

***Приборы регулирования,  
коммутации и защиты***

В состав регулирующей аппаратуры входят:

- Регулятор напряжения генератора
- Переключающие устройства
- Блок защиты
- Блок реле температуры
- Блок управления зарядом батареи
- Блок управления отоплением.

Все эти блоки представляют собой электронные устройства.

- **Переключающее устройство** состоит из блока регулирования частоты и контактора. Это устройство обеспечивает переключение потребителей с аккумуляторной батареи на подвагонный генератор и обратно при изменении частоты вращения генератора в зависимости от скорости поезда.
- **Блок регулятора частоты** измеряет частоту вращения ротора генератора. При достижении скорости 35-45 км/ч блок регулятора частоты срабатывает и своим исполнительным реле включает контактор, который отключает нагрузку от аккумуляторной батареи, а саму аккумуляторную батарею включает на суммарное напряжение выпрямителей, то есть на заряд.

# **Регулирование напряжения генераторов**

- Вагонные генераторы, приводимые в действие от оси колесной пары, имеют переменную скорость вращения.
- **Отношение максимальной скорости вращения генератора к минимальной обычно находится в пределах 4-4,5.**
- Ввиду этого генератор вырабатывает напряжение не постоянное по величине, а, следовательно, возникает необходимость в регулировании напряжения.

- Регулирование напряжения вагонных генераторов обычно осуществляется путем изменения сопротивления цепи возбуждения, то есть путем изменения тока возбуждения. Этот процесс осуществляется автоматически.
- В цепь возбуждения обычно включается **регулируемое добавочное сопротивление**. При изменении этого сопротивления изменяется ток в обмотке возбуждения генератора и, соответственно, магнитный поток, создаваемый в его магнитной системе.
- В результате этого меняется ЭДС, индуцируемая в обмотке якоря,  
напряжение на выходе генератора

Все регуляторы напряжения генераторов можно разделить на две группы:

- Регуляторы дискретного (импульсного) действия.

Они изменяют ток возбуждения генератора периодически путем подачи кратковременных регулировочных импульсов. При этом среднее значение тока возбуждения поддерживается на заданном уровне.

К таким регуляторам относятся **вибрационные**, а также **транзисторные** или **тиристорные** регуляторы, работающий в ключевом режиме.

- Регуляторы непрерывного действия.

Они изменяют ток возбуждения генератора плавно.

К таким регуляторам относятся угольные, дроссельные, полупроводниковые, с транзисторами, работающими в режиме усиления.

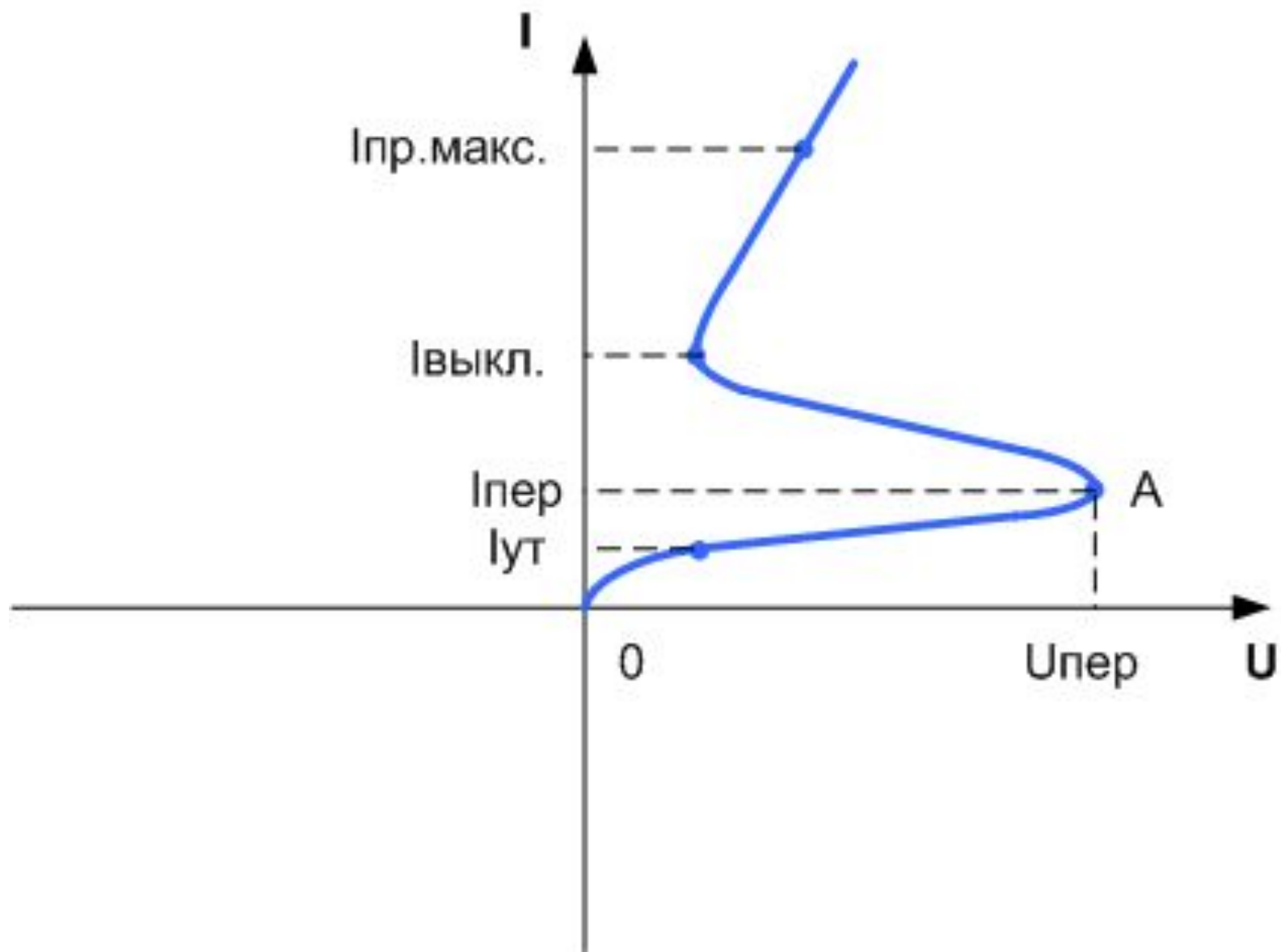
# ***Тиристорный регулятор напряжения***

- **Тиристор** - это полупроводниковый прибор, который служит для электронного переключения.
- Тиристор имеет выводы: анод, катод, управляющий электрод.



***Рассмотрим, как ведет себя тиристор при приложении к нему напряжения в прямом направлении (+ на аноде, - на катоде).***

- В начале, при небольшом значении приложенного напряжения через тиристор будет проходить незначительный ток утечки.
- При дальнейшем увеличении напряжения этот ток будет возрастать очень незначительно.
- Такой режим называется **режимом прямого запертого состояния**.



- На графике этот режим характеризуется участком кривой OA.
- При некотором значении напряжения, называемом **напряжением переключения**, происходит открывание тиристора, то есть ток через него начинает быстро возрастать. В этом случае тиристор работает как обычный клапан в открытом состоянии, сопротивление его снижается, и падение напряжения на переходе уменьшается.
- Если теперь, когда тиристор открыт, понизить ток, проходящий через него, то при некотором значении тока, называемого **ТОКОМ ВЫКЛЮЧЕНИЯ**, клапан снова перейдет в закрытое состояние.

- Все сказанное справедливо для того случая, когда управляющий электрод остается не подключенным к источнику напряжения. Наличие управляющего электрода позволяет открывать тиристор **при анодном напряжении меньшем, чем напряжение переключения.**
- Для этого необходимо к управляющему электроду приложить положительное по отношению к катоду напряжение. Тогда по цепи между управляющим электродом и катодом пойдет ток, называемый **током управления.**

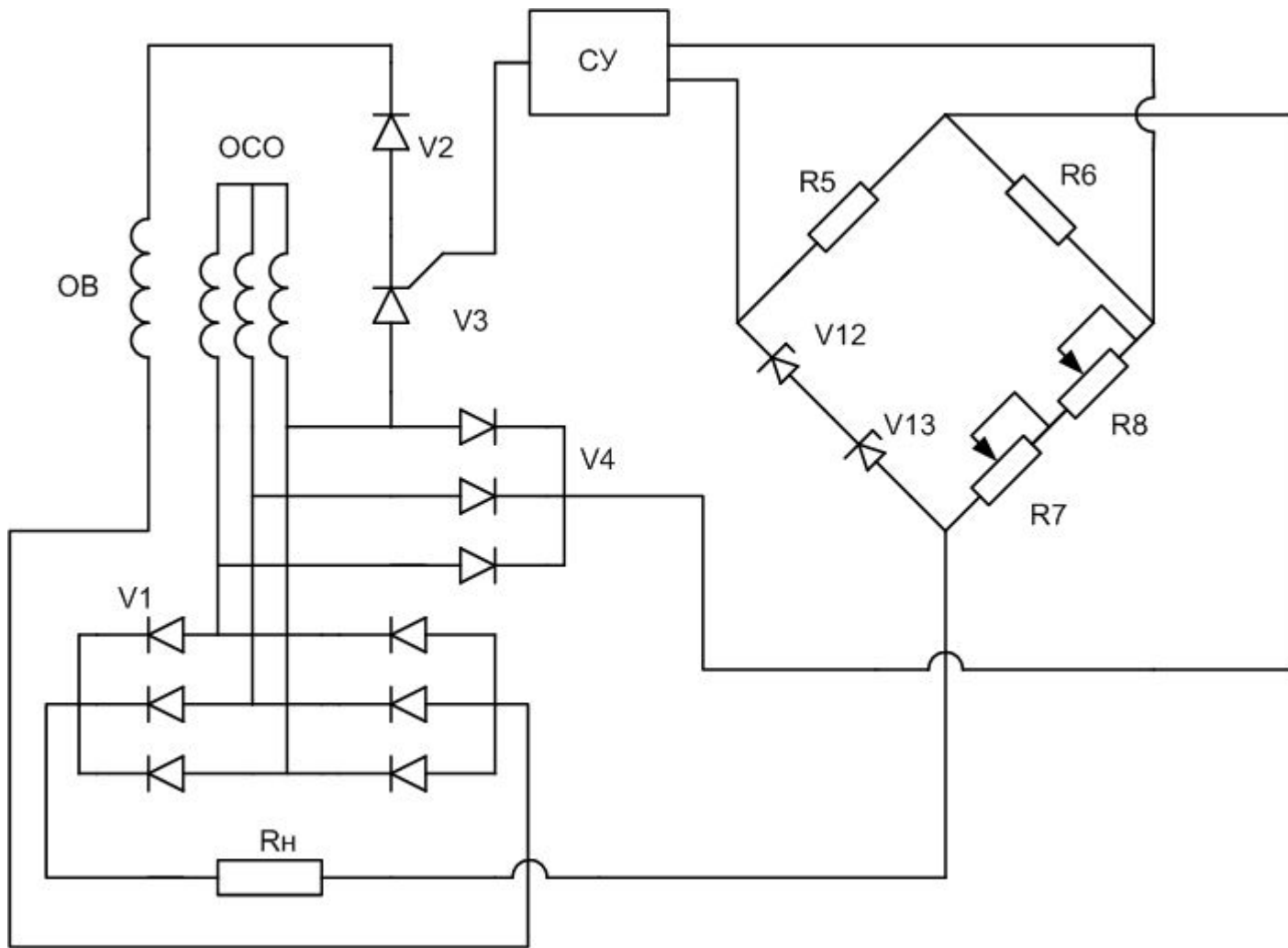
- Чем больше ток управления, тем меньше напряжение переключения, при котором тиристор будет открываться.
- Если ток управления достаточно велик, то тиристор будет открываться сразу же при подаче анодного напряжения.
- Такой ток управления называется **ТОКОМ спрямления**.

- Если на управляющем электроде напряжение будет приложено до тех пор, пока анодный ток тиристора не вырастет больше, чем ток выключения, то тиристор останется открытым и после снятия напряжения управления.
- Если этого не произойдет, то тиристор снова закроется.

- При отрицательном напряжении на аноде тиристора подача напряжения на его управляющий электрод не допускается.
- Открытый тиристор можно перевести в закрытое состояние только снизив его анодный ток до величины, меньшей тока выключения.

- В устройствах постоянного тока для этой цели используются специальные **гасящие цепочки**, а в цепи переменного тока тиристор закрывается самостоятельно в момент перехода анодного тока через ноль.
- Поэтому тиристоры в большей степени используются в **цепях переменного тока**.





Упрощённая схема тиристорного регулятора напряжения

# Принцип работы

- Тиристор V3 включен в цепь обмотки возбуждения генератора. Регулируя момент открывания тиристора, можно изменять ток в цепи возбуждения, а, следовательно, и напряжение генератора.
- От трех фаз основной силовой обмотки генератора ОСО напряжение подается через выпрямитель управления V4 на измерительное устройство.
- Оно состоит из двух стабилитронов V12 и V13 и двух сопротивлений R7 и R8.

- Если напряжение на выходе генератора изменится, то изменится также и напряжение на сопротивлениях R7 и R8. В тоже время напряжение на стабилитронах в силу их стабилизирующих свойств останется неизменным.
- Система управления (СУ) сравнивает напряжение на стабилитронах с напряжением на сопротивлениях R7 и R8. В зависимости от разницы этих напряжений на управляющий электрод тиристора может подаваться управляющий импульс от блока СУ.
- Если, например, напряжение генератора снизится ниже нормы, значит, понизится напряжение на сопротивлении R7 и R8.

- В этом случае разность напряжений на стабилитронах и сопротивлениях будет положительна, тогда блок системы управления выработает положительный импульс, который подается на управляющий электрод тиристора V3.
- Тиристор откроется, и по обмотке возбуждения пойдет ток возбуждения, напряжение генератора начнет увеличиваться.

- Если напряжение генератора превысит допустимое значение, то разность напряжений на стабилитронах и сопротивлениях станет отрицательной, тогда устройство СУ прекратит подачу импульсов на управляющий электрод тиристора, тиристор закроется, ток возбуждения начнет уменьшаться, соответственно, напряжение вырабатываемое генератором будет уменьшаться.

# ***Угольные регуляторы напряжения***

- В угольном регуляторе напряжения в качестве переменного сопротивления используется угольный столб, набранный из шайб.

# Регулятор напряжения сети освещения

- Для ограничения и стабилизации напряжения в сети освещения с лампами накаливания в общую цепь их питания ставят резистор с автоматически меняющимся сопротивлением.
- Если напряжение на лампах увеличивается, то увеличивается сопротивление этого резистора и падение напряжения на нём, напряжение на лампах снижается, и наоборот.

# устройство

- Имеет сходство с регулятором напряжения генератора.
- Состоит из электромагнита с якорем и угольной колонки.
- Электромагнит имеет одну параллельную обмотку, которая подключается к сети освещения лампами.
- Колонка имеет три угольных столба. Начала и концы угольных столбов соединяются между собой.



- Для уменьшения влияния температуры на работу регулятора в цепь обмотки электромагнита включен термокомпенсационный резистор.

# Принцип работы

- Если напряжение генератора увеличивается, то сначала увеличится напряжение в сети освещения. Якорь электромагнита поворачивается против часовой стрелки. Это приводит к увеличению сопротивления угольных столбов и росту падения напряжения на нём, а следовательно, и к уменьшению напряжения.

- При увеличении тока нагрузки в сети освещения в первый момент возрастет падение напряжения (напряжение уменьшится). Якорь электромагнита под действием пружины повернется по часовой стрелке, сопротивление и падение напряжения уменьшится, что приведет к повышению напряжения в сети.

# Коммутационная аппаратура

- Коммутационная аппаратура – это электрические устройства, с помощью которых осуществляются включение, выключение и переключение электрических цепей.

По назначению коммутационная аппаратура делится на две группы:

- Аппаратура, служащая для непосредственного включения, выключения или переключения электрических цепей (выключатели, переключатели, кнопки, рубильники).

Эта аппаратура приводится в действие непосредственно обслуживающим персоналом и размещается в служебных помещениях на распределительных щитах.

- аппаратура, служащая для дистанционного включения, выключения или переключения электрических цепей (**контакторы и реле**) - аппараты этой группы приводятся в действие при помощи кнопок, выключателей, датчиков или защитной аппаратуры и могут быть установлены на значительном расстоянии от служебных помещений, там где это удобно, из условий монтажа соответствующих электрических цепей.

# Основными узлами аппаратов являются:

- контактные соединения,
- дугогасительные устройства,
- электромагнитная система.

От конструктивного исполнения и состояния контактных соединений в основном зависит надежность работы аппарата.

- Сопротивление электрического контакта в месте соприкосновения контактных поверхностей называют **переходным**. Величина **переходного сопротивления** значительно больше сопротивления сплошного проводника и зависит от материала, температуры и силы нажатия контактов, формы и состояния контактной поверхности.
- Для уменьшения величины **переходного сопротивления** и повышения износостойкости контакты наиболее ответственных соединений изготавливают из серебра и сплавов серебра с вольфрамом, никелем, кадмием и др.



# Дугогасительные устройства

Дугогасительные устройства электрических аппаратов предназначены для защиты контактных соединений от действия электрической дуги, возникающей между контактами при их размыкании.

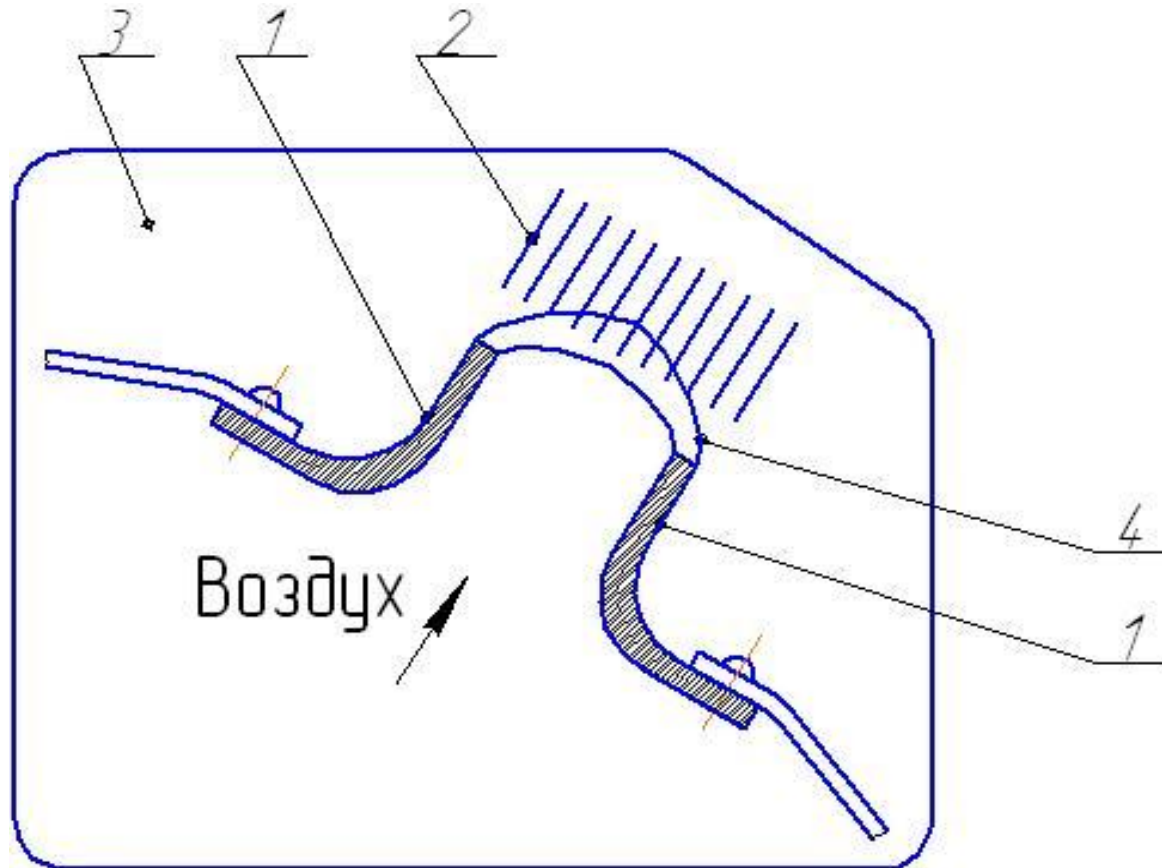
Существуют несколько способов гашения электрической дуги:

- Способ магнитного дутья;
- деионное гашение дуги;
- Способ двойного разрыва цепи контактами мостикового типа.

# Способ магнитного дутья

- **Способ магнитного дутья** заключается в растягивании дуги под действием сильного магнитного поля, создаваемого специальной катушкой, состоящей из нескольких витков проволоки большого сечения, расположенной вблизи контактов. При протекании по катушке рабочего тока между полюсами магнитопровода создается магнитный поток, направление которого зависит от направления тока в катушке. Контакты расположены между полюсами внутри дугогасительной камеры, выполненной из асбоцемента.

# Деионное гашение дуги

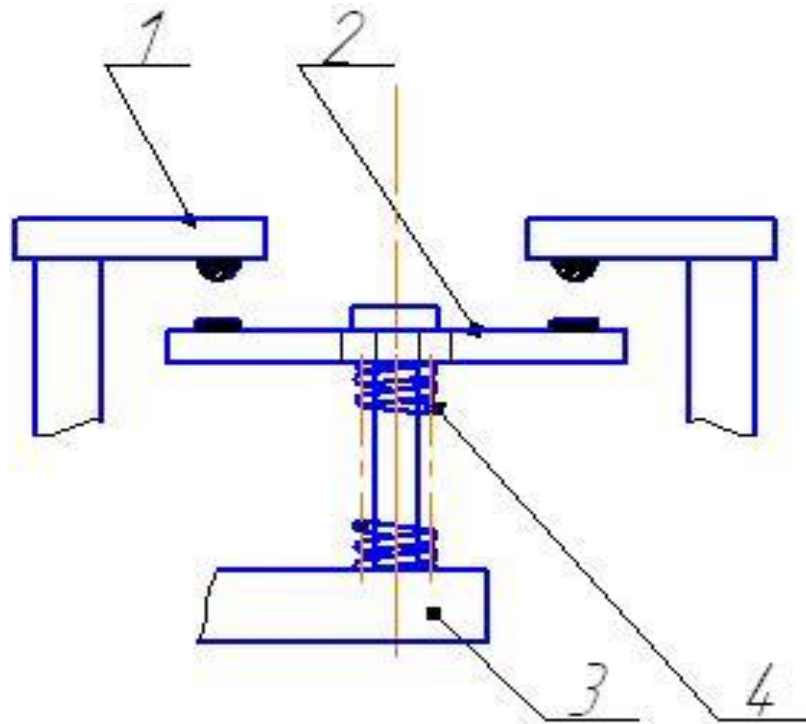


- Гашение дуги происходит в камерах с деионной решеткой (рис. 1).

- Дуга 4, возникающая между рабочими контактами 1, под действием нагретого воздуха поднимается кверху и, соприкасаясь с пластинами 2, разбивается на ряд дуг. При этом пластины, закрепленные в стенках дугогасительной камеры 3, играют роль радиаторов, интенсивно отводя тепло дуги 4 и способствуя ее гашению.

# *Способ двойного разрыва цепи контактами мостикового типа*

- Гашение дуги производят также путем двойного разрыва цепи контактами мостикового типа (рис. 2).



- Система состоит из подвижного контакта 2, который поднимается и замыкает электрическую цепь контактами 1. При этом изоляционная пластина 3, сжимая пружину 4, обеспечивает необходимое контактное давление.
- При размыкании электрическая цепь разрывается в двух местах - между подвижным контактом 2 и неподвижными 1. В этом случае дуга гаснет значительно быстрее.

- В аппаратах, в которых при размыкании контактов возникают сравнительно небольшие дуговые разряды, контакты шунтируют конденсаторами, которые отбирают часть энергии дугового разряда на заряд.

# ***Пакетные выключатели и переключатели***

- Эти аппараты предназначены для осуществления переключений в цепях постоянного и переменного тока при номинальных токах до 100 А.
- Пакетные выключатели и переключатели собираются из отдельных пакетов, каждый из которых является самостоятельным полюсом.



- Для быстрого гашения дуги в камере пакета имеются специальные фибровые шайбы.
- В крышке выключателя находится переключающий механизм с пружиной, обеспечивающей мгновенный разрыв контактов и точную фиксацию положения подвижных контактов относительно неподвижных.

- Размыкание цепи пакетными выключателями происходит сразу в двух местах, что способствует более быстрому гашению дуги и защищает контакты от подгорания.
- Пакетные выключатели фиксируют свои подвижные контакты в четырех положениях, сдвинутых на  $90^\circ$ .
- Каждый пакет выключателя образует отдельную электрическую цепь и может быть включен в схему самостоятельно или в комбинации с другими пакетами.

- **Пакетные выключатели** имеют положения «Включено» и «Выключено».
- **Пакетные переключатели** имеют три рабочих положения и одно выключенное. Переключатели обычно используются в различных цепях управления и измерений. Количество пакетов в переключателе может достигать 10-15 шт.

# *Контакторы*

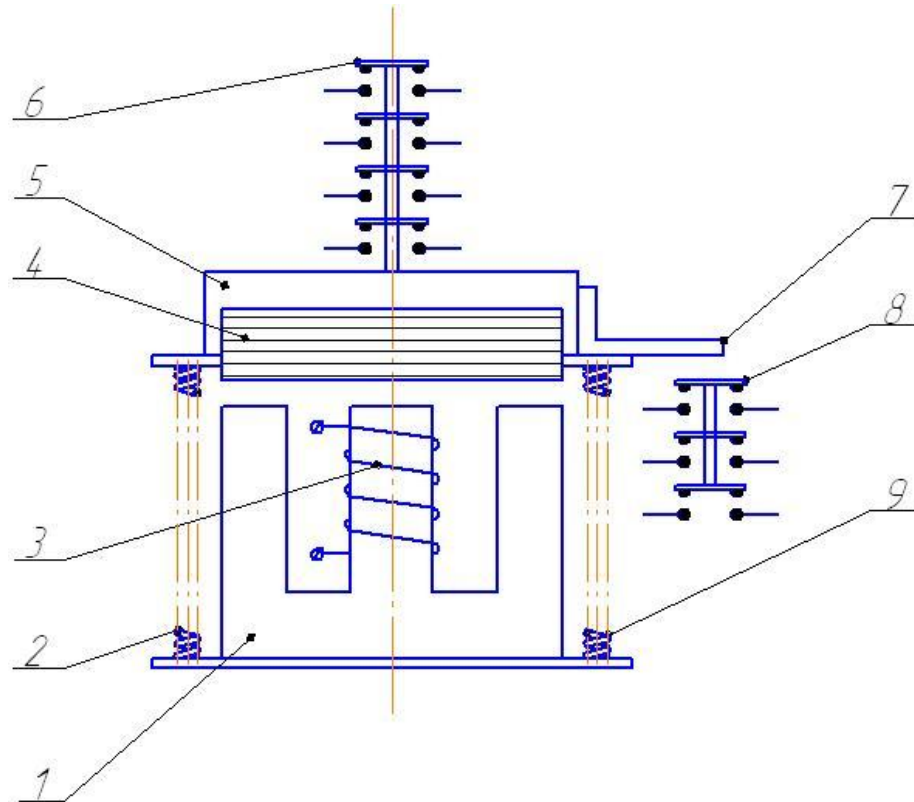
- В зависимости от тока различают контакторы **постоянного** или **переменного** тока.

Контакторы выполняются:

- однополюсными и многополюсными,
- с замыкающими или размыкающими контактами (главными или вспомогательными).

- Конструкция электромагнитной системы контактора может быть с **поворотным** и с **прямолинейно** движущимся якорем (прямоходовой).
- **Главные** контакты контактора осуществляют переключение силовых электрических цепей (цепей электродвигателей, преобразователей, электропечей, электрокалориферов и пр.);
- **вспомогательные** предназначены для переключения цепей управления и сигнализации.
- **Раствором** контактов называется расстояние между подвижным и неподвижным контактами в отключенном состоянии контактора. Раствор контактов обычно составляет 1-20 мм.

- Контакторы прямоходового типа рассчитываются преимущественно на меньшие номинальные токи и более легкие условия работы. Устройство контактора с **МОСТИКОВОЙ КОНТАКТНОЙ СИСТЕМОЙ** показано на рис.3.



- На средний сердечник Ш-образного магнитопровода 1 насажена включающая катушка 3. Якорь 4, жестко скрепленный с траверсой 5, постоянно отжимается вверх пружинами 2 и 9. С траверсой соединены силовые мостиковые контакты 6. Вспомогательные контакты 8 переключаются кронштейном 7.

Основными параметрами контакторов являются:

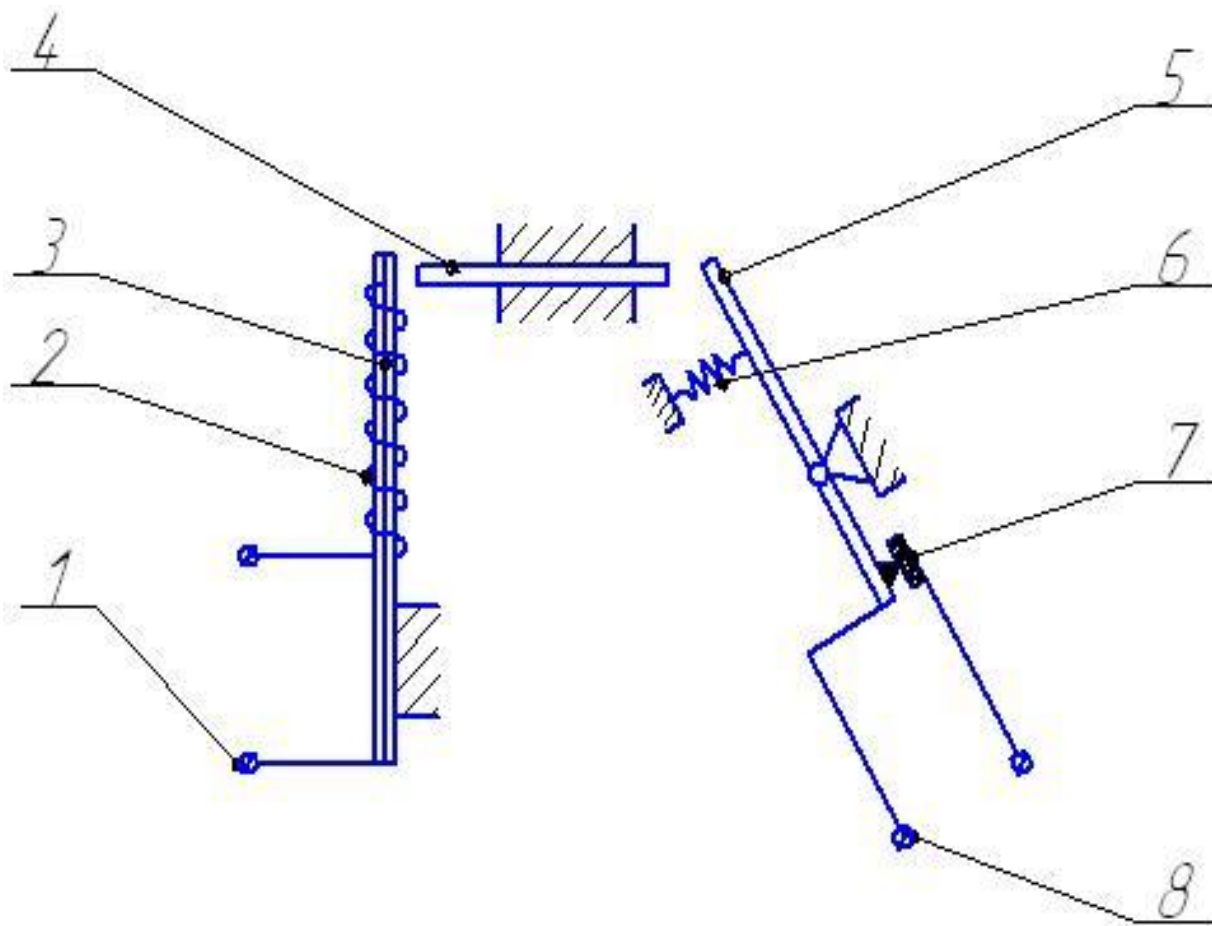
- напряжение включения (втягивания якоря),
- напряжение отключения,
- собственное время включения, которое для контакторов постоянного тока равно 0,05-0,3 с, а переменного - 0,03-0,07 с,
- собственное время отключения - для контакторов постоянного тока 0,07-0,12 с, переменного - 0,02-0,08 с.



- Отношение напряжения отключения к напряжению включения называется коэффициентом возврата контактора.
- Контактторы постоянного и переменного тока рассчитаны на номинальные напряжения 50, 110, 380 и 3000 В и на номинальные токи от 10 до 160 А.

# Реле

- Тепловые реле применяют для защиты двигателей компрессоров, вентиляторов, насосов отопления и других потребителей от чрезмерных перегрузок. Измерительным органом теплового реле является **биметаллическая пластина**, которая при нагреве изгибается и переводит контактную систему в отключенное или включенное состояние. Возврат реле в исходное положение происходит тогда, когда биметаллическая пластина остынет. В некоторых вариантах тепловые реле не имеют самовозврата и переход его в исходное положение осуществляется вручную, с помощью кнопки или рычага возврата.



- Тепловые реле могут непосредственно встраиваться в контакторы или в магнитные пускатели. Функциональная схема теплового реле показана на рис. 4

- Основным элементом теплового реле является **биметаллическая пластина 3**, которая нагревается надетой на нее спиралью 2, через которую проходит ток нагрузки защищаемой цепи. При протекании повышенного тока пластина прогибается вправо, перемещая своим верхним концом шток 4, который давит на рычаг 5. Последний поворачивается по часовой стрелке, преодолевая силу пружины 6, размыкает контакты 7. Зажимы 1 служат для подключения реле к защищаемой цепи, а зажимы 8 для включения контактов реле в цепь питания катушки контактора.