# Защита конструкций ЭВС от климатических воздействий (лекции 52 – 54)

## Способы защиты модулей и блоков от влияния внешней агрессивной среды

Влагозащита - это комплекс мероприятий, предотвращающий действие влаги на элементы изделия.

Влага может проникать в элементы изделия диффузно в фазе пара (при диа­метре пор меньше 1-5 мкм) или капиллярно в жидкой фазе (при диаметре пор больше 10-20 мкм). Чаще всего наблюдается смешанное проникновение влаги: диффузное и капиллярное. Влияние влаги на параметры конструкции может проявляться сравнительно быстро (секунды, минуты) или через большой промежуток времени (месяцы, годы).

*Защита ЭС от воздействия влажности* осуществляется соот­ветствующими материалами, покрытиями, применением усиленной вентиляции сухим воздухом, поддерживанием внутри изделий более высокой температуры, чем температура окружающей среды, использованием погло­тителей влаги, разработкой герметичных ЭС. Коррозия протекает более интенсивно при контакте материала с различными электрохимическими потен­циалами. Металл с отрицательным потенциалом гальванической пары будет разрушаться тем быстрее, чем больше разница электрохимических потенциалов. Электрохимические потенциалы металлов в пресной и морской воде.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Пресная вода** | | **Морская вода** | |
| *Металл* | *Потенциал, мВ* | *Металл* | *Потенциал, мВ* |
| Серебро | +194 | Серебро | +149 |
| Медь | +140 | Никель | +46 |
| Никель | +118 | Медь | +10 |
| Алюминий | -169 | Свинец | -259 |
| Олово | -175 | Цинк | -284 |
| Свинец | -283 | Сталь | -335 |
| Сталь | -350 | Кадмий | -519 |
| Кадмий | -574 | Алюминий | -667 |
| Цинк | -823 | Олово | -809 |

Если по тем или иным причинам невозможно заменить металлы с высокой разницей электрохимических потенциалов, то на них наносятся защитные покрытия. Применяются металлические, химические и лакокрасочные покрытия.

*Металлические покрытия* образуют с основным материалом детали контактную пару. В зависимости от полярности потенциала различают покрытия:

- анодные (отрицательный потенциал покрытия по отношению к основному металлу);

- катодные (положительный потенциал покрытия). При коррозии может разрушаться как основной металл детали, так и покрытие. Разрушение происходит из-за наличия пор в покрытиях, повреждений в виде сколов, царапин, трещин, возникающих в процессе эксплуатации, и будут тем интенсивнее, чем больше разница электрохимических потенциалов между основным металлом и покрытием.

При анодном покрытии, вследствие коррозии, разрушается само покрытие, при катодном – основной металл.

Герметизация — это защита изделия от влаги, воды, пыли или газов. Герметизация, как правило, обеспечивается непроницаемостью стенок и соединений и бывает двух типов:

- полной (или абсолютной), обеспечивающей защиту от действия всех четырёх указанных факторов;

- неполной (относительной), обеспечивающей защиту от действия одного или нескольких факторов.

В зависимости от типа различают пылезащитную, водозащитную, влагозащитную и вакуумплотную герметизацию.

Водозащитные конструкции - одновременно являются пылезащищёнными, влагозащитные - водозащищёнными и т.д.

Вакуумплотная герметизация - обеспечивает хорошую защиту не только от влажного воздуха, но и от агрессив­ных сухих газов.

Такая герметизация является наиболее сложной и дорогой и применяется в тех случаях, когда другие способы герметизации не могут обеспе­чить требуемой защиты.

Герметизация обеспечивается тремя основными способами:

- электроизоляционными материалами (практически исключающими возможность разгер­метизации изделий);

- герметичными оболочками и корпусами, допускающими разгерметизацию изделий (для чего в оболочке или корпусе предусматриваются поверхности разъёма);

- герметичными оболочками и корпусами, не допускаю­щими разгерметизации изделий.

Герметизацию применяют не только для защиты от пыли, воды, влаги или газов, но также и с целью сохранения электрической прочности изоляции при ра­боте изделия на больших высотах, когда пробивное напряжение воздуха резко па­дает.

Защита с помощью электроизоляционных материалов.

Этот вид защиты основан на том, что слой изоляционного материала опреде­лённой толщины в ничтожной степени пропускает через себя молекулы воды и газов. В зависимости от способа нанесения изоляционного материала на изделие различают следующие способы защиты: пропитка, заливка, обволакивание, опрессовка.

*Пропитка изделия* заключается в заполнении всех имеющихся каналов, пустот, пор и капилляров электроизоляционным материалом. Обеспечивая защиту от внешних воздействий, она одновременно повышает электрическую прочность изоляции, механически укрепляет изделие и повышает его теплопроводность.

Пропитка осуществляется погружением изделия в жидкий электроизо­ляционный материал. Перевод пропиточного материала в жидкую фазу достига­ется его нагреванием, снижение вязкости достигается пропиткой в вакууме.

Пропиточный материал должен обладать хорошей пропиточной способно­стью (проницаемостью в поры и капилляры), химической нейтральностью к мате­риалам изделия, цементирующей способностью, высокими электрическими ха­рактеристиками, хорошими теплопроводностью и термостойкостью. Температура пропитки не должна оказывать вредного влияния на конструкцию и её элементы, а при отвердении пропиточный материал не должен создавать чрезмерных меха­нических напряжений. Пропиточный материал также должен обладать достаточ­ными адгезией и упругостью, чтобы при отвердении не образовались зазоры ме­жду материалом и пропитываемыми элементами, а в самом материале не получа­лись бы трещины и усадочные поры.

*Заливка* изделия состоит в заполнении свободного пространства между изде­лием и стенками корпуса, куда его помещают, электроизоляционным материалом. Иногда вместо корпуса применяют специальные разъёмные формы, которые по­сле отвердения заливочной массы удаляются. Объём заливки должен, не утяжеляя конструкцию, обеспечивать надлежащие механическую прочность и герметиза­цию изделия. Рекомендуемая толщина заливочного слоя:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Объём изделия, см3** | **Толщина, мм** | |
| **стенок** | **крышки** |
| 5-10 | 2-3 | 3-4 |
| 10-100 | 5-8 | 6-10 |
| 100-200 | 6-10 | 12-15 |
| >200 | 10-20% от объёма | |

Заливочный материал должен обладать хорошей адгезией, большой тепло­проводностью и термостойкостью, слабой химической активностью и ничтожной токсичностью, небольшими усадкой и температурным коэффициентом ли­нейного расширения и другими свойствами. Поэтому в качестве заливочных ма­териалов применяются различные пластмассовые компаунды с органическими или неорганическими наполнителями (кварцевая пудра, окись алюминия и т.д.). Заливка широко применяется для герметизации миниатюрных и микроминиатюр­ных изделий, приборов и узлов.

*Обволакивание* изделия состоит в нанесении на него сравнительно толстого слоя электроизоляционного материала, удерживаемого на поверхности изделия адгезией. Обволакивающий слой получается путём кратковременного (на 1-1,5 с) погружения изделия в разогретый изоляционный материал. Наращивание обвола­кивающего слоя производится повторными погружениями после предваритель­ного охлаждения изделия. Таким образом, можно осуществлять обволакивание разнородными материалами. Иногда обволакивание производится не погруже­нием, а пульверизацией - вихревым опылением.

Обволакивающий материал должен удовлетворять большинству требований, предъявляемых к пропиточным и заливочным изоляционным материалам. Наи­лучшие результаты даёт обволакивание эпоксидными компаундами. Обволакива­ние значительно экономнее заливки.

*Опрессовка* изделия состоит в защите изделия толстым слоем (до 15 мм) изо­ляционной пластмассы, образуемым в пресс-формах. Давление, необходимое для опрессовки, не должно деформировать отдельные части изделия. Опрессовочный материал должен обладать высокой адгезионной способностью и механической прочностью, поскольку опрессовка обычно служит не только защитой изделия, но и может являться его базовым элементом, особенно если для опрессовки приме­няется эпоксидный компаунд, который служит каркасом и на который затем уста­навливаются другие элементы конструкции. Наиболее распространённые эпоксидные компаунды, применяемые для различных способов защиты изделия с помощью электроизоляционных материалов.

|  |  |
| --- | --- |
| **Марка** | **Способ защиты** |
| ЭПК-1 | Пропитка |
| ЭЗК-6 | Заливка |
| ЭЗК-7 | Заливка, обволакивание |
| ЭЗК-9 | Заливка после пропитки |
| ЭЗК-10 | Заливка, обволакивание, опрессовка |

Ни один из вышеперечисленных способов защиты изделий электроизоляци­онными материалами не является универсальным и он должен выбираться в зависи­мости от конкретных условий применения изделия и требований к его защите.

## Разъемная герметизация. Неразъемная герметизация

*Защита с помощью герметичных оболочек* и корпусов, допускающих разгерметизацию изделий. Этот вид защиты основан на применении в конструкции специальных разъ­ёмных герметичных соединений, которые имеют определённую геометрическую форму, изготовлены из определённых материалов и в которых достигается высокая плотность соединения поверхностей, причём внутрь герметизируемого прибора или блока. Как правило, вводят влагопоглотители (например, силикагель SiO2, обработанный кобальтовой солью).

Герметичные разъёмные соединения, как правило, увеличивают габариты и массу герметизируемой конструкции, усложняют её изготовление, так как требуется плотное соединение контактирую­щих поверхностей в швах. Плотность соединения поверхностей может достигаться их тщательной об­работкой либо применением уплотняющих прокладок.

Обработка поверхностей до появления адгезионного давления (при котором возникает сжимаемость материалов, сопровождённая поверхностной диффузией) осуществляется их шлифовкой, шабровкой и притиркой. Сложность и дорого­визна этого способа достижения плотности соединения и невозможность его при­менения для больших поверхностей существенно ограничивают его использова­ние.

Уплотняющие прокладки, или герметики, являются наиболее распростра­нённым средством достижения плотности соединений. Используются раз­личные уплотняющие прокладки: металлические (из свинца, меди или алюминия), резиновые, пластмассовые, кожаные и т.п. Кроме того, в качестве герметиков мо­гут применяться различные пасты, замазки и клеи.

Плотность соединения может характеризоваться величиной утечки газа (в литрах в минуту) из герметического объёма:

,

где V - внутренний герметичный объём, л;

Δp - изменение давления за время Δt, Па;

Δt - временной интервал, мин;

 - средняя абсолютная температура в герметичном объёме.

*Защита с помощью герметичных оболочек* и корпусов, не допускающих разгерметизации изделий, этот вид защиты основан на применении в конструкции неразъёмных соеди­нений, выполняемых с помощью пайки или сварки. Паяные швы применяются для герметизации изделий небольших размеров. Качество шва зависит от материала и технологии пайки. Рекомендуемая толщина материала для паяных швов.

|  |  |
| --- | --- |
| **Материал** | **Рекомендуемая толщина, мм** |
| Сталь | 0,3…0,5 |
| Латунь | 0,25…0,8 |
| Алюминий | 0,3…0,8 |

Швы, рассчитанные на работу при температурах, не превышающих 85°С, паяются мягким припоями.

Для температур, превышающих 85°С, применяются исключительно твёрдые припои.

Для герметизации керамических корпусов в швы вжигается железо или другой тугоплавкий материал, который затем серебрится, либо серебро вжигается в керамику непосредственно. Пайка производится припоем ПОС-61 с 3%-й добавкой серебра.

Шабровка - отделочная обработка поверхности снятием тонкой стружки шабером вручную или механическим путём. Применяется для точного сопряжения деталей, например, для герметизации соединений.

Влага отрицательно воздействует на ИЭТ и элементы конструкции, содержащие гигроскопические диэлектрики. Гигроскопические диэлектрики (гетинакс) впитывают влагу и изменяют электрическую прочность, увеличивают диэлектрические потери. Влага запылённая, загрязненная кислотами, щелочами является токопроводящей. Поэтому при проектировании электронных средств, работающих в условиях повышенной влажности, водо- и брызго воздействий рекомендуется не применять гигроскопические диэлектрики. Применяют стеклотекстолит и керамику для несущих элементов конструкций.

Если ИЭТ и узлы конструкций содержат гигроскопические диэлектрики, то применяют следующие методы их защиты:

1. Покрывают поверхность таких элементов влагозащитным лаком, эмалями, компаундами. Например, плату с элементами покрывают лаками или другими защитными покрытиями. Для влагозащиты и виброударозащиты печатных плат конструкции ячеек могут заливать эластичным, демпфирующим компаундом (например, пенополиуретаном).

2. Пропитка ИЭТ и узлов, содержащих гигроскопичные материалы, осуществляется лаками. Пропитывают катушки дросселей, трансформаторов, индуктивности ВЧ и НЧ, т.к. в этом случае увеличивается электрическая прочность между витками.

3. Заливка конструкции жидкими или затвердевающими компаундами.

Указанные методы влагозащиты ухудшают условия охлаждения ЭС, а поэтому должны предлагаться методы интенсификации охлаждения за счёт теплопроводности конструкции или теплопроводности влагозащитного материала.

Эксплуатация конструкции в условиях повышенной влажности отрицательно сказывается на металлических конструкциях, вызывая их коррозию.

Поэтому при конструировании следует:

1. Применять металлические несущие конструкции, которые слабо окисляются. Например, применяют нержавеющие стали: 10Х14Г14Н4Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т и др.; применяют металлы, создающие окисную плёнку, которая является защитной от дальнейшего разрушения, например, алюминий и его сплавы.

2. Защищать металлические конструкции, которые подвергаются коррозии, защитными металлическими и неметаллическими покрытиями. Например, для защиты стальных несущих конструкций автомобильных ЭС часто применяют цинкование. Цинковое покрытие неустойчиво к воздействию морской влаги, а поэтому для корабельной аппаратуры используют кадмиевое или оловянно-висмутовое покрытие. Из неметаллических покрытий широко применяют окисные покрытия на алюминий и алюминиевые сплавы и лакокрасочные покрытия.

3. Высокая влажность особенно опасна при повышенных температурах эксплуатации, т.к. в этом случае значительно возрастает скорость коррозии. Возникает контактная коррозия в месте контакта двух металлических элементов с большой разницей электрохимических потенциалов металлов. Не допускается контакт двух металлов с большой разницей электрохимических потенциалов (например, медь с алюминием).

Если же необходимо обеспечить контакт элементов из таких материалов, то приходится разделять их элементом из материала-посредника. Например, для заземления алюминиевого экрана либо корпуса ЭС медными проводами или шинами применяют биметаллические лепестки.

В тех случаях, когда имеем брызговоздействие, водовоздействие или же бескорпусную элементную базу (микросборки) применяют герметизацию ячеек, блоков или изделия в целом.

При конструировании герметичных корпусов ЭС исходят из условий надёжности герметизации, которую можно оценить временем наполнения газа или воздуха. При конструировании герметичных корпусов и соединений следует иметь в виду следующие отрицательные факторы воздействия:

- герметичные корпуса испытывают деформации, за счёт возможного перепада давления внутри и вне корпуса;

- герметичный корпус неразъёмный (паяный или сварной) не обеспечивает удобства ремонта, регулировки и настройки аппаратуры.

Поэтому для ремонтируемых, регулируемых устройств применяют разъёмные герметичные корпуса при этом, чем меньше разъёмных соединений в корпусе, тем больше его время натекания.

Во избежание деформации стенок герметичного корпуса при перепадах давления внутри и вне корпуса, выбирают материал и толщину стенок исходя из допустимой деформации стенок.

Толщина стенок (в метрах) может быть рассчитана по формуле:

t = V3 0, 0284\*Pa4 / Ef (1+ 1,056\*a5 / b5),

где, a и b – размеры стенок корпуса, м;

Р – перепад давлений внутри и вне стенки, Па;

E – модуль упругости материала конструкции, Па;

f – допустимый прогиб стенки, м.

В конструкции ЭС герметичный корпус часто используется как экранирующий, а поэтому в зависимости от частоты, выбирают металлический корпус, изготовленный из стали, алюминия или латуни.

Неразъёмные герметичные корпуса выполняются сварными или паяными, в зависимости от толщины стенки и выбранного материала. Малогабаритные тонкостенные конструкции герметичных корпусов чаще всего исполняют паянными. Для паяных корпусов рекомендуют тонколистовые материалы: сталь 0,3…0,5 мм, алюминий, латунь 0,3…0,8 мм. Такой корпус состоит из основания корпуса и крышки.

*Герметизация пайкой.*

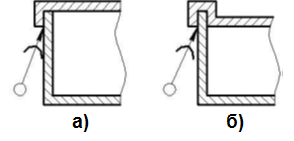


Рис. . Герметизация пайкой

Герметизация пайкой:

а) крышка пропаивается по периметру;

б) более надёжные паяные соединения получаются при соединении крышки с корпусом в фальц.

*Герметизация сваркой.*

В случае конструкций из металла большей толщины для неразъёмных герметичных корпусов рекомендуют сварные швы, конфигурация и содержание которых зависит от метода сварки.

Для пластичных металлов, например, алюминия, можно применить холодную сварку, т.е. сварку давлением фланца корпуса и края крышки. В этом случае толщина стенок корпуса и крышки должна быть не менее 0,8 мм.

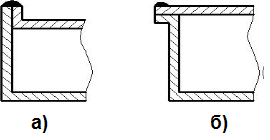


Рис. . Конструкции сварного шва

Конструкции сварного шва:

а) для электродуговой и газовой сварки;

б) для контактной роликовой электросварки.

В случае, если конструкция ЭС предполагает, настройку и ремонт, в процессе эксплуатации, изделие выполняется в разъемном герметичном корпусе. Разъёмные соединения деталей корпуса уплотняют с помощью прокладок и винтовых, либо болтовых соединений. Для обеспечения герметичности корпусов ЭС применяют резиновые прокладки прямоугольного, круглого и др. сечений.

Прокладка должна укладываться в канавку стенки корпуса или в канавку крышки. Для обеспечения надежной герметизации необходим точный расчет размеров прокладок, канавок, количество и диаметр винтов соединения, выбор материала.

Материал прокладки выбирается в зависимости от условий эксплуатации и наличий агрессивной среды. Чаще всего используют резину НО-68-1, у которой диапазон рабочих температур от минус 55 до плюс 100 ОС допускает эксплуатацию на открытом воздухе, а также при наличии загрязнённости маслами, бензином, керосином, слабыми растворами кислот и щелочей. Твёрдость по ТИРу 50…70 ед. Резина ИРП1276: диапазон рабочих температур – 70…200 ОС, твёрдость по ТИРу 40…55 ед.

Оптимальным считается сжатие резиновой уплотнительной прокладки на 25% её первоначальной высоты, т.е. относительная деформации прокладки:

ε = h - h1 / h = 0,25

Размеры прокладки: ширина b и высота h выбираются в зависимости от периметра соединения или если оно кольцевое - от внутреннего диаметра кольцевой прокладки. В зависимости от перепадов давлений внутри и вне корпуса в 2 атм. Если перепадов давлений не предусматривается, то размеры прокладки можно уменьшить примерно до 1,5 раз.

*Рекомендованные размеры прокладок.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Внутренний диаметр прокладки (периметр соединения), мм** | **Размеры прокладки:** | |
| **ширина b, мм** | **высота h, мм** |
| 30…50 (90…150) | 3,0 | 3,0 |
| 50…80 (150…240) | 3,5 | 3,5 |
| 80…100 (240…300) | 4,0 | 4,0 |
| 100…150 (300…450) | 4,5 | 4,5 |
| 150…190 (450…570) | 5,0 | 5,0 |
| 190…240 (570…720) | 5,5 | 5,5 |
| 240…300 (720…900) | 6,0 | 6,0 |
| 300…390 (900…1200) | 6,5 | 6,5 |
| 390…460 (1200…1400) | 7,0 | 7,0 |
| 460…550 (1400…1700) | 8,0 | 8,0 |

Размеры канавки под прокладку рассчитывают исходя из принципа ”не сжимаемости” прокладки, прокладка не изменяет свой объём при сжатии в канавке, т.е.:

b ⋅ h = bk ⋅ hk,

где bk и hk – ширина и высота канавки.

Высоту канавки выбирают исходя из условий оптимальности сжатия прокладки:

hk = 0,75 ⋅ h.

В таком случае:

bk = b ⋅ h / hk.

Канавку можно выполнить в корпусе или в крышке разъёмного соединения. Диаметр винтов и количество винтов соединения выбирают исходя из твёрдости прокладки и её размеров по следующей методике.

1. По твёрдости выбранной резины выбирают модуль сдвига резины. Например, для резины НО68 при твёрдости 50 модуль сдвига G равен 7\*105 Па.

2. По выбранному значению модуля сдвига определяется модуль продольной упругости резины Е:

Е = 3 ⋅ G

3. Определяется модуль сжатия резиновой прокладки с учётом её конфигурации:

Eпр = E ⋅ (1+α ⋅ Ф),

α - коэффициент, зависящий от трения прокладки с металлом корпуса,

α = 2 ⋅ f, f - коэффициент трения. Для контакта резина-металл: f = 0,6;

Ф – коэффициент формы прокладки, представляет собой отношение площади нагружения прокладки крышкой и свободной от нагружения площади:

Ф = b / 2h.

4. Определяется напряжение, возникающее в прокладке при сжатии на требуемую деформацию ε:

σ пр = Eпр ⋅ε,

где ε = 0,25.

5. Определяется сила сжатия прокладки винтами или болтами соединения.

F = σ пр ⋅S,

S – площадь сжатия прокладки, т.е. контактирования с крышкой, S = b ⋅ П, П – периметр прокладки.

6. Определяется количество и диаметр винтов или болтов соединения, так чтобы напряжения стягивания винтами, болтами не превышали допустимых значений материала винта.

σ = F / n / π d2в / = 4F / π n d2в ≤ [σ доп],

где, n – количество предлагаемых винтов или болтов соединения,

dв – внутренний диаметр винта или болта (по канавке резьбы),

σдоп – допустимое напряжение на разрыв (растяжение) материала винта, зависит от материала винта (для сталей обычно составляет от 12 до 30 Кг/мм2).

Отсюда диаметр винта определяется:

d ≥ v 4F / π ⋅ n ⋅ [σ доп].

Если разъемное соединение эксплуатируется при повышенных температурах, то при температурных расширениях прокладки увеличивается механическое напряжение в прокладке, а, значит, увеличивается сила на винты соединения. В этом случае необходима корректировка определенных значений напряжения в прокладке σпр под возможные значения, с учетом эксплуатации ЭС в условиях максимальной температуры.

Наружный диаметр винта рассчитываем по формуле:

d = dв /0,85.

Выбирается стандартный винт с метрической резьбой и диаметром не менее рассчетного.

В настоящее время для малогабаритных конструкций микроэлектронной аппаратуры применяются герметичные соединения - паянные, но разборные при эксплуатации.

Конец проволоки, запаянный по периметру соединений, выводят наружу во внешнюю канавку корпуса и при необходимости ремонта вытаскивают проволоку, тем самым разбортовывая соединение.

*Герметизация электрических соединений и подвижных элементов герметичных корпусов.*

В случае необходимости разъёмных электрических соединений в герметичном корпусе применяют герметичные разъёмы (РПС, РСГ, которые требуют уплотнения по фланцу крепления корпуса). Для уплотнения корпуса таким разъёмом необходимо утолщение стенок корпуса, выполнение канавки и применение прокладки уплотнительной.

Для обеспечения надёжности со стороны электрических выводов выполняется дополнительная герметизация компаундом. В случае небольшого количества выводов из герметичного корпуса к неразъемному соединению применяют проходные изоляторы (стеклянные или керамические). Наиболее сложно выполнить герметично выходы подвижных осей и валов из герметичного корпуса.

В этом случае можно применить резиновую прокладку вокруг вала и прижимной фланец. В этом случае имеют место недостатки:

1.Для того чтобы винты крепления фланца с уплотнением не разгерметизировали корпус, нужны утолщения корпуса в месте крепления фланца, которые повышают жесткость конструкции.

2. Резиновая прокладка имеет большой коэффициент трения и требует больших усилий вращения вала. Кроме этого, при высоком трении прокладки быстро изнашиваются.

3. Во время эксплуатации стареет и изнашивается материал прокладки, что приводит к уменьшению герметичности соединения.

4. Прижимной фланец сжимает прокладку на величину неуправляемую. Необходимое сжатие должно быть обеспечено на 25% заданной высоты и поджиматься в процессе эксплуатации.

## Влагозащитные покрытия

Влагозащитные металлические и неметаллические неорганические покрытия (МНН)- отличаются значительным разнообразием.

Основные критерии для выбора МНН-покрытий следующие: вид детали; материал детали; условия эксплуатации.

|  |  |
| --- | --- |
| **Детали** | **Материалы деталей** |
| Лицевая и задняя панели | Алюминий и алюминиевые сплавы, магниевые сплавы, сталь, титановые сплавы, пластмассы. |
| Кожухи | Пластмасса, сталь, алюминий и алюминиевые сплавы. |
| Шасси, каркасы ЭС | Сталь, алюминий и алюминиевые сплавы, магниевые сплавы, титановые сплавы, цинковые сплавы. |
| Ручки | Сталь, пластмасса. |
| Рамки ячеек | Алюминий и алюминиевые сплавы, пластмассы, магниевые сплавы. |
| Радиаторы | Алюминий и алюминиевые сплавы, медь. |
| Печатные контакты разъемных соединений | Бронза, медь. |
| Экраны электромагнитные | Сталь, алюминий, медь, латунь, пластмасса (с экранирующим покрытием). |
| Волноводы, резонаторы | Сталь, медные сплавы. |
| Печатные платы | Стеклотекстолиты, лавсаны, полиамиды, гетинаксы. |
| Каркасы катушек | Пластмассы, керамика индуктивностей, дросселей, катушек трансформаторов, линий задержек на катушках. |
| Коммутационные платы, микросборки | Керамика, поликор. |

Условия эксплуатации в соответствии с ГОСТ 9.303-84 делятся на 8 групп:

- 1 группа – легкие условия эксплуатации (Л);

- 2,3,4 группы – средней жесткости (С);

- 5,6 группы – жесткие условия (Ж);

- 7,8 группы – особо жесткие (ОЖ).

В качестве материалов покрытий наибольшее распространение полу­чили никель, медь, цинк, кадмий, олово и серебро. Толщина покрытия вы­бирается в зависимости от материала и способа нанесения покрытия. Для улучшения механических и защитных свойств покрытий рекомендуются к применению многослойные покрытия из разнородных материалов. Толщина покрытия обычно равна 1-15 мкм.

*Оксидирование* - получение окисной пленки на стали, алюминии и его сплавах. Покрытие имеет хороший внешний вид, антикоррозион­ные свойства, но оно микропористое и непрочное. Последнее свойство покрытия позволяет его использовать как грунт под окраску.

*Анодирование* - декоративное покрытие алюминия и его сплавов электрохимическим способом. Защитная пленка химически устойчива, об­ладает высокими электроизоляционными свойствами, надежно защищает от коррозии, может быть окрашена.

*Фосфатирование* - процесс образования на стали защитной пленки с высокими антикоррозионными и электроизоляционными свойствами, хоро­шей адгезией. Получаемое покрытие пористо и недостаточно прочно. Фос­фатные пленки используются как грунт под окраску.

*Лакокрасочные покрытия* защищают детали от коррозии. Как недоста­ток следует отметить низкую механическую прочность и термостойкость. Этот вид покрытия применяется для окрашивания каркасов, кожухов, лице­вых панелей приборов и т. п. Качественный внешний вид изделия обеспечи­вается многослойным окрашиванием. Толщина лакокрасочного покрытия колеблется от 20 до 200 мкм. Различают следующие виды лаковых покрытий для защиты от соответствующих видов внешнего воздействия:

- водостойкие - морская, пресная вода и ее пары;

- специальные - облучение, глубокий холод, открытое пламя, биологи­ческое воздействие и пр.;

- маслобензостойкие – минеральные масла и смазки, бензин, керосин;

- химически стойкие – различные химические реагенты, агрессивные газы, па­ры и жидкости растворы кислот и солей;

- термостойкие - температура выше +60 °С;

- электроизоляцион­ные - электрический ток, коронные и поверхностные разряды.

Недостатком лаковых покрытий является то, что они требуют высокой чистоты производственных процессов и усложняют заме­ну компонентов. При эксплуатации покрытия скалываются, шелушатся и загрязняют контакты электрических соединителей. Пары воды, попадая под покрытия, конденсируются и уменьшают электри­ческое сопротивление между разобщенными цепями. При высыхании по­крытия образующиеся мосты из лака между рядом расположенными выво­дами компонентов передают механические напряжения на выводы и паяные соединения, увеличивая вероятность отказа паяных контактов.

*Цинковое покрытие -* характеризуется хорошим сцеплением с основным металлом, хорошо выдерживает гибку, развальцовку, не выдерживает запрессовку. Не пригодно для изделий, работающих в условиях трения. Термическая обработка должна производится при температуре 180-200оС. Цинковое покрытие повышает коррозионную стойкость изделия. В среде, насыщенной промышленными газами, цинковое покрытие более стойко, чем кадмиевое. Для повышения защитных свойств цинкового покрытия применяют дополнительную окраску изделия лаками и эмалями. Во влажном воздухе, в том числе, насыщенном морскими испарениями, появление на поверхности окислов цинка не снижает защитных свойств покрытия.

*Кадмиевое покрытие -* характеризуется прочным сцеплением с основным металлом, высокой пластичностью и эластичностью при развальцовке, штамповке, запрессовке, свинчивании, протяжке. Устойчиво в среде морских испарений, туманов, морской воды и щелочных растворов. Неустойчиво в атмосфере загрязненной сернистыми газами, продуктами испарения органических веществ и в присутствии деревянных деталей, пропитанных олифой или растительными маслами, а также в закрытых полостях. Кадмиевое покрытие не является износоустойчивым. Для повышения защитных свойств, применяют окраску лаками и эмалями. По причине дефицитности кадмия покрытие применяют только в случае, когда применение цинкового покрытия не допустимо.

*Никелевое покрытие -* коррозионно-устойчивое при температуре от минус 60 до плюс 650о С и при повышенной влажности. Покрытие характеризуется хорошим сцеплением с основным металлом, высокими антифрикционными свойствами, износостойкостью, способностью осаждаться равномерным слоем на деталях сложной конфигурации. Недостатком никелевого покрытия является ухудшение механических свойств сталей.

*Хромовое покрытие -* обеспечивает защиту от коррозии, повышает поверхностную твердость и износостойкость, улучшает внешний вид. Покрытие характеризуется высокой химической стойкостью, термостойкостью, склонностью к пассивированию на воздухе. Покрытие неустойчиво к воздействию атмосферы, загрязненной галогеноводородными соединениями, хорошо выдерживает равномерно распределенную нагрузку, но легко разрушается под действием сосредоточенных ударных нагрузок, снижает усталостную прочность стальных деталей.

*Покрытие серебром и его сплавами -* имеет высокую электропроводность. Для сохранения стабильных электрических параметров серебряного покрытия применяется палладирование и родирование. Эти покрытия увеличивают износостойкость и твердость серебра.

Детали, находящиеся в постоянном соприкосновении с материалами, содержащими серу, покрывать серебром и его сплавами не допускается.

*Покрытие из золота и его сплавов -*  характеризуется высокой химической стойкостью (не окисляется, не тускнеет и сохраняет постоянство электрических параметров при воздействии атмосферы и агрессивных сред), высокой электро и теплопроводностью, хорошей способностью к сварке.

*Полладиевое покрытие* характеризуется стойкостью против атмосферной коррозии, высокой электрической проводимостью и износостойкостью. Переходное электрическое сопротивление стабильно во времени.

*Родиевое покрытие -* характеризуется высокой химической стойкостью по отношению к кислотам и щелочам, износостойкостью, высокой отражательной способностью.

*Окисные покрытия, наносимые способом анодного окисления -* характеризуются хорошим сцеплением с основным металлом, хорошими защитными свойствами, высоким электрическим сопротивлением, хрупкостью. Электрическая прочность покрытия увеличивается при пропитке лаками, обеспечивающими влагозащиту. Пропитка лаками надежно защищает изделия от коррозии.

*Окисные покрытия, наносимые химическим способом - з*ащитные свойства покрытия невысокие и повышаются при обработке покрытий лаками и гидрофобизирующими жидкостями. Подвержены быстрому истиранию. Нержавеющие и высоколегированные стали оксидированию не подвергаются. Детали, подвергающиеся пайке и имеющие паяные швы, оксидировать не рекомендуется.

*Фосфатное покрытие -*  хрупкое, неустойчиво к трению, пористое, обладает высокой адсорбционной способностью, вследствие чего является очень

хорошим грунтом под лакокрасочные покрытия. Обладает высоким электрическим сопротивлением. Не поддается пайке и сварке. Защитные свойства фосфатных покрытий по стали повышаются при обработке маслами, лаками и эмалями.

*Пассивное покрытие (на легированных сталях, меди и ее сплавах) -* пассивирование деталей производится с целью повышения их коррозионной стойкости. Пассивирование деталей из меди и ее сплавов применяется в том случае, если другое покрытие не допустимо. С целью повышения защитных свойств пассивного покрытия применяется нанесение на него лакокрасочных материалов.

*Влагозащитные лакокрасочные покрытия* используют наряду с лаками:

- КЭВ – композиция эпоксидная влагозащитная «КЭВ»;

- ВЗПК «Поливоск» - влагозащитная полимерная композиция «Поливоск»;

- ППК – поли-параксилилен;

- ПХПК – поли-хлор-параксилилен;

- ГФЖ – жидкость гидрофобизирующая.

Добавление символов (+Al) в обозначениях лаков означает добавление алюминиевой пудры в лак.

При выборе лакокрасочного покрытия учитывается следующее:

- условия эксплуатации;

- объекты влагозащиты;

- диапазон температур (уточняющий параметр условий эксплуатации).

Связь групп условий эксплуатации, определенных ГОСТом, макроклиматическими районами и категориями размещения являются справочными данными.

Для лакокрасочных покрытий кроме климатических факторов (атмосферостойкие группы покрытий) ГОСТ 9.032-74 устанавливает с 4-й по 9-ю группы покрытий, и для некоторых из них условия эксплуатации, следующие:

- 4 – пресная и морская вода и ее пары (4/1 – только пресная);

- 5/1 – рентгеновские и другие виды излучений;

- 6 – маслобензостойкие;

- 7 – химически стойкие (7/1 – агрессивные газы, пары; 7/3 – растворы щелочей и основных солей; 7/4 – растворы нейтральных солей);

- 8 – термостойкие (температура выше 60оС);

- 9/1 – электроизоляционные.

От прямого воздействия влаги стационарные и транспортируемые ЭC, как правило, не защищены и не должны эксплуатироваться в этих условиях. Однако на работающее ЭС воздействуют пары влаги окружающего воздуха. Нормальной влажностью считается относительная влажность 60...75 % при температуре 20…25 °С.

*Выпадение росы* (конденсация на холодных поверхностях конструкции) вызывается понижением температуры, которое практически все­гда имеет место при отключении и последующем хранении аппаратуры. На­пример, если в течение дня влажность внутри ЭC составляла 70 %, то точка росы оказывается всего на 5 °С ниже температур, которые имели место внутри.

Интенсивное нагревание переохлажденного ЭС перед приве­дением его в рабочее состояние также приводит к конденсации влаги на хо­лодных элементах конструкции. Капли конденсата будут стекаться и собираться в местах «ловушек влаги». В результате ЭС будет находиться под постоянным воздействием влаги.

*Длительное воздействие высокой влажности* вызывает коррозию металлических кон­струкций, набухание и гидролиз органических материалов. Продуктом гидролиза являются органические кислоты, разру­шающие органические материалы и вызывающие интенсивную коррозию металлических несущих конструкций. Наличие во влажной атмосфере про­мышленных газов и пыли приводит к прогрессирующей коррозии. В резуль­тате создания благоприятных условий для образования плесени воздействие влаги может многократно усилиться.

Опасно воздействие влажности на электрические соединения. При повышенной влажности подвергаются коррозии проводники, на разъемных контактах появляются налеты, ухудшающие их качество, отказывают паяные соедине­ния, особенно если они загрязнены. С течением времени рыхлая окисная пленка может оказаться в гнездовых контактах соединителей, что приводит к отказам изделий.

Слоистые диэлектрики, поглощая влагу, меняют параметры и харак­теристики. Образование на печатных платах водяной пленки приводит к снижению сопротивления изоляции диэлектриков, появлению токов утечки, электрическим пробоям, механическим разрушениям вследствие набухания-высыхания материала. Из-за погло­щения материалами влаги значительно уменьшается электрическая прочность, что осо­бенно сказывается на работоспособности высоковольтных узлов.

Влажность ускоряет разрушение лакокрасочных покрытий, нарушает герметизацию и целостность заливки элементов влагозащитными материалами. За 3 - 4 года эксплуатации при относительной влажности ни­же 20 % и температуре +30 °С полностью высыхает изоляция проводов, становится ломкой и изменяет свои свойства.