



**Саратовское подразделение
Приволжского учебного центра
профессиональных квалификаций**

Раздел: «Электрические аппараты и приборы, электрические цепи тепловоза, электрические цепи электровоза»

Тема урока: «Общие сведения»

Преподаватель: Жуков Д.

А.

00

0010



Классификация и виды электрических аппаратов

Электрическими аппаратами (ЭА) называют электротехнические устройства для управления потоками энергии и информации, режимами работы, контроля и защиты технических систем и их компонентов. На тепловозах используют широкий диапазон разновидностей ЭА, которые можно классифицировать по различным признакам: по рабочему напряжению, рабочему или коммутируемому току, роду тока, выполняемой функции, признаку коммутации и элементной базы.

По величине рабочего напряжения различают низковольтные и высоковольтные ЭА. В энергетике принято относить к низковольтным электрические аппараты с рабочим напряжением до 1000 В, а к высоковольтным – с рабочим напряжением более 1000 В. В то же время в специальной литературе по тепловозам к низковольтным ЭА тепловозов принято относить аппараты, которые используются в цепях, получающих питание от аккумуляторной батареи и (или) вспомогательного генератора (напряжение от 75 до 110 В), к высоковольтным – ЭА тяговой цепи (максимальное напряжение от 750 до 1000 В).

По величине рабочего или коммутируемого тока различают слаботочные аппараты (максимальный ток от 5 до 10 А) и сильноточные (от 10 А до тысяч ампер). Слаботочные бкоммутационные ЭА принято называть реле, а сильноточные – контакторами.

По роду тока ЭА подразделяют на аппараты постоянного и переменного тока.

Классификация и виды электрических аппаратов

По выполняемой функции ЭА тепловозов можно разделить:

- на коммутирующие аппараты: контакторы, рубильник аккумуляторной батареи;
- командные аппараты: кнопочные выключатели, тумблеры, контроллер машиниста; – электроизмерительные приборы: вольтметры, амперметры, электроманометры и - термометры и т. п.;
- аппараты управления и сигнализации: реле управления, магнитные усилители, индуктивный датчик, концевые выключатели, светотехнические изделия и т. п.;
- аппараты защиты: плавкие предохранители, автоматические выключатели, неэлектрические реле (реле давления, термореле и т. п.).

По признаку коммутации и элементной базы ЭА тепловозов разделяются:

- на электромеханические, которые имеют подвижные элементы конструкции, например, подвижную и неподвижную контактные системы (реле, контакторы, индуктивный датчик и т.п.);
- статические, которые выполняются на основе магнитных усилителей, насыщающихся трансформаторов (амплистат возбуждения, тахометрический блок и т. п.), а также силовых полупроводниковых приборов (бесконтактный регулятор напряжения вспомогательного генератора, управляемый выпрямитель возбуждения и т. п.);
- гибридные, которые представляют собой комбинацию электромеханических и статических аппаратов.

Классификация и виды электрических аппаратов

По принципу действия электрические аппараты можно условно разделить на две основные группы: *контактные* и *бесконтактные*.

Контактные аппараты — выполняют свои функции с помощью механического разрыва электрической цепи своими подвижными контактами (контакторы, реле, переключатели, разъединители, тумблеры, кнопки, и др.).

Бесконтактные аппараты — выполняют свои функции без механического разъединения электрических цепей, т.е. не имеют подвижных контактов (резисторы, дроссели, датчики, и др.).

При работе электровоза в его схеме происходит большое количество переключений (реверсирование ТЭД, регулирование напряжения, подводимого к ТЭД, включение в работу вспомогательных машин и др.), связанных с соединением и разъединением электрических цепей. В результате *контактные аппараты* подвергаются более интенсивному износу, чем бесконтактная аппаратура, поэтому в эксплуатации именно этим аппаратам необходимо уделять повышенное внимание.

Все *контактные аппараты* условно состоят из двух основных частей: привода и контактной системы. Эти аппараты можно классифицировать по следующим признакам: по типу привода, форме контактов в точке касания, способу гашения дуги и по назначению в схеме электровоза.

Классификация и виды электрических аппаратов



Классификация и виды электрических аппаратов

4. Классификация электрических аппаратов по способу гашения электрической дуги на контактах. В электрических аппаратах электровоза реализованы следующие способы гашения электрической дуги:

- принудительное удлинение дуги путем разъединения контактов, использования защитных рогов на контактах, путем воздействия магнитного поля;
- охлаждение межконтактного пространства потоком воздуха;
- дробление дуги на ряд отдельных коротких дуг деионной решеткой, встроенной в дугогасительную камеру.

Большинство аппаратов имеют комбинированное дугогашение, т.е. в их конструкции реализовано сразу несколько способов гашения электрической дуги. Например, в контакторе главного контроллера гашение дуги осуществляется за счет ее удлинения магнитным полем катушки, а также используется дробление дуги в дугогасительной камере и охлаждение межконтактного пространства потоком воздуха.

Классификация и виды электрических аппаратов

5. Классификация электрических аппаратов по назначению в схеме электровоза (рис. 5.2). В зависимости от электрической цепи, в которую включаются главные контакты аппаратов в схеме, и выполняемых ими функций аппараты электровоза классифицируют на следующие группы:

- аппараты высоковольтных цепей — главные контакты включены в цепь первичной обмотки тягового трансформатора, поэтому эти аппараты рассчитаны для работы под напряжением 25 кВ при длительных токах не более 400 А;

- аппараты силовых цепей — главные контакты включены в цепи питания ТЭД, они работают под напряжением не более 1200 В, но при токах свыше 1000 А;

- аппараты вспомогательных цепей — главные контакты включены в цепи питания вспомогательного оборудования электровоза от обмотки собственных нужд, они работают под напряжением не более 500 В, и при длительных токах не более 1000 А;

- аппараты цепей управления — выполняют функции управления и работают под напряжением 50 В при токах менее 50 А;

- аппараты защиты — выполняют функции защиты от аварийных режимов в различных цепях электрической схемы.

Классификация и виды электрических аппаратов



Классификация и виды электрических аппаратов

Основные параметры контактов. 1. *Сила нажатия* (кгс) — это усилие, которое необходимо приложить, чтобы оторвать подвижный контакт от неподвижного. Нажатие зависит от силы притирающей пружины подвижных контактов. Нажатие бывает: начальное — в момент начала сжатия притирающей пружины и конечное — создается силой притирающей пружины дополнительно сжатой на величину провала. Нажатие контактов не зависит от величины магнитного потока включающей катушки, так как якорь контактора или реле всегда плотно притягивается к сердечнику при напряжении катушки свыше 37,5 В, однако этот магнитный поток должен быть пропорционален силе притирающих пружин всех контактов. Величину нажатия измеряют динамометром. Величина нажатия непосредственным образом влияет на значение максимального тока, который может протекать через контакты аппарата, не разрушая их. Например, номинальный ток через контакты кулачкового контактного элемента типа КЭ-153, включенного в цепи управления, составляет 16 А, для этого его подвижная система создает нажатие, равное 0,3 кгс; номинальный ток через главные контакты электромагнитного контактора типа МК-84, включенные во вспомогательные цепи, составляет 150 А, поэтому его контактная система для обеспечения нормального контакта при протекании такого тока создает нажатие контактов не менее 3,8 кгс.

Классификация и виды электрических аппаратов

2. *Разрыв (раствор) контактов* (мм) — это наименьшее расстояние между разомкнутыми контактами аппарата. От величины разрыва между контактами зависит номинальное напряжение на контактах аппарата и способ гашения дуги. Величина разрыва проверяется предельными шаблонами и штангенциркулем. Например номинальное напряжение, под которым работают контакты кулачкового контактного элемента типа КЭ-153, включенного в цепи управления, составляет 50 В, для этого его подвижная система обеспечивает разрыв его контактов на 4,5 мм; номинальное напряжение, под которым работают контакты электромагнитного контактора МК-84, включенного во вспомогательные цепи, составляет 380 В, поэтому подвижная система этого контактора обеспечивает разрыв его контактов на 15 мм.

Классификация и виды электрических аппаратов

3. *Провал контактов* (мм) — это условное дополнительное расстояние, которое прошел бы подвижный контакт при полном включении аппарата, если неподвижный контакт убрать. Провал необходим для создания надежного контакта и обеспечивает:

- самозачищение контактов, которое происходит, когда подвижный контакт скользит по неподвижному в момент включения и отключения аппарата, при этом снимается оксидная пленка и увеличивается поверхность соприкосновения между контактами;
- разрыв контактов на концах, за счет чего рабочие поверхности контактов меньше подгорают от действия электрической дуги;
- одновременное замыкание всех подвижных контактов, расположенных на общей планке (штоке) аппарата.

У некоторых аппаратов измерить действительный провал контактов невозможно, поэтому замеряется зазор между подвижным контактом и его упором при полном включении контактов.

Примечания. 1. В качестве основного материала для изготовления контактов используют медь и ее сплавы. Например, для коммутационных контактов контакторов, обеспечивающих размыкание цепей под током, используют твердотянутую профильную медь марки М1, а для дугогасительных контактов контакторов используют сплав медь-вольфрам МВ-70 или композит КМК-Б21 (медь 27 %, никель 3,5 % и вольфрам 69,5 %).

Понятие о контакте

Электрическим контактом называют место перехода тока из одной токоведущей детали в другую.

Контакты можно разделить на три группы: разборные, коммутирующие и скользящие.

Разборные контакты – это те, у которых в процессе работы детали не перемещаются относительно друг друга. Например, болтовое соединение токоведущих шин, присоединение проводников к колодкам зажимов и т. п. На тепловозах контакты этого типа применяются для соединения как силовых электрических машин и аппаратов, так аппаратов низковольтных цепей управления и защиты.

Коммутирующие контакты – это те, которые в процессе работы замыкают, размыкают или переключают цепь, в которой течет или может протекать ток. Например, контакты выключателей, контакторов, рубильников, реле и т. п.

Скользящие контакты – разновидность коммутирующих контактов, у которых одна из деталей перемещается (скользит) относительно другой, но электрический контакт при этом не нарушается. Например, контакты реостатов, щеточный контакт электрических машин, шарнирный контакт.

Понятие о контакте

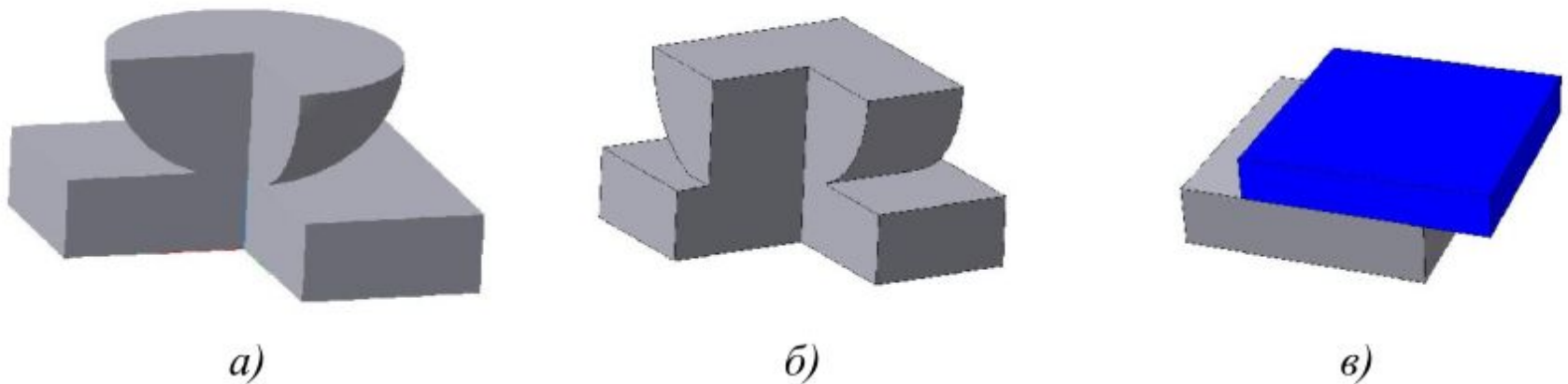
По форме контактных поверхностей различают три типа контактов: точечный, линейный и поверхностный (рисунок 2.1).

Точечный – соприкосновение контактных поверхностей происходит только в одной площадке малого радиуса – точке (см. рисунок 2.1, а). Точечный контакт возникает при соприкосновении сферы со сферой, сферы с плоскостью. Такие контакты обычно используются в слаботочных ЭА, например, в реле управления ТРПУ или в качестве вспомогательных контактов контакторов.

Линейный – соприкосновение контактных поверхностей происходит по узкой полоске (см. рисунок 2.1, б). Такой контакт возникает при соприкосновении цилиндра с цилиндром (по образующей), цилиндра с плоскостью. Линейные контакты на тепловозных ЭА используются для коммутации больших токов в поездных контакторах, реверсоре, контакторах вспомогательных электродвигателей и т. п.

Поверхностный – условное соприкосновение двух контактов происходит по поверхности, а физическое – в ряде площадок (минимум три), расположенных на этой поверхности (см. рисунок 2.1, в). Эти контакты преимущественно используются для разборных контактных соединений.

Понятие о контакте



a – точечный; *б* – линейный; *в* – поверхностный

Рисунок 2.1 – Разновидности контактов по форме контактных поверхностей

Понятие о контакте

К **материалам контактов** предъявляются противоречивые требования: высокая электрическая проводимость и теплопроводность, коррозионная стойкость и наличие токопроводной оксидной пленки, дугостойкость (высокая температура плавления и испарения), твердость, механическая прочность и способность к пластической деформации, невысокая стоимость. На тепловозных коммутационных аппаратах широко используют медные, серебряные и металлокерамические контакты.

Медь удовлетворяет почти всем перечисленным выше требованиям, за исключением коррозионной стойкости. Оксиды меди имеют низкую проводимость. Медь – самый распространенный контактный материал, используется как для разборных, так и для коммутирующих контактов. В разборных соединениях необходимо применять антикоррозионные покрытия рабочих поверхностей. В коммутирующих контактах медь применяется при нажатиях свыше 3 Н для всех режимов работы, кроме продолжительного. Медь на тепловозных ЭА используется для дугогасительных контактов контакторов.

Серебро – контактный материал, удовлетворяющий всем требованиям, за исключением дугостойкости при значительных токах. При малых токах обладает хорошей износостойкостью. Оксиды серебра имеют почти такую же проводимость, как и чистое серебро. Серебряные контакты широко используются в тепловозных электромагнитных реле управления. Серебро обычно применяется в виде накладок, вся деталь выполняется из меди или другого материала, а на рабочей поверхности контакта приваривается серебряная накладка.

Металлокерамика – механическая смесь двух практически не сплавляющихся металлов, получаемая методом спекания смеси их порошков или пропиткой одного расплавом другого. При этом один из металлов имеет хорошую проводимость, а другой обладает большой механической прочностью, является тугоплавким и дугостойким. Металлокерамика сочетает высокую дугостойкость с относительно хорошей проводимостью. Наиболее распространенными композициями металлокерамики являются: серебро-вольфрам, серебро-молибден, серебро-никель, серебро-окись кадмия, серебро-графит, серебро-графит-никель, медь-вольфрам, медь-молибден и др. Применяется металлокерамика в качестве дугогасительных контактов.

Понятие о контакте

При работе коммутирующих контактов происходит ряд специфических физических явлений, знание которых позволяет правильно проектировать и эксплуатировать коммутационные ЭА тепловозов. Основной характеристикой контактного соединения является его переходное сопротивление, которое зависит от ряда факторов.

Переходным сопротивлением контакта называется электрическое сопротивление в зоне перехода тока из одного проводника в другой. По своей природе переходное сопротивление контакта есть обычное сопротивление металлического проводника. Только этот проводник – микроскопический бугорок, в котором и происходит физическое контактирование двух проводников между собой. Переходное сопротивление контакта можно представить себе как результат сужения сечения материала в элементарных бугорках и резкого повышения плотности тока в площадках контактирования по сравнению с плотностью тока в теле контакта.

С ростом температуры переходное сопротивление вначале растет, затем при некоторой температуре (для меди и серебра при температуре от 200 до 300 °С) происходит резкое падение механических свойств материала. При том же нажатии увеличивается площадка контактирования, переходное сопротивление резко уменьшается. При дальнейшем росте температуры R_k снова возрастает линейно, и при температуре плавления материала контакты свариваются, переходное сопротивление опять резко падает.

Электрическая дуга. Дугогашение

В коммутационных ЭА, выключающих электрические цепи под током большого значения, разрыв цепи сопровождается образованием электрической дуги между контактами. В процессе размыкания контактов из-за резкого уменьшения контактного нажатия и возрастания переходного сопротивления контакты в последней точке соприкосновения сильно нагреваются. В результате создается поток электронов, движущийся от горячего катода, который ионизирует воздух между контактами. При токах свыше нескольких ампер между контактами возникает дуговой разряд, который представляет собой ярко светящийся плазменный шнур. Температура электрической дуги при токах в несколько ампер около 5000 °С, при токах несколько сотен ампер температура дуги может достигать 12000 °С. В катодной зоне дуги температура выше, чем в анодной.

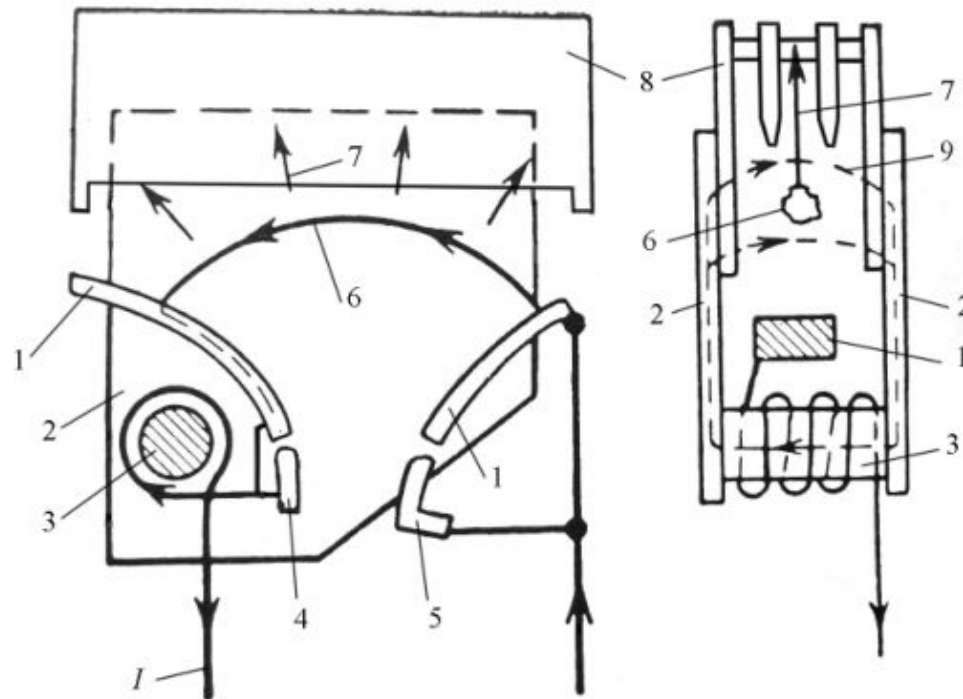
При коммутации мощных индуктивных нагрузок (ТЭД, электродвигатель топливоподкачивающего насоса, обмотка возбуждения ТГ и т. п.) необходимо предпринимать специальные меры для гашения электрической дуги, так как в противном случае, электрическая дуга может вывести из строя контакты коммутационного аппарата.

Электрическая дуга. Дугогашение

Чтобы ограничить тепловое воздействие электрической дуги на детали электрического аппарата используют различные технические способы гашения дуги: увеличение ее длины (растяжение ствола), воздушное дутье, магнитное дутье, дугогасительные решетки, масляное гашение дуги и гашение дуги высоким давлением. На тепловозных ЭА в настоящее время нашли применение: магнитное дутье, дугогасительные решетки и гашение дуги высоким давлением.

Магнитное дутье используется для гашения электрической дуги в поездных и пусковых контакторах, контакторах включения вспомогательных электрических машин и возбуждения тягового генератора. Принцип магнитного дутья основан на перемещении ствола дуги из промежутка между контактами под воздействием внешнего магнитного поля. Схема магнитного дутья поездного контактора показана на рисунке 3.2.

Электрическая дуга. Дугогашение



I – коммутируемый ток (ток дуги); 1 – дугогасительный рог; 2 – магнитопровод дугогасительной системы; 3 – дугогасительная катушка с сердечником; 4 – неподвижный контакт; 5 – подвижный контакт; 6 – электрическая дуга; 7 – направление движения ствола дуги; 8 – дугогасительная камера; 9 – направление силовых магнитных линий поля, создаваемого дугогасительной катушкой

Рисунок 3.2 – Схема дугогасительной системы поездного контактора [6]

Электрическая дуга. Дугогашение

Магнитное поле создается дугогасительной катушкой 3, которая включена последовательно с контактами 4 и 5. При размыкании контактов из-за возникшей электрической дуги 6 ток I в коммутируемой цепи не прекращается, то есть по дугогасительной катушке протекает ток, который создает магнитное поле. Силовые линии магнитного поля 9 пронизывают пространство между контактами, где находится дуга 6. Так как дуга является проводником, по которому течет ток, она по правилу правой руки начинает двигаться. Направление намотки дугогасительной катушки выбрано таким образом, чтобы дуга двигалась в направлении, показанном стрелкой 7 (вверх). При этом дуга перескакивает с контактов 4 и 5 на дугогасительные рога 1 и попадает в дугогасительную камеру 8.

Дугогасительная камера представляет собой набор плоских пластин, изготовленных из дугостойкого электроизоляционного материала – асбоцемента. Попадая на рога 1 в дугогасительную камеру 8, электрическая дуга растягивается и расщепляется на несколько параллельных пучков и из-за контакта с холоными пластинами камеры интенсивно охлаждается. Увеличение длины и охлаждение способствуют увеличению падения напряжения на дуге и, как следствие, ее быстрому гашению. Кроме магнитодинамической силы в данной конструкции на электрическую дугу действуют силы восходящего потока нагретого воздуха, что способствует уменьшению времени ее гашения.

На некоторых ЭА, например, контакторах ТКПМ дугогасительная камера состоит из двух деталей сложной формы, которые образуют сужающуюся зигзагообразную щель. Извилистая форма щели позволяет в меньших габаритах получить более длинную дугу и ускорить ее гашение.

Спасибо за внимание!

