

# ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТЫ И ЭЛЕКТРОННЫЕ УЗЛЫ

**Электронный элемент** - это конструктивно самостоятельное образование, выполняющее одну элементарную функцию (резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности).

**Электронная схема** - реализуется на основе многих дискретных элементов (запоминающий элемент, усилительный каскад, логический элемент).

**Функциональный модуль** - образуется при соединении нескольких элементарных схем в одну конструктивно законченную сборочную единицу.

**Узел** - конструктивное объединение нескольких модулей.

Полевые и биполярные транзисторы, полупроводниковые диоды и резисторы, конденсаторы и прочие электронные приборы и радиодетали часто называют элементами радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), или **электрорадиоэлементами**, так как они составляют основу функциональных структур, реализующих обусловленные назначением аппаратуры алгоритмы формирования, преобразования хранения, обработки и воспроизведения сигналов.

Использование специальной технологии изготовления тонких слоев различной проводимости на изоляционной подложке или целенаправленное изменение проводимости в определенных зонах полупроводникового материала позволило реализовать и объединить различные электрические функции в едином технологическом процессе.

При установке такого элемента в корпус с необходимыми выводами получают **интегральную микросхему (ИМС)** - микроэлектронную схему произвольной сложности, изготовленную на полупроводниковой подложке и помещённую в неразборный корпус, или без такового, в случае вхождения в состав микросборки.

Поскольку размеры отдельных компонентов очень малы (микро- и нанометры), то на одном кристалле при современном развитии технологий, можно поместить более миллиона электронных компонентов.

Одна **микросхема** заменяет несколько элементарных схем, выполненных на основе дискретных элементов. В настоящее время используют две разновидности технологических процессов изготовления **микросхем**:

- тонкопленочные процессы;
- полупроводниковые процессы.

**Микросхемы** бывают:

- полупроводниковыми;
- пленочными;
- гибридными.

**Полупроводниковые микросхемы** изготавливаются путем формирования в монокристаллическом теле полупроводника структуры **интегральной схемы (ИС)** при помощи технологических операций.

Такая полупроводниковая **ИС** может представлять собой законченную конструкцию микроэлектронного изделия, т.е. конструкцию электрической цепи, непосредственно реализующей параметры и характеристики этой цепи.

**Пленочные ИС** имеют подложку из диэлектрика (стекло, керамика и др.). Пассивные элементы, т.е. резисторы, конденсаторы, катушки и соединения между элементами, выполняются в виде различных пленок, нанесенных на подложку.

**Активные элементы** (диоды, транзисторы) не делаются пленочными, так как не удалось добиться их хорошего качества. Таким образом, **пленочные ИС** содержат только **пассивные элементы**.

Так как **пленочная** технология позволяет изготавливать только пассивные элементы, а **полупроводниковая** – активные элементы, то целесообразно использовать их комбинацию. Это приводит к созданию **гибридных интегральных микросхем**.

**Гибридные ИС - интегральные схемы**, в которых применяются плёночные пассивные элементы и навесные элементы (резисторы, конденсаторы, диоды, оптроны, транзисторы), называемые компонентами.

**Электрические связи** между элементами и компонентами осуществляются с помощью плёночного или проволочного монтажа.

## **Достоинства** гибридных микросхем:

- возможность предварительного выбора дискретных элементов;
- низкая стоимость подложек и возможность применения значительно больших номиналов тонкоплёночных конденсаторов и мощных резисторов.

**Недостатком** являются дополнительные контактные площадки для монтажа дискретных элементов или полупроводниковых **ИМ**, которые можно выполнить по тонкоплёночной технологии.

**Компоновка электронного тракта** ОЭП – часть процесса конструирования, связанного с размещением в пространстве или на плоскости различных радиодеталей, микросхем и блоков.

Эту задачу чаще всего решают, используя готовые элементы с заданными формами, размерами и массой, которые следует расположить с учетом электрических, механических, тепловых и других видов связей.

Компоновочные характеристики электронного узла должны находиться в соответствии с параметрами среды, в которой работает прибор, т.е. необходимо учитывать дополнительные объемы для устройства герметизации и уплотнений, установки виброзащитных амортизаторов и систем охлаждения.

Для обеспечения рациональной компоновки **электронного тракта** необходимо прежде всего уяснить его иерархическую структуру **(рис. 1)**.

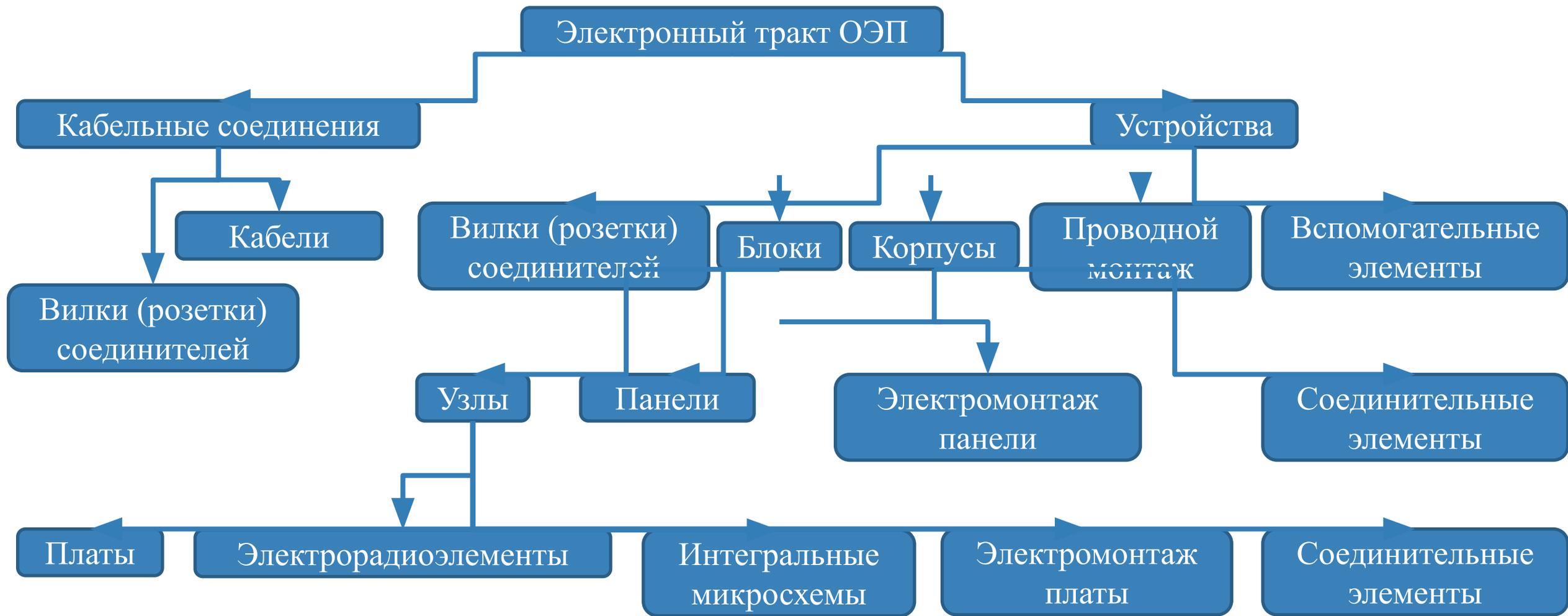


Рис. 1. Иерархическая структура электронного тракта

В зависимости от сложности ОЭП его **электронный тракт** может включать ряд устройств, выполненных в виде шкафов, стоек, сложных по конструкции блоков, пультов управления, соединенных между собой и с оптическими блоками с помощью кабелей.

Эти устройства конструктивно представляют собой корпуса, в которых расположены блоки, содержащие электронные узлы и различные вспомогательные устройства, например для вентиляции, охлаждения, герметизации и т.п.

Блоки внутри стоек могут крепиться как на неподвижных, так и на вращающихся или выдвигаемых рамах и шасси.

К корпусным элементам крепятся розетки и вилки электрических соединителей.

Соединители для подключения блоков и внешних устройств коммутируются между собой с помощью проводного монтажа.

В настоящее время объемный (проводной) монтаж применяют редко, в основном в тех случаях, когда на панелях или платах устанавливаются крупногабаритные элементы (трансформаторы, индикаторы). Кроме того, иногда такой вид монтажа используется в мелкосерийном производстве.

Основным видом электромонтажа в настоящее время является **печатный**.

**Преимущества печатного монтажа** в сравнении с объемным:

- объединение электрорадиоэлементов и электромонтажа в единую конструктивную единицу;
- повышение плотности компоновки и монтажа;
- уменьшение массы и размеров;
- технологичность, сокращение времени изготовления и экономия материалов;
- уменьшение ошибок при монтаже;

- повышение надежности и прочности соединений;
- возможность автоматизации процессов разработки, изготовления и сборки.

## Недостатки печатных плат:

- нежелательные емкостные и индуктивные связи;
- трудность внесения изменений;
- увеличение времени разработки.

Обычно при разработке **печатных плат** исходят из того, что печатный монтаж размещается с одной стороны платы, а навесные элементы - с другой.

**Печатная плата с навесными элементами называется печатным узлом.** Для его изготовления разрабатывается сборочный чертеж, дающий полное представление о компоновке навесных электро- и радиоэлементов и других деталей на печатной плате.

При компоновке электронных узлов и блоков необходимо обеспечивать допустимый минимум паразитных электрических взаимодействий.

Кроме того, для узлов с повышенным тепловыделением следует проводить расчет тепловых режимов. При этом учитывают мощность и расположение источников выделения теплоты в узле, физические свойства материалов деталей, конструкций и расположение самого узла, параметры окружающей среды и др.

В зависимости от результатов расчетов в конструкции узла могут быть предусмотрены радиаторы для отвода и равномерного распределения тепловой энергии. В некоторых случаях может потребоваться обдув элементов или вентиляция внутреннего объема, в котором размещается электронный узел.

В любой конструкции, которая должна содержать отдельно изготавливаемые электрические устройства, необходимо обеспечить между ними электрическую связь.

Эта связь в основном обеспечивается с помощью **электрических контактов**, представляющих собой конструктивно оформленное соединение токопроводящих частей.

**Электрическим контактом** называется соприкосновение тел, обеспечивающее непрерывность электрической цепи, а также устройство, содержащее соприкасающиеся детали.

Качество мест соприкосновения токопроводящих частей должно быть таким, чтобы контакты не оказывали влияния на параметры передаваемого сигнала, т.е. главным назначением электрических контактов является беспрепятственное прохождение электрического тока через поверхность контакта.

При проектировании электрических контактов необходимо учитывать, что соединение и разъединение цепей (коммутация) происходит в течение некоторого времени, а между контактами после их механического разрыва существует электрическая связь вследствие газоразрядных процессов.

Классификация электрических контактов может быть выполнена по:

- **функциональным** признакам;
- **эксплуатационным параметрам** (величина тока и напряжения);
- **конструктивным** признакам (кинематика движения контактных элементов и геометрия).

По **функциональному** признаку контакты могут быть разделены на;

- **неразъемные;**
- **разъемные;**
- **разрывные;**
- **скользящие.**

Классификация электрических контактов по **эксплуатационным параметрам** может быть выполнена, базируясь на:

- величине тока в контактах (сильно и слаботочные цепи);
- на величине контактного напряжения (высоко и низковольтные цепи).

В целом, по **конструкции** все виды контактов могут быть разделены на два класса:

- **неподвижных (контактные соединения);**
- **подвижных.**

**Неподвижные** контакты можно разделить на;

- неразборные (неразъемные);
- разборные;
- разъемные.

Классификация по конструктивным признакам приведена на **рис. 2.**

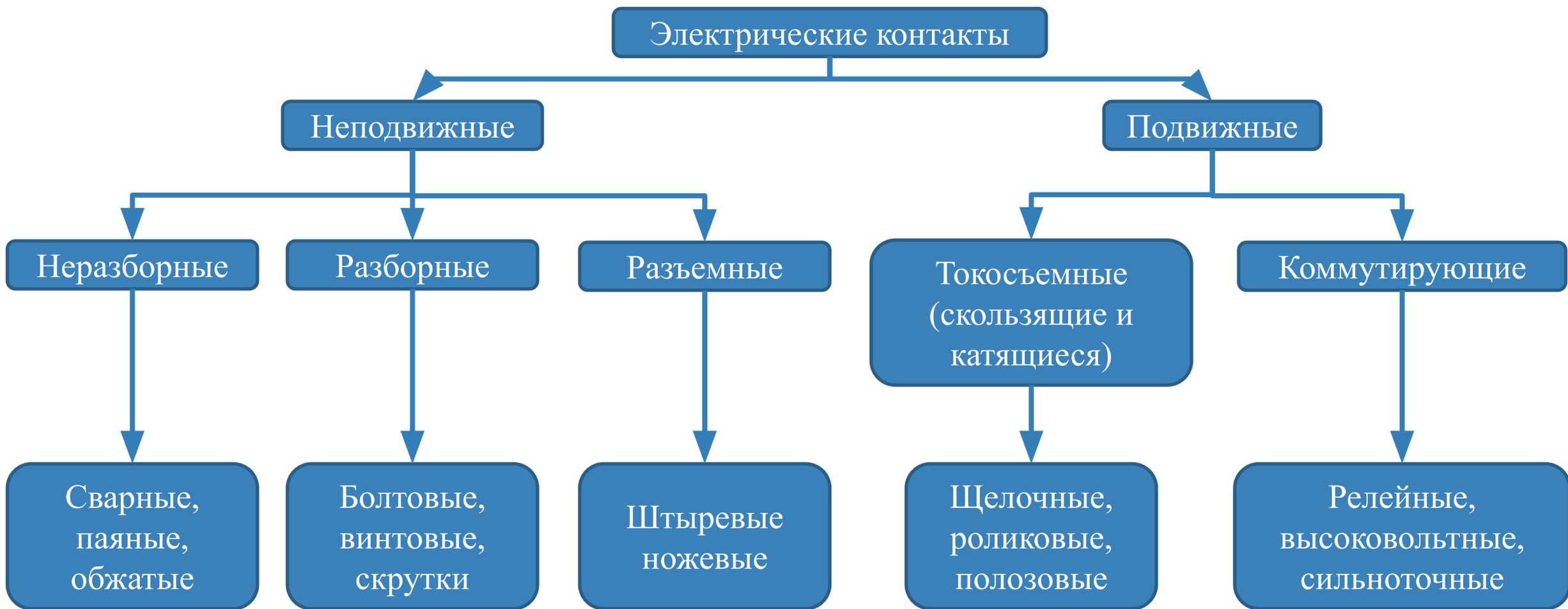


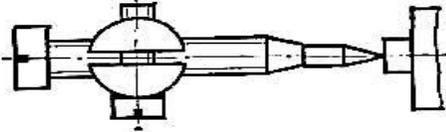
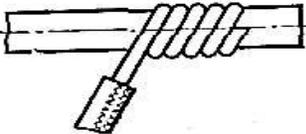
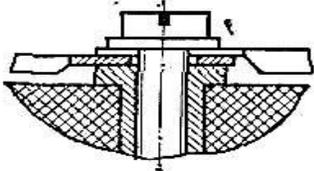
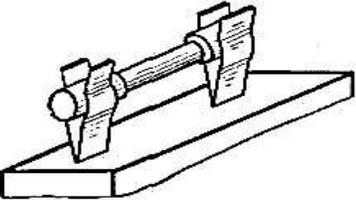
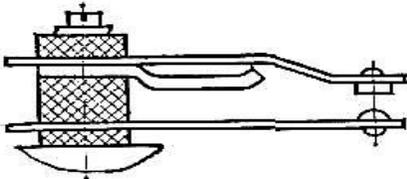
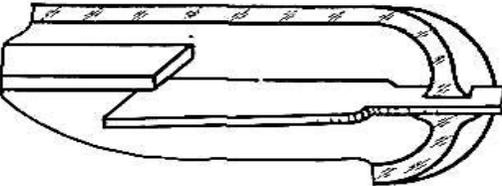
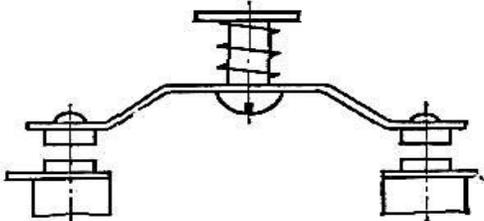
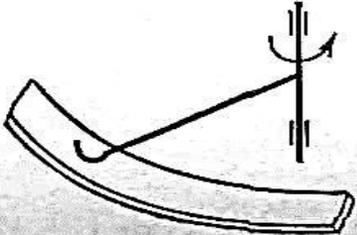
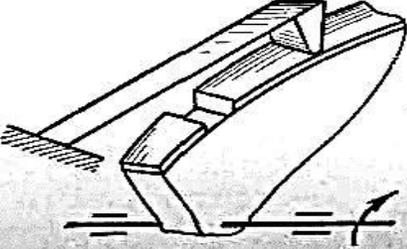
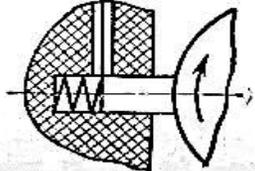
Рис. 2. Классификация электрических контактов по конструкции

В зависимости от формы поверхности соприкосновения все контакты разделяют на **точечные, линейные и плоскостные (табл.1).**

**Точечные контакты** применяют при малых токах (доли и единицы ампера) и требуют небольших контактных усилий.

**Линейные контакты** применяют при токах от нескольких до десятков ампер. Контактные усилия должны быть значительно больше, чем у точечных контактов. Объем контактов также больше. Для экономии материалов линейные контакты часто выполняют пластинчатыми.

# Таблица 1

Контакты	Точечные	Линейные	Плоскостные
Неразъемные			
Разъемные			
Разрывные			
Скользящие			

**Плоскостные контакты** используют при больших токах и требуют значительных контактных усилий.

Для обеспечения соприкосновения контактов по всей контактной поверхности требуется или точная установка контактов, или упругое соединение подвижного контакта с контактоносущей системой, или упругое соединение неподвижного контакта с основанием.

В работе контактов можно выделить четыре состояния:  
**замкнутое, размыкание, разомкнутое и замыкание.**

**Замкнутое** состояние контактов характеризуется искажением параметров цепи из-за неустойчивости сопротивления, емкости и индуктивности в месте контактирования. Поэтому основное требование к контактам - ограничение этих искажений.

**Неразборные контакты** предназначены для постоянного соединения электрических цепей. Они обладают большой прочностью и обеспечивают стабильный электрический контакт с низким переходным сопротивлением.

К неразборным контактам предъявляют следующие требования:

- удобное и быстрое соединение;
- минимальное сопротивление;
- механическая прочность;
- минимальные размеры соединения, чтобы не увеличивать межконтактную емкость и не создавать замыканий между соседними контактами.

В процессе эксплуатации не предусматривается разъединение цепей в месте **неразборного контакта**. Поэтому для получения неразборных контактов часто используют следующие технологические процессы:

- пайка;
- сварка;
- обжатие (опрессовка).

**Разборные контакты** соединяются болтами, винтами или скруткой (накруткой), а также промежуточными деталями. Наиболее распространенными контактами такого типа являются шины - плоские пластины, стянутые болтами.

Винтовое соединение является основным видом соединения проводов к электрическим машинам и приборам и позволяет коммутировать провода независимо друг от друга.

**Разъемные контакты** могут периодически размыкаться, как правило, при отсутствии тока в цепи. Наиболее распространены разъемные контакты типа штырь-гнездо.

Они служат для соединения электрических цепей, которое производят до работы устройства, или для замены электроэлементов. Их применяют также для соединения конструктивно автономных приборных устройств. В этих случаях разъемные контакты выполняют в виде штепсельных разъемов, позволяющих одновременно соединять несколько цепей.

В **неразборных** контактах нет физической границы раздела между проводниками, а в **разборных** эта поверхность есть.

Она контролируется сжимающей нагрузкой и способностью материала к пластической деформации.

Кроме того, очень важны отсутствие загрязнений на поверхности и ее коррозионная стойкость, поэтому контакты часто покрывают мягкими коррозионно-стойкими материалами (олово, серебро, кадмий и т. д.), а также подвергают очистке различными методами.

В **ПОДВИЖНЫХ** контактах, по крайней мере, один из неподвижных компонентов прижимается к подвижному компоненту и отводится от него при замыкании, переключении и размыкании электрической цепи, находящейся под токовой нагрузкой.

В зависимости от назначения выделяют:

- токосъемные (скользящие и катящиеся) контакты;
- коммутирующие (разрывные).

**Скользящие** контакты - это совокупность двух перемещающихся относительно друг друга тел, через которые от одного к другому проходит ток. Они обеспечивают непрерывную коммутацию тока между подвижной и неподвижной частями электрических машин, аппаратов и приборов

**Скользящий** контакт должен обеспечивать непрерывное замыкание электрической цепи, иначе возникают электрошумы, например при регулировке переменных сопротивлений.

Характерной особенностью **скользящих и катящихся** электрических контактов является также их изнашивание в процессе работы.

**Коммутирующие (разрывные)** контакты работают в прерывистом режиме (многочисленные слаботочные контакты реле и контакты электрических аппаратов в силовых цепях).

Они используются при необходимости замыкания или размыкания цепей, находящихся под током.

**Разрывные** контакты используются в **исполнительных контактно-коммутационных (ИККУ) устройствах.**

Работа большого числа электрических приборов (реле, контакторов, выключателей) основана на использовании разрывных контактов.

**Исполнительные контактно-коммутационные устройства (ИККУ)** по типу управления подразделяются на устройства с **электромагнитным** (**электромагнитные реле, герконы**) и **механическим** (**микровыключатели, кнопки**) управлением.

**Электромагнитное реле (ЭР)** - это **ИККУ** с разрывными контактами, скачкообразно срабатывающее при достижении управляющим током или напряжением определенного значения.

В вычислительной технике и автоматических системах большое распространение получили герметизированные контакты - **герконы** (рис. 3, 4). **Геркон** с электромагнитной катушкой составляет **герконовое реле**.

**Геркон** (герметичный (магнитоуправляемый) контакт) - электромеханическое устройство, представляющее собой пару ферромагнитных контактов, запаянных в герметичную стеклянную колбу. При поднесении к геркону постоянного магнита или включении электромагнита контакты замыкаются. **Герконы** используются как бесконтактные выключатели.

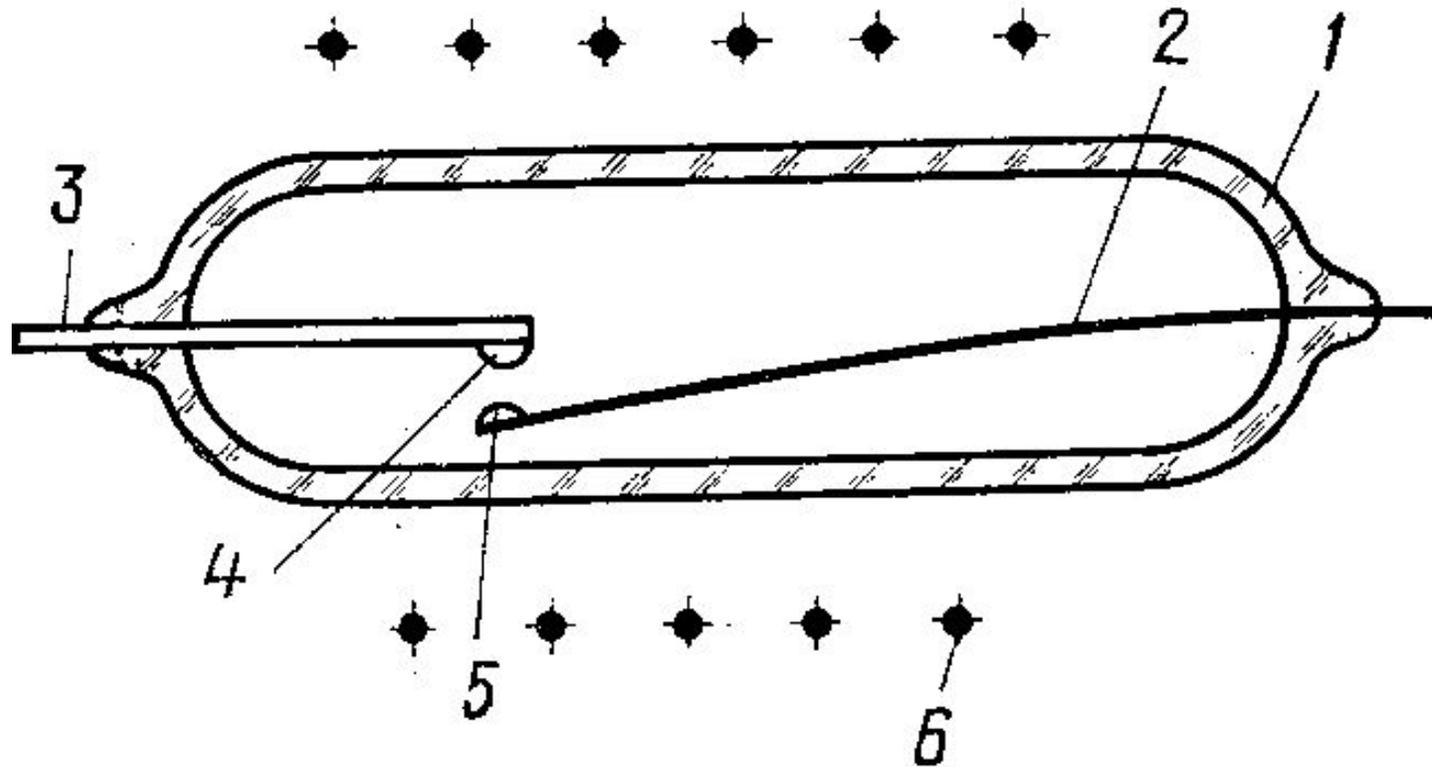


Рис. 3

1 – герметичная оболочка; 2, 3 – пластины, выполненные из материала с высокой магнитной проницаемостью (например, из сплава железа с никелем); 4, 5 – контакты; оболочка находится внутри управляющей катушки 6

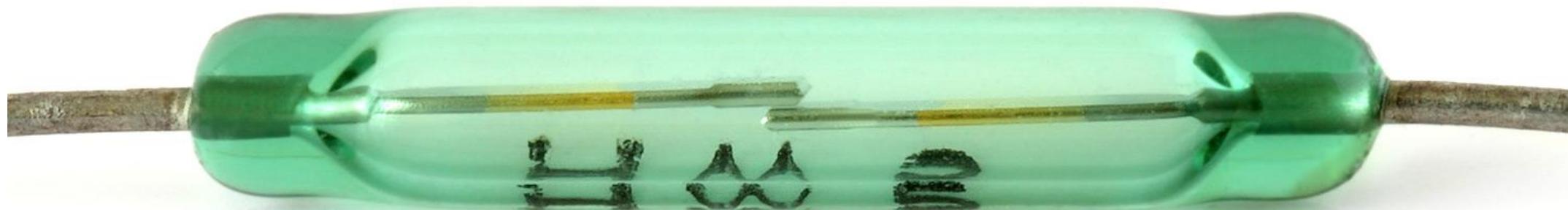


Рис. 4. Геркон

При подаче в катушку напряжения магнитный поток замыкается через пластины **2** и **3**.

В межконтактном промежутке возникает электромагнитная сила. При определенном значении этой силы пластины **2** и **3** изгибаются так, что происходит замыкание контактов **4** и **5**.

При снятии управляющего электрического сигнала контакты размыкаются. Стеклянная оболочка **1** вакуумирована или заполнена инертным газом - смесью азота с гелием или водородом.

## Вакуумирование позволяет:

- применять для контактов износостойкие и эрозийноустойчивые материалы - вольфрам, молибден и др., окисляющиеся в обычных условиях
- применять малые контактные силы, так как окисные и газовые пленки на контактах отсутствуют
- использовать малые межконтактные зазоры, так как электрическая прочность вакуума больше, чем у воздуха (при  $U=1$  мм,  $U_{\text{вак}} = 80$  кВ, а  $U_{\text{возд}} = 20$  кВ)

Преимущества вакуумирования контактов позволяют также получить коммутационные устройства с малыми управляющими мощностями (50... 150 мВт) и с большой износостойкостью (с числом срабатываний  $10^7 \dots 10^9$ ).

Отсутствие массивных подвижных частей определяет малую инерционность герконов (время срабатывания 0,5...2 мс).

Малые размеры некоторых конструкций герконов позволяют получить сравнительно малые межконтактные емкости и индуктивности, что важно при коммутации ВЧ-цепей.

Для создания минимума переходного сопротивления контактов, поверхности касания покрывают золотом, радием, палладием или серебром. При отключении тока в обмотке управления (электромагнита) электромагнитная сила исчезает, и под действием сил упругости контакты размыкаются.

Существуют также герконы, размыкающие цепь при возникновении магнитного поля, и герконы с переключающей группой контактов.

**Герконы** различаются также по конструктивным особенностям. Они бывают сухими (с сухими контактами) и ртутными, в которых капля ртути смачивает контактирующие поверхности, уменьшая их электрическое сопротивление и предотвращая вибрацию пластин в процессе работы.

Можно выделить **герконовое реле** на ферритах, которое обладает свойством памяти. В таких реле для переключения в катушку необходимо подать импульс тока обратной полярности с целью размагничивания ферритового сердечника.

Они называются герметизированными запоминающими контактами или **гезаконами**.

**Гезакон** - герметизированный запоминающий контакт. Разновидность **геркона**. Особенность **гезакона** - сохранение положения (вкл/выкл) после снятия управляющего магнитного поля.

Это происходит за счёт того, что у **гезакона** подвижная часть пружины-контакта изготовлена из магнитного материала с прямоугольной петлёй гистерезиса, обладающего достаточной намагниченностью для удержания контакта в замкнутом состоянии.

## Преимущества герконов:

- герметизирование позволяет использовать их в любых климатических условиях;
- простота конструкции;
- малая масса и габариты;
- высокое быстродействие;
- надежная работа в широком диапазоне температур (-60° ... +120°С).

## Недостатки:

- восприимчивость к внешним магнитным полям;
- хрупкость;
- малая мощность коммутируемых цепей (возможность саморазмыкания при высоких токах).

**Микровыключатель (МВ)** - это **ИККУ** разрывного типа с механическим управлением, характеризующееся релейной зависимостью между управляющей силой и ходом приводного элемента и отличающееся практической независимостью времени коммутации (времени срабатывания) от скорости перемещения приводного элемента.

**Микровыключатель** имеют малые удельный вес и объем. Высокая надежность, малые масса и габариты определяют применение **МВ** в электронике, авиации и др.

Любой **МВ** (например, как на **рис. 5**) состоит из упругой перекидной системы **2**, на которой укреплен один (или более) подвижный контакт **1**, неподвижных контактов **4**, приводного элемента **3** и корпусных деталей.

К приводному элементу извне прикладывается механическая сила. Иногда между приводным элементом **3** и управляющей частью прибора помещается вспомогательный элемент **5** для согласования движения управляющей части прибора с движением приводного элемента **микровыключателя**.

Примеры **микровыключателей** приведены на **рис. 6**.

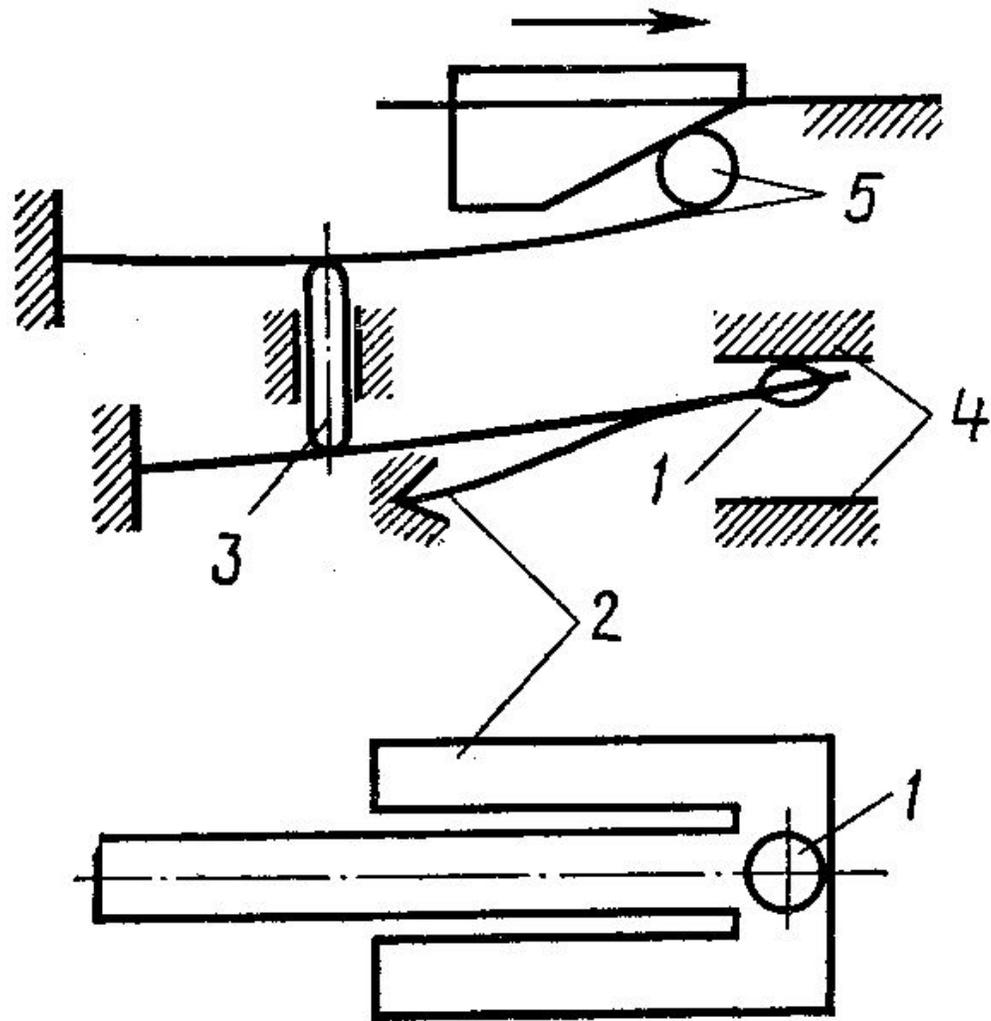


Рис. 5. Схема работы микровыключателя



Рис. 6. Примеры микровыключателей

## Переключатели

Выбор переключателя определяется:

- принятым типом управляющего движения рукоятки (угловое, нажимное или поворотное);
- задачами, решаемыми при управлении;
- схемой коммутации;
- параметрами коммутируемых цепей.

Переключатели с угловым перемещением рукоятки типа тумблер выполняют по двум конструктивным схемам:

- с врубными контактами (рис. 7 а);
- коромыслового типа (рис. 7 б).

В обоих случаях конструкция имеет два устойчивых положения.

При перемещении рукоятки **1** пружина **2** сжимается, аккумулируя энергию.

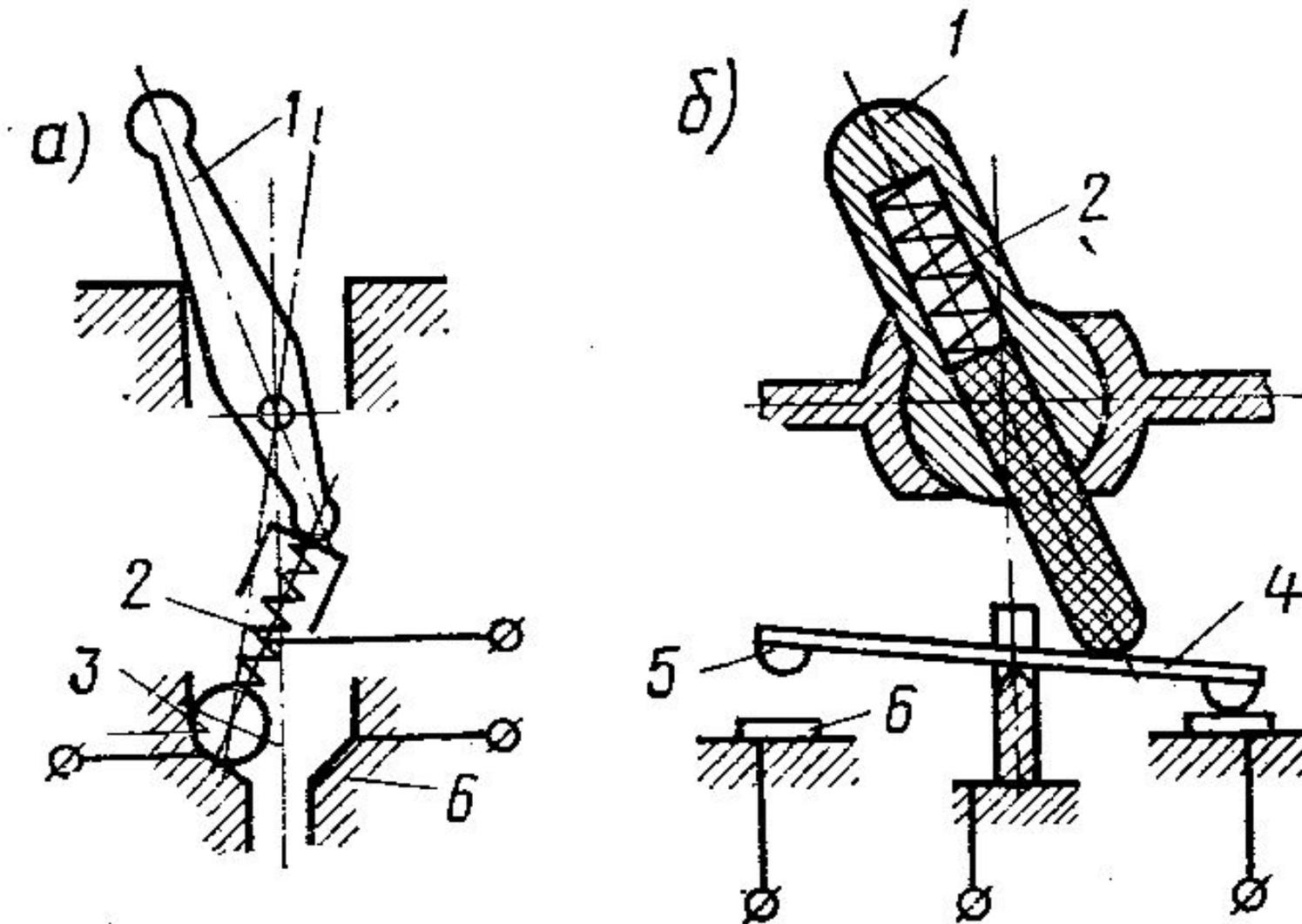


Рис. 7. Переключатели типа тумблер

При достижении положения, показанного штрих-пунктирной линией, конструкция находится в положении неустойчивого равновесия.

При малейшем дальнейшем перемещении происходит резкий переброс ее в устойчивое положение.

Подвижный контакт **3** или закрепленный на коромысле **4** контакт **5** скачком соединяются с неподвижным контактом **6**.

По схеме коммутации переключатели типа тумблер с врубными контактами подразделяют на:

- однополюсные (рис. 8 а);
- однополюсные сдвоенные (рис. 8 б);
- двухполюсные на два положения (рис. 8 в, г).

Эти переключатели имеют два фиксированных положения рукоятки.

Переключатели коромыслового типа могут иметь до трех фиксированных положений рукоятки. Схемы коммутации этих переключателей весьма разнообразны.

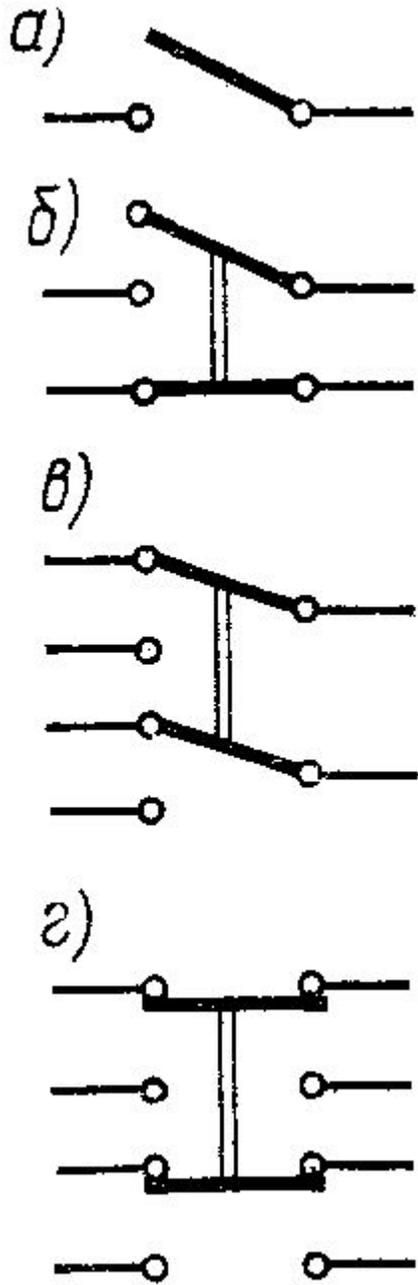


Рис. 8. Схемы коммутации переключателей типа тумблер с врубными контактами



Рис. 9. Примеры переключателей

Рассмотренные коммутирующие устройства являются одними из наиболее применяемых элементов приборных устройств.

Важное значение имеет повышение их надежности:

- за счет правильного подбора (режима работы и условий эксплуатации);
- рациональное размещение (вибрация, температура);
- строгое соблюдение инструкции по монтажу, дублирование.

## Вопросы к экзаменам

1. Электрорадиоэлементы. Микросхемы. Компоновка электронного тракта ОЭП. Проводной и печатный монтаж.