2007.
11. ГОСТ 16019–2001. Аппаратура сухопутной подвижной радиосвязи. Требования по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и методы испытаний. – М. : Издательство стандартов, 2002.
12. ГОСТ 15150–69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М. : Стандартинформ, 2006.
13. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА : справочник / Н.Н. Акимов, Е.П. Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходорёнок. – Мн. : Беларусь, 1994. – 591 с.

14. Петухов, В.М. Транзисторы и их зарубежные аналоги. Полевые и высокочастотные биполярные транзисторы средней и большой мощности : справочник. В 4 т. – 2-е изд., испр. – М. : ИП РадиоСофт, 2000. – 672 с.

15. Галкин, В.И. Полупроводниковые приборы : справочник / В.И. Галкин, А.Л. Булычев, В.А. Прохоренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн. : Беларусь, 1987. – 285 с.

16. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы: справочное пособие / С.В. Якубовский, Н.А. Барканов, Л.И. Ниссельсон и др. ; под ред. С.В. Якубовского. – М. : Радио и связь, 1985. – 432 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	4
1.1. Стадии проектирования ЭС	4
1.2. Модульный принцип проектирования	5
1.3. Общие сведения о технической документации	7
1.4. Единая система конструкторской документации	7
1.4.1. Схемная конструкторская документация	9
1.4.2. Чертежи деталей	12
1.4.3. Сборочные чертежи	13
1.5. Электронная документация	17
Вопросы для контроля	20
2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ НУЛЕВОГО УРОВНЯ	22
2.1. Общие сведения о конструкциях электронных модулей нулевого уровня	22
2.2. Требования к электронным модулям нулевого уровня по устойчивости к механическим и климатическим воздействиям	24
2.3. Обозначение конструкторских документов на электрон- ные модули нулевого уровня в соответствии с класси- фикатором ЕСКД	26
Вопросы для контроля	28
3. ПАССИВНЫЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЯ	29
3.1. Резисторы	29
3.2. Конденсаторы	35
3.3. Трансформаторы и дроссели	40

3.4. Коммутационные устройства с магнитным управлением	44
3.5. Коммутационные устройства с механическим управлением	52
Вопросы для контроля	58
4. АКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЯ	59
4.1. Полупроводниковые диоды	59
4.2. Транзисторы	64
4.3. Интегральные микросхемы	71
Вопросы для контроля	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	76

Учебное издание

МУРОМЦЕВ Дмитрий Юрьевич,
ТЮРИН Илья Вячеславович

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебное пособие

Редактор И.В. Калистратова
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано в печать 05.04.2011.
Формат 60 × 84/16. 4,65 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 144

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14