Лабораторная работа №1
Определение технического состояния контактные соединения

Цель работы: определение технического состояния контактных электрических соединений, выполнение карты технического обслуживания.

Оборудование:

1. Набор различных типов контактных электрических соединений.
2. Микроомметр.
3. Образцы проводов длиной 1 м.
4. Набор щупов.
5. Инструменты и материалы для технического обслуживания контактных соединений (отвертки, наждачная бумага, ветошь).

Теоретическая часть

Общие сведения

Контактное соединение – это конструктивное устройство, в котором осуществляется электрическое и механическое соединения двух или нескольких отдельных проводников, которые входят в электрическую цепь. В месте соприкосновения проводников образуется электрический контакт – токопроводящее соединение, через которое ток протекает из одной части в другую.

Контактные соединения в большом количестве входят во все электрические цепи и аппараты и являются их очень ответственными элементами. От состояния электрических контактов в наибольшей степени зависит безаварийная работа электрооборудования и электропроводки.

По ГОСТ 10434-82, в зависимости от области применения, контактные соединения подразделяются на 3 класса:

1 класс – контактные соединения цепей, сечения проводников которых выбраны по допустимым длительным токовым нагрузкам (силовые электрические цепи, линии электропередачи и т.п.);

2 класс – контактные соединения цепей, сечения проводников которых выбраны по стойкости к сквозным токам, потере и отклонению напряжения, механической прочности, защите от перегрузки, а также контактные соединения в цепях заземляющих и защитных проводников из стали;

3 класс – контактные соединения цепей с электротехническими устройствами, работа которых связана с выделением большого количества тепла (нагревательные элементы, резисторы и т.п.);

В зависимости от климатического исполнения и категории размещения электротехнических устройств соединения подразделяются на группы А и Б.

По конструктивному исполнению контактные соединения подразделяются на:

1) Неразборные (сварные, паяные, спрессованные, клепаные, клеевые) – соединения, которые невозможно разобрать без того, чтобы не разрушить хотя бы одну из деталей, которая образует данное соединение (рис. 1).

2) Разборные (болтовые, винтовые, клиновые) – соединения, которые можно разобрать на отдельные элементы таким образом, чтобы соединяемые детали остались в целости.

3. Разъемные — соединения, которые включают в себя вилку и розетку.

В зависимости от материала соединяемых элементов разборные соединения, в свою очередь, подразделяются на:

- не требующие применения средств стабилизации электрического сопротивления в месте контакта (рис. 2);
- требующие применения средств стабилизации (рис. 3).

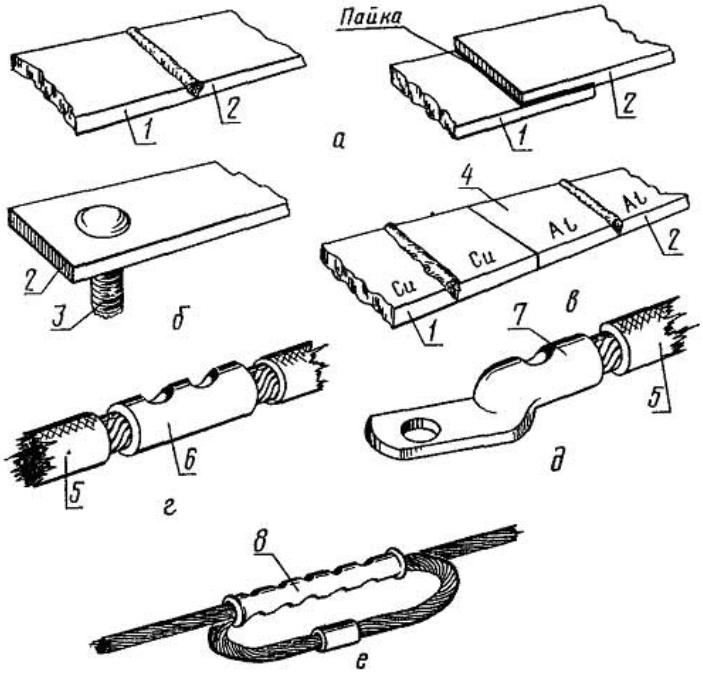


Рисунок 1 – Неразборные контактные соединения (ГОСТ 10434-82): а - сваркой или пайкой; б - со штыревым выводом сваркой; в - сваркой через переходную медно-алюминиевую пластину; г - соединение жил проводов (кабелей) через соединительную гильзу опрессовкой; д - соединение жилы провода (кабеля) с кабельным наконечником опрессовкой (сваркой, пайкой); е - соединение жил проводов в овальных соединителях.

1 - плоский вывод (шина); 2 - шина; 3 - штыревой вывод; 4 - медно-алюминиевая пластина; 5 - провод (кабель); 6 - соединительная гильза; 7 - кабельный наконечник; 8 - овальный соединитель.

Соединение плоских контактных поверхностей (шин прямоугольного сечения или наконечников с плоскими выводами электротехнических устройств), выполненных из меди и ее сплавов или из твердых алюминиевых сплавов, не требуют применения средств стабилизации и выполняются при

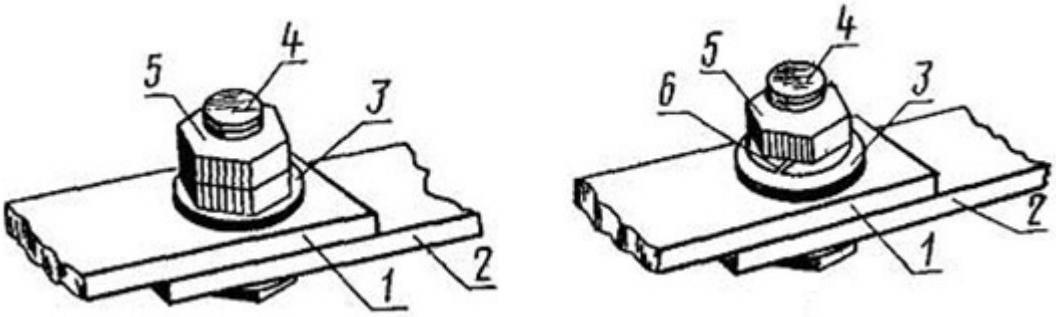
помощи стальных крепежных изделий, защищенных от коррозии. Допускается применение вороненых стальных болтов, гаек и шайб.

Соединение алюминиевых шин между собой или с плоскими выводами электротехнических устройств, а также с другими проводниками, выполненными из меди и ее сплавов или из твердых алюминиевых сплавов, должно выполняться с применением средств стабилизации, одного из нижеперечисленных:

1. Крепежных изделий из цветных металлов с коэффициентом линейного расширения от $18 \cdot 10^{-6}$ до $21 \cdot 10^{-6}$ 1/°С (латунь);
2. Тарельчатых пружин;
3. Металлических покрытий рабочих поверхностей алюминиевых проводников;
4. Переходных медно-алюминиевых пластин (медно-алюминиевых наконечников) или переходных пластин и наконечников из твердого алюминиевого сплава.

Пластины из алюминиевого сплава и алюминиевые части медно-алюминиевых пластин соединяются с алюминиевыми шипами сваркой.

При применении средств стабилизации по пунктам 2,3,4 контактные соединения также выполняются при помощи стальных крепежных изделий, защищенных от коррозии.



а б

Рисунок 2 – Разборные контактные соединения проводников с плоскими выводами без средств стабилизации электрического сопротивления (ГОСТ 10434-82): а - с контргайкой; б - с пружинной шайбой;

1 - плоский вывод (шина); 2 - шина (кабельный наконечник); 3, 4, 5 - шайба, болт и гайка стальные; 6 - пружинная шайба.

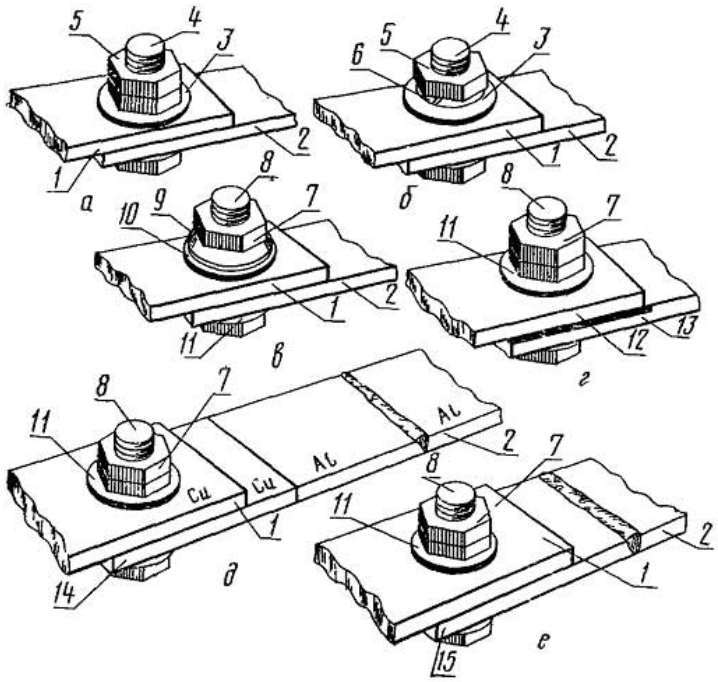


Рисунок 3 – Разборные контактные соединения проводников с плоскими выводами со средствами стабилизации электрического сопротивления (ГОСТ 10434-82): а - крепежом из цветного металла с контргайкой; б - крепежом из цветного металла с пружинной шайбой; в - стальным крепежом с тарельчатой пружиной; г - стальным крепежом с защитными металлическими покрытиями рабочих поверхностей с контргайкой (пружинной шайбой); д - стальным крепежом через переходную медно-алюминиевую пластину с контргайкой (пружинной шайбой); е - стальным крепежом через переходную пластину из твердого алюминиевого сплава с контргайкой (пружинной шайбой).

1 - плоский вывод (шина); 2 - шина (кабельный наконечник); 3 - 5 - шайба, болт, гайка из цветного металла; 6 - пружинная шайба; 7 - стальная гайка; 8 - стальной болт; 9 - тарельчатая пружина; 10 - стальная шайба (шайба увеличенная); 11 - стальная шайба; 12 - плоский вывод (шина) с защитным металлическим покрытием рабочей поверхности; 13 - шина (кабельный наконечник) с защитным металлическим покрытием рабочей поверхности; 14 - медно-алюминиевая пластина; 15 - пластина из твердого алюминиевого сплава

К штыревым выводам, выполненным из меди или латуни, присоединение проводников из меди или из твердых алюминиевых сплавов выполняется без средств стабилизации, а алюминиевых проводников - с применением средств стабилизации (рис. 4): при токах до 630 А - с использованием крепежных деталей из латуни, а при токах более 630 А - с использованием металлических покрытий или переходных пластин.

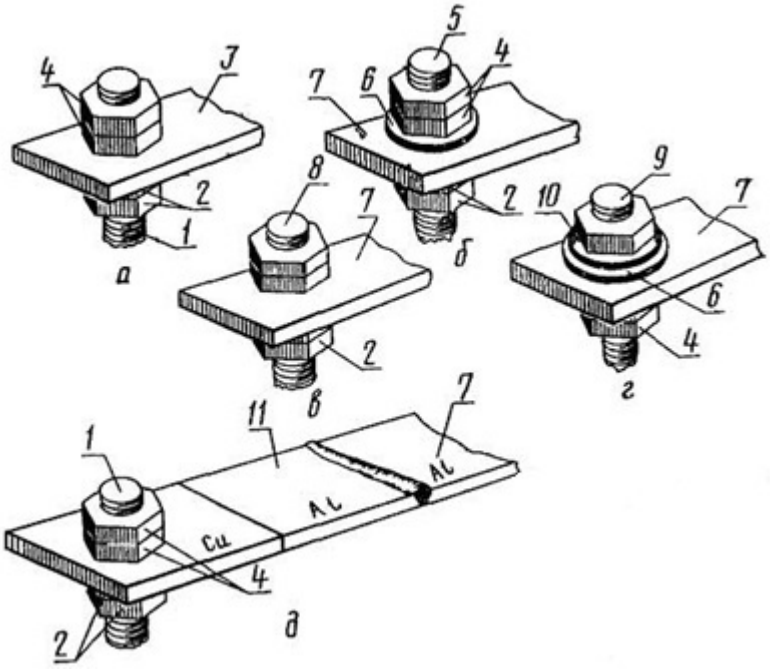


Рисунок 4 – Разборные контактные соединения проводников со штыревыми выводами без средств и со средствами стабилизации электрического сопротивления (ГОСТ 10434-82): а - проводник из меди, твердого алюминиевого сплава или алюминия с защитным металлическим покрытием рабочей поверхности; б, в, г - алюминиевый проводник; д - алюминиевый проводник через переходную медно-алюминиевую пластину.

1-штыревой вывод из меди или латуни; 2 - гайка из меди или латуни; 3 - шина (кабельный наконечник) из меди, твердого алюминиевого сплава или алюминия с защитным металлическим покрытием рабочих поверхностей; 4 - стальная гайка; 5 - штыревой медный вывод; 6 - стальная шайба; 7 - алюминиевая шина (кабельный наконечник); 8 - штыревой латунный вывод; 9 - штыревой стальной вывод; 10 - тарельчатая пружина; 11 - медно-алюминиевая пластина.

Отдельную группу составляют контактных соединений, применяемые в коммутационных электрических аппаратах. В них контактом также называют конструктивный элемент, с помощью которого в процессе работы аппарата осуществляется периодическое замыкание и размыкание электрической цепи.

Контактная система электрического аппарата состоит в большинстве случаев из пары или нескольких пар подвижных и неподвижных элементов, при замыкании которых образуется электрическая цепь.

Контактные соединения электрических аппаратов классифицируются по различным признакам:

1. По виду соединения:

- взаимонеподвижные:

а) разборные (болтовое соединение);

б) неразборные (сварные, паяные, напыленные);

- взаимоподвижные:

а) неразмыкающиеся – предназначенные для осуществления передачи электрической энергии с неподвижных частей установки на подвижную или наоборот: щеточные скользящие (рис. 5,*а*); жидкометаллические (рис. 5,*б*); роликовые (рис. 5,*в*);

б) размыкающиеся – расходящиеся в процессе работы: мостиковые контакты (рис. 6,*а*), розеточные (рис. 6,*б*), щеточные (рис.6,*в*), пальцевые или ножевые (рис.6,*г*), с плоскими пружинами (рис.6,*д*).

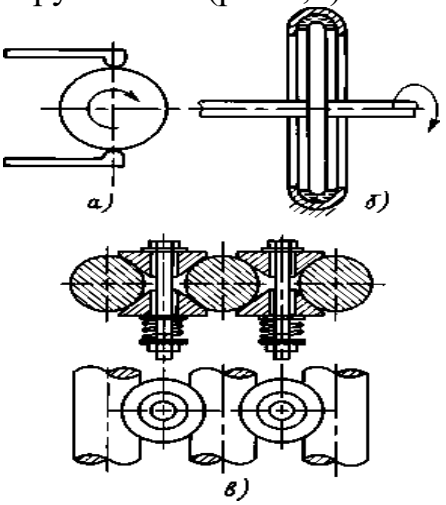


Рисунок 5 – Неразмыкающиеся взаимоподвижные контакты: *а* – щеточные скользящие; *б* – жидкометаллические; *в* – роликовые.

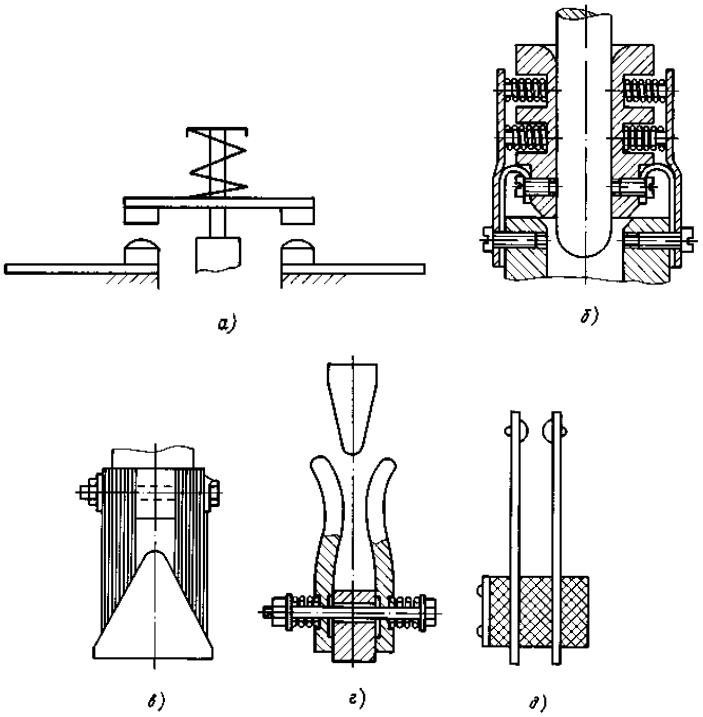


Рисунок 6 – Размыкающиеся контакты: *а* – мостиковые; *б* – розеточные; *в* – щеточные; *г* – пальцевые; *д* – с плоскими пружинами.

2. По возможному перемещению контактирующих деталей:

а) Разборный контакт (контактное соединение) - это конструктивный узел, предназначенный только для проведения электрического тока, но не

предназначенный для коммутации (болтовое соединение “шин”, присоединение проводника к зажиму).

б) Коммутирующие контакты - это конструктивный узел, предназначенный для коммутации электрической сети (выключатель, контактор, рубильник).

в) Скользящие контакты - разновидность коммутирующего контакта, у которого одна деталь скользит относительно другой, но электрический контакт при этом не нарушается (контакты реостата, щеточный контакт, шарнирный контакт, проскальзывающий контакт).

3. По форме контактирования:

а) Поверхностный контакт - условное контактирование по поверхности.

б) Линейный контакт - условное контактирование происходит по линии (ролик-плоскость).

в) Точечный контакт (контакт в одной физической площадке: сфера-сфера, конус-плоскость и т.п.).

В поверхностных контактах электрический контакт осуществляется по плоскости ABCD (рис. 7, а), в линейных — по линии AB (рис. 7,б), в точечных — в точке A (рис. 7, в).

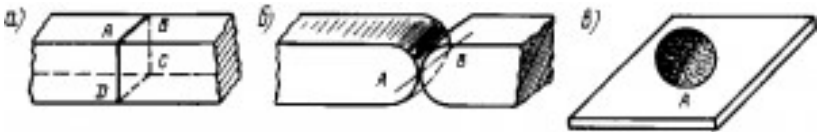


Рисунок 7– Формы контактных поверхностей.

При изготовлении всех видов контактных соединений используются различные материалы. При этом к ним предъявляется ряд требований:

1. Высокая электропроводность и теплопроводность.
2. Стойкость против коррозии.
3. Стойкость против образования пленок с высоким ρ.
4. Малая твердость материала, для уменьшения силы нажатия.
5. Высокая твердость для уменьшения механического износа при частых включениях и отключениях.
6. Малая эрозия.
7. Высокая дугостойкость (температура плавления).
8. Высокое значение тока и напряжения, необходимые для дугообразования.
9. Простота обработки и низкая стоимость.

В природе нет материалов, полностью удовлетворяющих этим требованиям. Поэтому выбор материала производится в зависимости от вида контактного соединения и условий его эксплуатации.

Медь удовлетворяет всем пунктам, кроме 2-го и 5-го. Контакты из меди и ее сплавов (латунь, бронза) получили широкое распространение для изготовления как подвижных, так и неподвижных контактных соединений. При

длительной непрерывной работе во избежание окисления медные контакты покрывают слоем олова или выполняют с серебряными накладками.

Серебро, удовлетворяет всем требованиям за исключением дугостойкости.

Платина, золото, молибден. Используются на малые токи при малых напряжениях, т.к. не образуют окисных пленок.

Вольфрам и его сплавы (с молибденом и платиной) используются на малые и большие токи в качестве дугостойкости контактов.

Металлокерамика - механическая смесь двух практически не сплавляющихся, металлов получаемая методом спекания их порошков или пропиткой одного расплавом другого. Один из материалов имеет большую проводимость, другой обладает механической прочностью, дугостойкостью, тугоплавкостью (серебро, вольфрам, Ag-Ni, Ag-Графит,Ag-окись кадмия, Ag-молибден). Металлокерамика применяется в качестве дугогасительных контактов, в качестве основных контактов на токи до 600 А.

Алюминий для коммутирующих контактов не используется, применяется только в разборных соединениях, при армировании его медью или серебром. Применяются также его сплавы. Для защиты от коррозии алюминиевые контакты иногда оцинковывают.

Показатели технического состояния контактных соединений

Простое наложение контактных поврехностей соединяемых проводников не обеспечивает хорошего контакта, так как действительное соприкосновение происходит не по всей поверхности, а только в немногих точках. Причина этого - неровность поверхности контактирующих элементов и даже при очень тщательной шлифовке на поверхностях остаются микроскопические возвышения и впадины (рис. 8). Действительная площадь спорикосновения во много раз меньше общей контактной поверхности.

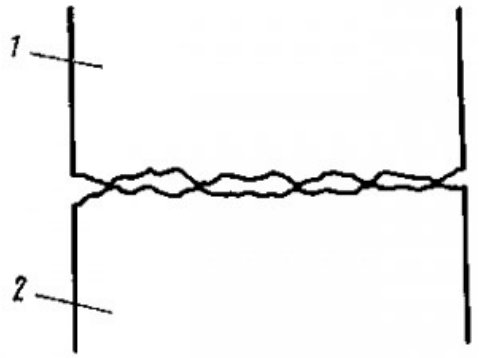


Рисунок 8 – Соприкасающиеся контактные поверхности.

Из-за малой площади соприкосновения контакт представляет довольно значительное сопротивление для прохождения тока. Полное сопротивление контактного соединения включает в себя сопротивления собственного материала контактных элементов и сопротивления в месте их

соприкосновения.Сопротивление в месте перехода тока из одной контактной поверхности в другую называется **переходным контактным сопротивлением**. Сопротивление контакта всегда больше, чем сплошного проводника таких же размеров и формы. Переходное сопротивление зависит от материала контактов, силы прижатия их друг к другу, площади контактной поверхности, ее состояния и температуры.

Переходное контактное сопротивление – это резкое увеличение активного сопротивления в месте перехода тока из одной детали в другую.

Его величина определяется по формуле, которая выведена опытным путем в результате многочисленных исследований:

$$R_{\text{П}} = \frac{\varepsilon}{0{,}102F^{n}}$$

где ε – коэффициент, который зависит от свойств материала контактов, а также от способа обработки и чистоты контактной поверхности (ε зависит от физических свойств материалов
контактов, удельного электрического сопротивления, механической прочности, способности материалов контактов к окислению, теплопроводности);

F – сила контактного нажатия, Н;

n – коэффициент, зависящий от числа точек соприкосновения контактных поверхностей (0,5 - для точечного контакта; 0,7 - для линейного контакта; 1 - для поверхностного контакта).

Из уравнения также следует, что сопротивление контакта не зависит от размера контактных поверхностей и для контакта определяется прежде всего силой давления (контактного нажатия).

Контактное нажатие – усилие, с которым одна контактная поверхность воздействует на другую. Число соприкосновений в контакте быстро растет при нажатии. Даже при небольших давлениях в контакте происходит пластическая деформация, вершины выступов сминаются и с увеличением давления все новые точки приходят в соприкосновение.

Если два проводника соприкасаются в контакте, то число площадок и суммарная площадь соприкосновения будут зависеть от величины силы нажатия и от прочности материала контакта (его временного сопротивления на смятие).

С увеличением контактного нажатия переходное сопротивление уменьшается вследствие увеличения площади соприкосновения за счет смятия выступов (рис. 9). Причем, после снятия контактного нажатия за счет остаточной деформации выступов на поверхности контактов, переходное сопротивление становится меньше, чем при увеличении контактного нажатия.

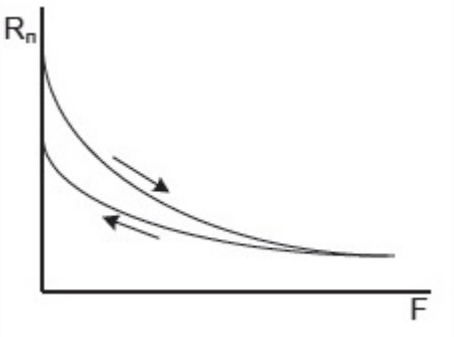


Рисунок 9 – Зависимость переходного сопротивления от силы контактного нажатия.

Однако давление в контакте целесообразно увеличивать только до некоторой определенной величины, потому что при малых значениях давления переходное сопротивление уменьшается быстро, а при больших – почти не изменяется. Дальнейшее увеличение давления приведет к повреждению или разрушению контактных поверхностей.

Свойства контактного соединения могут с течением времени меняться. Только новый, тщательно обработанный и зачищенный контакт при достаточном давлении имеет наименьшее возможное переходное контактное сопротивление.

В процессе эксплуатации под действием разнообразных факторов внешнего и внутреннего характера переходное сопротивление контакта увеличивается. Контактное соединение может настолько ухудшиться, что иногда становится источником аварии.

Каждый контактный материал характеризуется некоторым предельным значением нажатия, свыше которого переходное сопротивление практически не снижается. Очень резкую зависимость переходного сопротивления от нажатия имеют угольные контакты. Это свойство угольного контакта широко используют в угольных регуляторах напряжения, осуществляющих регулирование тока возбуждения электрических машин.

В очень большей степени переходное контактное сопротивление зависит от температуры. При протекании тока контакт нагревается и повышение температуры вызывает увеличение переходного сопротивления. Однако увеличение переходного сопротивления контакта идет медленнее, чем увеличение удельного сопротивления материала контакта, так как при нагреве снижается твердость материала и его временное сопротивление смятию, что, как известно, уменьшает переходное сопротивление.

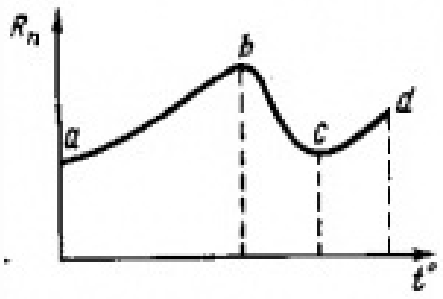


Рисунок 10 – Зависимости переходного сопротивления от температуры.

Нагрев контакта приобретает особенно важное значение и в связи с его влиянием на процесс окисления контактных поверхностей. Окисные пленки большинства металлов не проводят электрический ток и резко повышают переходное сопротивление. При этом окисление поверхности контакта идет тем интенсивнее, чем выше температура контакта (рис. 10). На участке a — b переходное сопротивление растет вследствие все более интенсивного возникновения окисной пленки. На участке b — c сопротивление падает вследствие нарушения прочности материала и его размягчения, что приводит к увеличению площади соприкосновения. На участке c — d сопротивление вновь начинает расти вследствие резкого увеличения удельного сопротивления материала. Этот рост будет продолжаться до полного расплавления материала.

Медь окисляется на воздухе при обычных температурах жилых помещений (около 20 ºС). Образующаяся при этом окисная пленка не обладает большой прочностью и легко разрушается при сжатии. Особенно интенсивное окисление меди начинается при температурах выше 70 ºС.

Алюминиевые контакты на воздухе окисляются более интенсивно, чем медь. Они быстро порываются пленкой окиси алюминия, которая является очень устойчивой и тугоплавкой и обладает такая пленка довольно высоким сопротивлением – порядка 10^{12} Ом·см.

Значительные повышения температуры контактов могут иметь место при прохождении через них тока короткого замыкания. Предельно допустимая температура при токах короткого замыкания для контактов из меди составляет 200—300 °С, а для алюминиевых — 150—200 °С. В случаях превышения предельной допустимой температуры механическая прочность материала контактов резко уменьшается. Нагревание контактов проходящим током может привести к расплавлению и привариванию контактов друг к другу.

Технические требования к контактным соединениям

Ко всем контактным соединениям предъявляют определенные технические требования, в том числе и конструкции, электрическим параметром, устойчивости и механическим фактором (ГОСТ 10434-82).

Требования к конструкции контактных соединений.

При соединении (ответвлении) шин шириной до 50 мм используется один болт (диаметром 10 мм-при ширине шин 25-30 мм; 12 мм-при ширине 40 мм и 16 мм-при ширине 50 мм), два болта (диаметром 10 мм-при ширине шин 60 мм; 12 мм-при ширине 80 мм и 16 мм-при ширине 100-120 мм). Контактные участки шин шириной 60 мм и более, имеющие два отверстия в поперечном ряду, рекомендуется выполнять с продольными разрезами шириной не более 5 мм.

К каждому болту плоского вывода или к штыревым выводам рекомендуется присоединять не более двух проводников.

Длина болтов должна быть такой, чтобы после затяжки оставалось не менее двух ниток свободной резьбы.

Под головки болтов и гайки при соединении медных шин подкладываются чистые стальные нормальные шайбы согласно ГОСТ 21242-75.

При соединении алюминиевых шин под головки болтов и гайки подкладываются специальные увеличенные шайбы согласно ГОСТ 21242-75.

При соединении медных шин с алюминиевыми увеличенные шайбы подкладываются только со стороны алюминиевой шины.

При отсутствии специальных увеличенных шайб допускается установка двух нормальных шайб вместо одной увеличенной.

Разборные контактные соединения должны быть предохранены от самоотвинчивания контргайками, пружинными шайбами или тарельчатыми пружинами. Пружинные шайбы не рекомендуется применять при соединении алюминиевых шин. Затяжку болтов рекомендуется производить индикаторными ключами с крутящим моментом по ГОСТ 10434-82.

Рабочие поверхности контакт-деталей разборных контактных соединений и неразборных контактных соединений с линейной арматурой непосредственно перед сборкой должны быть подготовлены:

- медные без покрытия и алюмомедные - зачищены. При зачистке алюмомедных проводов не должна быть повреждена медная оболочка;
- алюминиевые и из алюминиевых сплавов - зачищены и смазаны нейтральной смазкой (вазелин КВЗ, ЦИАТИМ-221 и др.). Рекомендуемое время между зачисткой и смазкой не более 1 ч;
- рабочие поверхности, имеющие защитные металлические покрытия, - промыты органическим растворителем.

Рабочие поверхности медных контакт-деталей, соединяемых способом опрессовки, должны быть зачищены.

Рабочие поверхности алюминиевых контакт-деталей должны быть зачищены и смазаны кварцевазелиновой пастой или другими смазками, пастами и компаундами с аналогичными свойствами.

Поверхности контакт-деталей, соединяемых сваркой или пайкой, должны быть предварительно зачищены, обезжирены или протравлены.

Расположение и размер отверстий под болты в контакт-деталях разборных контактных соединений рекомендуется принимать в соответствии с

ГОСТ 21242-75. По согласованию с потребителем допускается выполнение овальных отверстий.

Требования к электрическим параметрам.

В контактных соединениях сравнивается электрическое сопротивление всей длинны участка соединяемых проводов с электрическим сопротивлением участка такого же размера соединяемого проводника. При этом отношение этих сопротивлений не должно превышать:

-1 для класса 1,

-2 для класса 2,

-6для класса 3.

Если соединяемые проводники имеют разное электрическое сопротивление, для расчета принимают большее. Электрические сопротивления контактов соединений со штыревыми выводами 1 класса зависят от диаметра штыря (от 3 до 56 мм.) и может изменяться от восьмидесяти до четырех мкОм по ГОСТ 10434-82. Для 2 и 3 классов электрические сопротивления (при необходимости) указывается в стандартах или в технических условиях. Во всех случаях (кроме сварки и спайки) электрическое сопротивление не должно превышать начального значение более чем в 1.5 раза, а при выполнении соединений пайкой и сваркой – должно быть неизменным.

Надежность электрического соединения зависит от его температуры. При прохождении номинального тока температура контактных соединений первого и второго классов, относительно температуры окружающего воздуха в электроустановках до 1000В, по ГОСТ 10434-82 не должна превышать:

95 °С – для соединяемых проводников из меди, алюмомеди, алюминия и его сплавов без защитных покрытий рабочих поверхностей;

110 °С – для проводников из меди, алюмомеди, алюминия и его сплавов защитными покрытиями неблагородными металлами;

135 °С – для проводников из меди и ее сплавов без изоляции или с изоляцией классов B,F и H с защитным покрытым серебром.

Температура контактных соединений 3 класса зависит от применяемых материалов, покрытий, класса изоляции присоединяемых проводников и условий эксплуатаций.

Требования устойчивости к механическим факторам.

Контактные соединения должны выдерживать воздействие механических факторов внешней среды и статических осевых нагрузок на расстояние, вызывающее напряжения не менее 90% временного сопротивления разрывов целого проводника для контактных соединений проводов линий электропередач работающих на растяжении; и 30% для неразборных контактных соединений не работающих на растяжении, а также для соединений проводников с гнездовыми выводами.

Болты рекомендуется затягивать моментными индикаторными ключами, которые. винтов - тарированными отвертками. Крутящие моменты подбирают в зависимости от диаметра болтов и винтов. Для проводников сечением до 1,5

мм^2 не допускается применять винтовой зажим, конец винта которого проворачивается по жиле.

Все разборные контактные соединения проводников с выводами, а также разборные контактные соединения подверженные вибрации, должны быть предохранены контргайками, шайбами, тарельчатыми пружинами.

Требования к надежности контактных соединений устанавливается ГОСТами или техническими условиями на конкретные виды электротехнических устройств.

Требования безопасности соединений должны соответствовать ГОСТам и обеспечивать условия, эксплуатации, установленные “Правилами технической эксплуатации установок потребителей” и “Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей”.

Контактные соединения в соответствии с климатическим исполнением и категорией размещения электротехнических устройств, определяемыми по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70, должны выдерживать воздействие климатических факторов внешней среды, указанных в ГОСТ 15150-69, ГОСТ 15543-70, ГОСТ 15963-79, ГОСТ 16350-80, ГОСТ 17412-72 или в стандартах и технических условиях на конкретные виды электротехнических устройств. Контактные соединения пластин из твердого алюминиевого сплава и алюминиевой части медно-алюминиевых пластин с алюминиевыми проводниками (выводами) должны выполняться сваркой или пайкой, а соединения наконечников из твердого алюминиевого сплава и алюминиевой части медно-алюминиевых наконечников с алюминиевыми жилами проводов и кабелей должны выполняться сваркой или опрессовкой. При контактных соединениях меди с алюминием, образующих в присутствии влаги электролитическую пару, во избежание электролитической коррозии, разрушающей контактное соединение, применяют медно-алюминиевые переходные детали. Например, для присоединения алюминиевой шины к аппаратному зажиму, изготовленному из сплава меди, к шине приваривают наконечник из меди либо конец алюминиевой шины армируют способом холодной сварки медными накладками толщиной 1... 1,5 мм. Для защиты соединения от коррозии используются специальные защитные смазки:

Contactol-HPG – Универсальная тугоплавкая смесь, содержащая щелочь для растворения окисной пленки алюминия;

АМС-1 – Нейтральная смесь для защиты поверхности контактов;

ЦИАТИМ-221 – Карбонально-никелевая смесь с органическим связующим для защиты контактов от атмосферной коррозии.

Техническое обслуживание контактных соединений

Согласно ТКП 181-2009 техническое обслуживание и ремонт контатных соединений, как правило, производятся при техническом обслуживании и ремонте оборудования, составной часть которого они являются.

Контроль технического состояния контактных соединений сводиться к следующим пунктам:

1. Тепловизионный контроль. Оценка теплового состояния электрооборудования и токоведущих частей в зависимости от условий их работы и конструкции может осуществляться: по нормированным температурам нагрева (превышениям температуры), избыточной температуре, коэффициенту дефектности, динамике измене-

ния температуры во времени, с изменением нагрузки, путем сравнения измеренных значений температуры в пределах фазы, между фазами, с заведомо исправными участками и т.п.

Измерения не следует проводить в условиях дождя, снега, скорости ветра более 4 м/с.

Измеренные значения температур или перегрева следует корректировать с учетом нагрузки, излучательной способности объекта, атмосферных условий.

Предельные значения температуры нагрева и ее превышения приведены в ТКП 181-2009.

Для контактов и болтовых контактных соединений нормативными значениямиследует пользоваться при токах нагрузки (0,6–1,0) Iном после соответствующего пересчета. Для контактов и болтовых контактных соединений при токах нагрузки (0,3–0,6) Iном оценка их состояния проводится по избыточной температуре. В качестве норматива используется значение температуры, пересчитанное на 0,5 Iном.

При оценке состояния контактов и болтовых контактных соединений по избыточной температуре и токе нагрузки 0,5Iном различают следующие области по степени неисправности:

а) Избыточная температура 5–10 °С. Начальная степень неисправности, которую следует держать под контролем и принимать меры по ее устранению во время проведения ремонта, запланированного по графику.

б) Избыточная температура 10–30 °С. Развившийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

в) Избыточная температура более 30 °С. Аварийный дефект. Требует немедленного устранения.

Оценку состояния сварных и выполненных обжатием контактных соединений рекомендуется производить по избыточной температуре или коэффициенту дефектности.

В соответствии с ТКП 181-2009 измерения рекомендуется производить тепловизорами с разрешающей способностью не хуже 0,1 °С при 30 °С предпочтительно со спектральным диапазоном 8 – 12 μм. Допускается применение тепловизоров со спектральным диапазоном 3 – 6 μм.

2. Контроль опрессованных контактных соединений Контролируются геометрические размеры и состояние контактных соединений проводов и грозозащитных тросов (тросов) ВЛ и шин распределительных устройств. Геометрические размеры (длина и диаметр спрессованной части корпуса

зажима) не должны отличаться от требуемых технологическими указаниями по монтажу контактных соединений. Стальной сердечник опрессованного соединительного зажима не должен быть смещен относительно симметрического положения более чем на 15 % длины прессуемой части провода. На поверхности зажима не должно быть трещин, коррозии, механических повреждений.

3. Контроль контактных соединений, выполненных с применением овальных соединительных зажимов. Проверяются геометрические размеры и состояние контактных соединений проводов и грозозащитных тросов. Геометрические размеры соединительных зажимов после монтажа не должны отличаться от предусмотренных технологическими указаниями по монтажу зажимов. На поверхности зажима не должно быть трещин, коррозии (на стальных соединительных зажимах), механических повреждений.

4. Контроль болтовых контактных соединений. Проверяется затяжка болтов контактных соединений, выполненных с применением соединительных плашечных, петлевых переходных, соединительных переходных, ответвительных, аппаратных зажимов. Проверка производится в соответствии с инструкцией по их монтажу. Проверка затяжки болтов контактных соединений сборных и соединительных шин проводится выборочно со вскрытием 2–3 % соединений.

Измеряется переходное сопротивление всех болтовых контактных соединений. Для распределительных устройств падение напряжения или сопротивления на участке шины (0,7–0,8 м) в месте контактного соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления участка шины той же длины и того же сечения более чем в 1,2 раза. Периодичность контроля − не реже одного раза в 6 лет.

5. Контроль сварных контактных соединений. При контроле контактных соединений, выполненных с применением термитных патронов, в сварном соединении не должно быть:

− пережогов наружного повива провода или нарушения сварки при перегибе сваренных концов провода;

− усадочных раковин в месте сварки глубиной более 1/3 диаметра провода из алюминия, спла- вов или меди глубиной более 6 мм − сталеалюминиевого провода сечением 150–600 мм^2.

При контроле контактных соединений жестких сборных и соединительных шин РУ, выполненных сваркой проверяется состояние сварки. В сварном соединении не должно быть трещин, прожогов, кратеров, непроваров сварного шва более 10 % его длины при глубине более 15 % толщины свариваемого металла; суммарное значение непроваров, подрезов, газовых пор и вольфрамовых включений в швах свариваемых алюминиевых шин должно быть не более 15 % толщины свариваемого металла в каждом рассматриваемом сечении.

В соответствии с ГОСТ 17441-84 «Соединения контактные электрические приемка и методы испытаний» контактные соединения следует подвергають ряду проверок при квалификационных, приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаниях электротехнических устройств, при приемо-сдаточных испытаниях соединений воздушных линий электропередачи, кабелей и т.д.

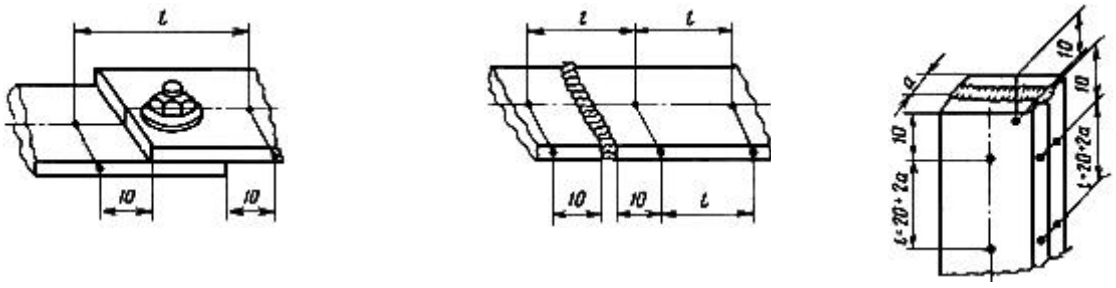
Виды проверок и объем выборки должны быть установлены в программах и методиках испытаний, стандартах или технических условиях на конкретные виды электротехнических устройств. При отсутствии таких указаний виды проверок и объем выборки должны приниматься в соответствии с ГОСТ 17441-84.

При периодических испытаниях должны выполняться проверки соответствия требованиям к конструкции, определение начального электрического сопротивления и испытание на нагревание номинальным (длительно-допустимым) током.

Периодические испытания проводят один раз в два года, если иное не установлено в стандартах или технических условиях на конкретные виды электротехнических устройств.

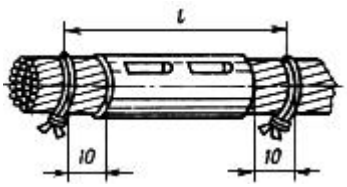
Определение электрического сопротивления.

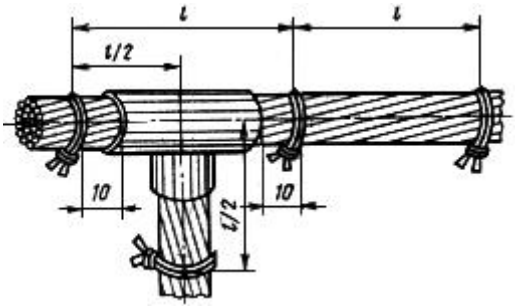
Электрическое сопротивление соединения измеряют на участке между точками, указанными на рисунке 11.



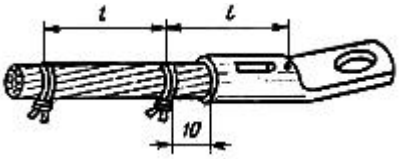
а

б

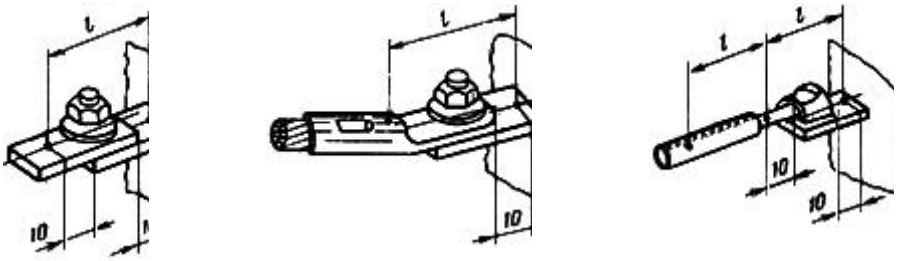




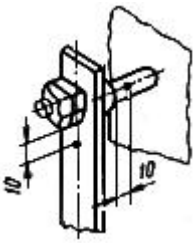
в

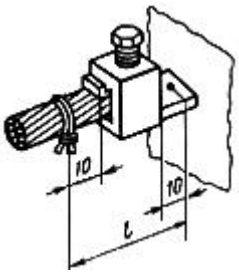


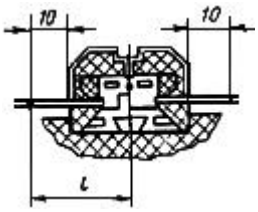
г



д







е

Рисунок 11 - Размеры участков для измерения электрического сопротивления различных контактных соединений (ГОСТ 17441-84): а – болтовое и сварное соединения шин; б – соединение однопроволочных жил опрессовкой и сваркой; в – соединение и ответвление многопроволочных жил опрессовкой и сваркой; г – оконцевание многопроволочной жилы; д – присоединения к плоскому выводу шины, многопроволочной и однопроволочной жилы; е - присоединения к штыревому выводу шины, к гнездовому выводу многопроволочной и однопроволочной жилы.

В соответствии с ГОСТ 10434-82 полученное значение электрического сопротивления контактного соединения сравнивают с контрольным значением

сопротивления проводника. Его измеряют на участке, равном условной длине контактного соединения *l*.

В случаях, обусловленных конструктивным исполнением изделий, допускается сопротивление не измерять. По согласованию с потребителем сопротивление проводника допускается определять расчетным путем. При присоединении к штыревому выводу (рис. 11, е) сопротивление проводника не измеряют; сопротивление соединения в этом случае должно соответствовать значениям, установленным в ГОСТ 10434-82.

Для соединений, не указанных на рисунке 11, точки измерения устанавливают на расстоянии 2-10 мм от контактного стыка по ходу тока.

Сопротивление соединений пакета шин измеряют отдельно для каждой пары элементов соединения. Измерение ведут с помощью щупов с острыми иглами, разрушающими окисную пленку. На многопроволочных жилах проводов и кабелей в местах приложения измерительных (потенциальных) щупов должно быть обеспечено равномерное распределение тока и одинаковый потенциал по всем проволокам. Для этого рекомендуется пропайка или сплавление проводов, опрессовка гильз или наложение бандажа из двух-трех витков медной луженой проволоки диаметром 0,4-1,5 мм.

Измерение сопротивления соединений многопроволочных жил сечением до 6 мм^2 и однопроволочных жил сечением до 16 мм^2 допускается выполнять с проколом изоляции без обеспечения мер по выравниванию распределения тока и потенциала.

В соответствии с ГОСТ 17441-84 сопротивление соединений следует измерять методом вольтметра-амперметра на постоянном токе, микроомметром или двойным мостом. Сопротивление соединений с многопроволочными жилами следует измерять методом вольтметра-амперметра. Допускается измерение микроомметром, при этом для присоединения токовых наконечников щупов следует обеспечивать те же условия, что и для потенциальных. При определении сопротивления методом вольтметра-амперметра измерительный ток рекомендуется принимать не более 0,3 номинального тока проводника. Сопротивление измеряют при температуре окружающей среды. Соединения считают выдержавшими испытания, если среднее значение сопротивления выборки соответствует требованиям ГОСТ 10434-82.

Допустимые значения сопротивления контактов электрических аппаратов устанавливаются заводом-изготовителем В случаях, если значения сопротивления контактов не приведены в инструкциях завода-изготовителя, они принимаются из ТНПА (ТКП 181-2009).

Испытание на нагревание номинальным током.

Испытанию подвергают соединения, прошедшие проверку электрического сопротивления.

Нагревание проводят постоянным или переменным током. При отсутствии в стандартах и технических условиях на конкретные виды электротехнических устройств значений номинального тока следует

проводить испытания на испытательном токе, значение которого приведено в п.2.1.6. Методы испытаний - по ГОСТ 2933-83. Соединения считают выдержавшими испытания, если их температура с учетом верхнего рабочего значения температуры окружающего воздуха по ГОСТ 15543.1-89 (измеренное превышение температуры над температурой воздуха при испытаниях плюс верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха) не выше значений, установленных в ГОСТ 10434-82.

Методические указания к выполнению лабораторной работы

Подготовительная часть.

1.Изучить ТНПА по контактным электрическим соединениям (ГОСТ 10434-82, ГОСТ 17441-84, ТКП 181-2009 и др.).

2. Изучить инструкцию к микроомметру MMR-60.

Задание 1.

1. По заданию преподавателя изготовить различные виды контактных соединений.

2. С помощью микроомметра MMR-620:

- измерить переходное сопротивление изготовленных контактных соединений;
- измерить или принять из ТНПА допустимое значение переходного сопротивления изготовленных контактных соединений.

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Измерение переходного сопротивления контактных соединений.

№ п/п	Материал и вид контактного соединения	Измеренное значение, мкОм	Допустимое значение, мкОм

3. Сделать заключение о техническом состоянии контактных соединений.

Задание 2.

1. По заданию преподавателя составить технологическую карту обслуживания контактной системы электрического аппарата (примерная форма технологической карты приведена в Приложении).

2. Провести техническое обслуживание контактной системы электрического аппарата в соответствии с составленной технологической картой.

3. Сделать заключение о техническом состоянии контактной системы электрического аппарата, описать примененные или рекомендуемые способы устранения выявленных неисправностей.

Содержание отчета.

1. Название, тема и цель работы.
2. Конспект теоретического материала.
3. По заданию 1: таблица 1, заключение о техническом состоянии контактных соединений.
4. По заданию 2: технологическая карта обслуживания контактной системы электрического аппарата заключение о техническом состоянии контактной системы электрического аппарата, описание примененных или рекомендуемых способов устранения выявленных неисправностей.