

Электрические прямоугольные соединители

Обеспечение эффективности экранирования за счет применения металлизированных пластмассовых корпусов

В статье изложены новые принципы обеспечения эффективности экранирования электрических прямоугольных соединителей при воздействии электромагнитных излучений (ЭМИ) в диапазоне частот от 7 до 1000 МГц. Рассмотрены способы получения многослойных металлических покрытий на пластмассовых корпусах электрических соединителей.

Леонид Сафонов
Александр Сафонов

edet@online.debryansk.ru

Введение

В настоящее время все большее значение придается качеству передаваемой информации и защите ее от несанкционированного доступа.

Используемые в системах информационных коммуникаций электрические соединители, как элементы этой системы, также должны обеспечивать эти требования.

В рамках решения данной задачи, кроме обеспечения традиционных требований по электрическим параметрам и режимам эксплуатации, по стойкости к внешним воздействующим факторам и по надежности, необходимо дополнительно обеспечить и такую очень важную характеристику электрических соединителей, как эффективность экранирования.

Отечественные производители электрических соединителей задачу обеспечения экранирования решали и в настоящее время решают за счет применения металлических корпусов либо других конструкций металлических экранов — для бескорпусных вариантов соединителей. Наш завод тоже придерживался этих традиций, выпуская соединители типа А, РП-14А, РП-10, РПМ, РППМ-27 и др.

С 2000 года при разработке новых соединителей СНП-268, соответствующих зарубежным аналогам серии D-Sub, освоено производство пластмассовых металлизированных корпусов, по эффективности экранирования превышающих зарубежные.

Металлизация пластмасс

Покрытие пластмассовых деталей металлами производится с целью получения тончайших токопроводящих слоев на их поверхностях для улучшения физико-механических свойств и внешнего вида. Металлизация пластмасс повышает их прочность, устойчивость к действию агрессивных сред, снижает горючесть, существенно снижает хрупкость в области низких температур. Установлено, что покрытие деталей из пластмасс сравнительно тонким

слоем металла уменьшает их водопоглощаемость примерно в 20 раз и увеличивает сопротивление разрыву на 10–30%. Кроме того, пластмассовые детали, покрытые металлом, приобретают способность к пайке, что очень важно для обеспечения условий экранирования. Металлические покрытия обеспечивают рассеивание тепла, значительно повышают теплоустойчивость пластмассовых деталей. В ряде случаев замена металлических деталей на металлизированные пластмассовые позволяет в десятки раз снизить их вес, что имеет иногда решающее значение, например, для комплектующих и приборов, используемых в авиации.

Все вышеперечисленные достоинства металлизированных пластмассовых деталей крайне важны при изготовлении высокотехнологичных прямоугольных электрических соединителей.

Существует несколько методов нанесения металлических покрытий на пластмассы, среди которых в отдельные группы можно выделить следующие.

- Механические — покрытие формируют в виде фольги или слоя требуемой конфигурации и затем крепят его к поверхности диэлектрика.
- Физические — металл сначала доводят до парообразного или жидкого состояния и затем наносят на покрываемую поверхность (вакуумная металлизация или металлизация окунанием или обрызгиванием соответственно).
- Химические — металл образуется в ходе химической реакции, протекающей на покрываемой поверхности. Химические способы металлизации в свою очередь подразделяются по виду среды, в которой протекает реакция металлизации (газовая, в растворе, в твердой фазе).

Для каждого способа металлизации существуют свои определенные требования к покрываемому материалу, оборудованию и технологическим процессам. Различны и свойства получаемых покрытий — толщина, морфология, физические и химические свойства, долговечность, работоспособность, прочность сцепления и др.

В нашем случае наиболее приемлемым с технической и экономической точек зрения оказался способ химико-гальванической металлизации корпусов электрических соединителей. При химико-гальванической металлизации на электропроводный слой, предварительно созданный на поверхности пластмассовой детали, наносят многослойные покрытия, состоящие из слоев матовой и блестящей меди, никеля, хрома и других необходимых металлов и сплавов.

С учетом требований по стойкости к внешним воздействующим факторам (механическим, климатическим и биологическим) для группы исполнения 3У были проведены испытания по обеспечению эффективности экранирования не менее 40 дБ на частоте 0,6 ГГц, в течение гаммапроцентной наработки до отказа 20 000 часов. После проведения всего необходимого объема испытаний для пластмассовых корпусов был установлен следующий шифр покрытия — Хим.М.М9.Н12б. (химическая медь толщиной 1 мкм, электрохимическая медь толщиной 9 мкм, электрохимический блестящий никель толщиной 12 мкм).

Процесс химической и химико-гальванической металлизации пластмассовых изделий включает в себя следующие основные стадии:

- подготовка поверхности — предварительная обработка поверхности (очистка, обезжиривание, травление) и активация в случае химической металлизации для образования электропроводного подслоя;
- образование электропроводного подслоя химической металлизацией;
- нанесение металлических покрытий гальваническим способом;
- отделка, состоящая из пассивирования, окрашивания и консервации, если она необходима.

В зависимости от металлируемого материала каждая из этих стадий имеет свои специфические особенности.

В настоящее время химико-гальваническим способом металлизуют целый ряд пластмасс различных классов. В результате анализа условий работы электрических соединителей (климатических, температурных, электрических, условий нагрузки, условий воздействия спец. факторов и др.) и технических характеристик термопластичных материалов нами были определены как наиболее приемлемые два вида пластмасс: пластик АБС-2020 для температуры окружающей среды $-60...+85$ °С, а также стеклонаполненный поликарбонат ЛСВ-30 для температуры окружающей среды $-60...+125$ °С, которые в настоящее время используются для литья корпусов соединителей, предназначенных для металлизации.

Подготовка поверхности

Существует много разных способов подготовки поверхности пластмассовых деталей, предназначенных для металлизации, но суть их в конечном счете сводится к обеспечению чистоты, шероховатости, микропористости,

способности к набуханию, к отсутствию органических веществ и т. д.

Важным фактором, который оказывает определяющее значение на качество металлизации, является состояние и качество поверхности, полученной в процессе литья деталей. Металлизируемые пластмассовые детали должны изготавливаться из первичного чистого однородного сырья. Влажность его не должна превышать 0,02–0,05%. Литье под давлением следует производить при возможно высокой температуре, обеспечивающей максимальную текучесть, но не приводящей к термодеструкции, и при наименьшем давлении для медленного заполнения формы, при котором сводятся к минимуму ориентация и внутренние напряжения.

Для вышеуказанных пластмасс рекомендуются следующие режимы переработки, указанные в таблице.

Таблица. Режимы переработки пластмасс

Режимы переработки	АБС-2020	ЛСВ-30
Температура расплава, °С	250–260	250–280
Удельное давление впрыска, МПа	120	100–120
Продолжительность впрыска, с	8–10	10–12
Температура пресс-формы, °С	75–80	80–95
Выдержка под давлением, с	20–25	25–30
Продолжительность охлаждения в форме, с	30	25–30

Литье пластмассовых деталей проводят в чистых, хорошо отполированных до зеркального блеска формах, конструкция которых позволяет: нагревать и охлаждать формы с точностью ± 1 °С; иметь литниковые каналы достаточно большого сечения (для пластика АБС 0,2–0,15 мм²/г), чтобы легко заполнять форму; иметь технологические уклоны, позволяющие легко извлекать детали (для пластика АБС — не менее 1,5°).

После литья детали необходимо выдерживать не менее 48 часов в нормальных климатических условиях или подвергать термообработке при 80 °С в течение 2–4 часов.

Обезжиривание

Для удаления с поверхности пластмассовых деталей слабо связанных с матрицей посторонних веществ (загрязнений в виде органических неполярных и полярных веществ, оксидов, солей, адсорбированных газов и ионов) применяют промывку органическими или щелочными растворами, используют механическое воздействие и ультразвук.

Источником загрязнения поверхности пластмасс является не только внешняя среда, откуда на поверхность попадают масла, смазка пресс-форм, пот, жиры, пары растворителей, пыль, абразивы, микроорганизмы, но и их основа, содержащая мономеры, пластификаторы, стабилизаторы, красители, продукты деструкции и другие смеси. Выдержка пластмассовых деталей после их литья в течение двух суток в определенной степени способствует удалению этих внутренних загрязнений.

Для обезжиривания пластмасс применяют только те органические растворители, кото-

рые не растворяют их и не вызывают сколько-нибудь значительного набухания. Незначительное набухание (порядка 1 мг/см²) в ряде случаев даже желательно как средство, стимулирующее растворители.

Для деталей из пластика АБС используют:

- метиловый спирт;
- этиловый спирт;
- трихлорэтилен.

Для деталей из поликарбоната ЛСВ-30:

- метиловый спирт;
- трихлорэтилен.

Для удаления разделительных смазок пресс-форм (смесь глицерина со спиртом, касторовое масло или стеарат цинка) с поверхности пластмассовых деталей можно пользоваться смесью, объемная доля компонентов которой составляет (в %): этанола — 50, этилацетата — 25, бутанола — 15, целлольва — 10.

Достаточно часто для обезжиривания пластмасс применяются щелочные растворы.

Нами подобран и эффективно используется щелочной раствор химического обезжиривания следующего состава:

- тринатрий фосфат — 15–25 г/дм³;
- сода кальцинированная — 15–25 г/дм³;
- препарат ОС-20 — 5–10 г/дм³.

Режимы обработки:

- температура состава — 50–60 °С;
- время обезжиривания — 5–15 мин.

При обезжиривании пластмассовых деталей щелочными растворами их поверхность покрывается микротрещинами, что способствует улучшению последующего травления и увеличению прочности сцепления металлического покрытия с основой.

Для оценки чистоты поверхности пластмассовых деталей после литья и химического обезжиривания нами в производстве используются два метода.

- **1-й метод** — тест равномерного смачивания распыляемой водой (0,1 монослоя) или на разрыв смачивающей водной пленки, остающейся после медленного извлечения детали из дистиллированной воды (чувствительность порядка одного слоя загрязнений).
- **2-й метод** — тест восстановления на поверхности пластмассовой детали перманганата калия в кислой среде до диоксида марганца, при котором поверхность окрашивается в бурый цвет; по равномерности этого цвета судят о чистоте поверхности.

При чистой поверхности пластмассовые детали подвергают травлению минуя операцию обезжиривания.

Травление

Эффективность металлизации пластмассовых деталей и качество металлизированных покрытий в большой степени зависят от эффективности травления поверхности, которая приобретает специфическую микропористую структуру и особые физико-химические свойства (количество полярных групп на неполярных пластмассах увеличивается до 10²⁴ на 1 м²). Для такой модификации поверхности пластмассовых деталей применяют физические

и химические способы воздействия на поверхностные слои.

Наибольшее распространение получили методы химического травления в агрессивных растворах щелочей, кислот и окислителей.

Несмотря на большое количество и разнообразие средств травления поверхностей пластмассовых деталей перед металлизацией в каждом случае состав раствора и режим травления необходимо подбирать экспериментально, так как адгезионные свойства протравленной поверхности в значительной степени зависят от свойств конкретной партии материала и условий ее переработки.

Прочность сцепления металлических покрытий с пластмассовой основой определяется прочностью их механического зацепления друг с другом. Таким образом, протравленная поверхность пластмассовой детали должна обладать достаточной микрошероховатостью (в профилограмме расстояние между впадинами и вершинами микронеровностей порядка нескольких микрометров; под микроскопом наблюдается губчатая поверхность; электронномикроскопические исследования показывают каверны диаметром в несколько микрометров, стенки каверн содержат более мелкие углубления).

Хорошие результаты травления показал следующий состав:

- ангидрид хромовый (техн.) — 350–400 г/дм³;
 - кислота серная (ч) — 350–400 г/дм³;
- Режимы травления:
- температура состава — 40–70 °С;
 - время травления — 5–20 мин.

Травление необходимо производить при постоянном перемешивании раствора.

Химическая металлизация

Методами химической металлизации из водных растворов можно получить слои металла на любой поверхности, если она устойчива в растворе металлизации. Растворы химической металлизации — это метастабильные растворы, содержащие водородорастворимое соединение металла и восстанавливающий агент. Иногда восстановителем служит сам металл (иммерсионная металлизация металлов и неметаллов). В настоящее время химическим способом можно получить значительное число покрытий пластмасс металлами, сплавами и композиционные покрытия разнообразного состава. Можно получить металлические покрытия, выравнивающие основу, и даже блестящие. Толщина их может быть от 0,01 до 100 мкм. Они могут быть использованы как финишные покрытия и как электропроводные подслои для нанесения гальванопокрытий.

Для иницирования автокаталитической реакции химической металлизации необходимо покрываемую поверхность сделать каталитически активной. На материалах, обладающих некоторой электропроводностью, активацию можно осуществить в самом растворе химической металлизации, сообщая кратковременный (0,5–1 мин) катодный импульс, во время которого на поверхности осаждается небольшое количество металла, достаточное для под-

держания автокаталитической реакции химической металлизации. Диэлектрики приходится подвергать специальной, довольно сложной обработке — активации.

Активация

Поверхность пластмассовой детали можно активировать физическими и химическими методами. К физическим относятся методы изготовления специальных материалов для металлизации, содержащих 1–5% активатора — каталитически активного металла: палладия (Pd) или серебра (Ag) или вещества, которое легко превращается в катализаторы при специальной обработке — акселерации.

Слой активатора формируют напылением или конденсацией в вакууме, а последующую акселерацию осуществляют нагреванием или облучением.

Химические методы, которые более удобны, разделяют на классический способ, состоящий из сенсibilизирования поверхности в растворах солей олова (II), промывки водой и активирования в растворах солей палладия или серебра, и методы прямого активирования, когда поверхность обрабатывают раствором катализатора в виде ионов растворимого соединения или в виде коллоидных частиц, а также растворами травления — активирования, содержащими соли серебра или палладия. Методы прямого активирования обычно требуют акселерации для эффективного иницирования реакции химической металлизации.

Эффективность активации связана прямой зависимостью с количеством активатора на поверхности.

Для сенсibilизирования — вспомогательной операции при активации поверхности — обычно применяют кислые и щелочные растворы солей олова (II), в которые погружают сенсibilизируемую поверхность детали на несколько минут и промывают водой. При промывании водой соли олова гидролизуются, и на поверхность оседают довольно значительные количества (до 10 ммоль на 1 м²) малорастворимых продуктов гидролиза, образующих сплошной слой толщиной в несколько сот нанометров. Поверхность становится гидрофильной и способной связывать ионы благородных каталитически активных металлов, восстанавливая их или образуя малорастворимые соединения, которые крепятся к сенсibilизированной поверхности (от 0,5 до десятков миллиграммов на 1 м²).

Классический способ активации, несмотря на его универсальность и относительно большую силу активации, имеет тот серьезный технологический недостаток, что приходится иметь дело с двумя растворами — сенсibilизации и активирования, первый из которых быстро окисляется кислородом воздуха, а второй загрязняется соединениями олова. Контроль и корректирование этих растворов крайне затруднительны.

Необходимо дополнительно учесть, что классический способ активации предусматривает для усиления эффективности операции сенсibilизации/активирования повторять ее не-

сколько раз, что снижает впоследствии прочность сцепления покрытия с основой, так как активационные слои механически непрочны. В мокром виде они легко стираются даже при сравнительно легком механическом воздействии.

Ввиду сложности процесса активации и массы выявленных недостатков мы применяем отработанный на практике в производственных условиях следующий технологический процесс активации.

1. **Предактизация.** Обработка деталей производится в соляной кислоте (концентрация — 250–300 г/дм³) при комнатной температуре в течение 30 секунд.

2. **Совмещенная активация.** Производится за предактизацией деталей при температуре 40–60 °С в течение 10 минут без промывки водой в растворе:

- палладий двуххлористый 6-водный (ч) — 0,05–1,2 г/дм³;
- олово двуххлористое 2-водное (ч) — 2–5 г/дм³;
- кислота соляная (ч) — 130–180 г/дм³;
- натрий хлористый (ч) — 110–200 г/дм³.

Обработку проводят при перемешивании раствора. Плотность загрузки — 2–3 дм²/дм³.

3. **Акселерация.** Обработка деталей производится в соляной кислоте (концентрация 80–120 г/дм³) при комнатной температуре в течение 2–3 минут. Активированные по вышеуказанной технологии пластмассовые детали на своей поверхности содержат от 0,05 до 5 мг Pd на 1 м².

Из-за небольших концентраций солей палладия в растворе активирования их расход сравнительно мал, и использование палладия экономически выгоднее других металлов-активаторов.

Осаждение металла

Химическое осаждение металлопокрытий на подготовленную поверхность пластмассовых деталей осуществляется погружением в раствор металлизации. Погружаемые детали укрепляют на подвесках или загружают в барабаны, корзины, колокольные ванны. В нашем случае мы смогли достичь требуемого качества покрытия только на подвесках, так как закрепленный в начале технологического покрытия пластмассовый корпус до его окончания оставался в неизменном положении. В ходе всего технологического процесса исключается его контакт с руками исполнителя, с другими корпусами и стенками ванн, на него нет никаких механических воздействий, электролит (раствор) омывает его со всех сторон равномерно.

При металлизации на подвесках необходимо, чтобы отношение площади покрываемой поверхности деталей к объему раствора в ванне было в пределах 2–4 дм²/л.

При работе со стабильными корректируемыми растворами, кроме регулирования pH ($\pm 0,1$), температуры (± 2 °С), концентрации компонентов ($\pm 20\%$), растворы необходимо фильтровать до 10 объемов в 1 час через фильтры, задерживающие частицы больше 1 мкм, и перемешивать раствор. Перемешивание воз-

духом нежелательно, так как затрудняет начальные стадии осаждения металлов и вызывает пассивирование покрытия.

Ванны для растворов химической металлизации должны иметь химически стойкие и инертные покрытия. Для предотвращения осаждения металла на стенки ванн из коррозионностойкой стали применяют пассивацию азотной кислотой и анодную защиту, поддерживая потенциал стенок положительнее потенциала осаждающегося на деталях покрытия.

Химическое меднение производится при комнатной температуре в течение 15–25 минут при плотности загрузки 2,0–2,5 дм²/дм³ в растворе:

- медь (II) сернокислая 5-водная — 10–15 г/дм³;
- калий-натрий виннокислый 4-водный — 50–60 г/дм³;
- натрия гидроокись — 10–15 г/дм³;
- натрий углекислый — 4–6 г/дм³;
- никель двуххлористый 6-водный — 2–4 г/дм³;
- ингибитор КИ-1 (0,5 %-ный раствор) — 3–5 г/дм³;
- натрия N, N-диэтилдитиокарбонат (0,15%-ный раствор) — 3–5 г/дм³;
- формалин технический — 20–30 г/дм³.

Электрохимическая металлизация

В качестве электропроводного слоя для электрохимической металлизации пластмассовых деталей обычно используют химически осажденные тонкие, до 1 мкм, слои меди или никеля, реже серебра или других металлов и сплавов. Нами были опробованы два вида металлов — медь и никель. Наиболее приемлемым оказалось применение в качестве подложки меди, как с экономической, так и с технической точек зрения. Очень важный параметр для организации процесса металлизации — максимальный разрыв между операциями химического и электрохимического покрытия, у меди он в 50 раз больше, чем у никеля, и составляет 24 часа.

Хотя для металлизации пластмассовых деталей используются обычные стандартные электролиты, сам процесс покрытия имеет специфические особенности из-за малой электрической проводимости подслоев. Для обеспечения равномерной и сплошной затяжки (затяжка — это электроосаждение первых слоев металла) гальванопокрытием электропроводного подслоя приходится более тщательно выбирать места контактов и более тщательно их изготавливать. Для изготовления контактов обычно используется коррозионностойкая сталь. Количество контактов должно быть не менее одного на 1 дм². Во избежание «подгорания» покрытия в области контакта из-за биполярного эффекта затяжку необходимо начинать при малой катодной плотности тока (0,1–0,3 А/дм²) с постепенным ее увеличением в течение 5–10 минут.

Электролиты, применяемые для осаждения укрепляющего покрытия, не должны быть химически агрессивными по отношению к пластмассе, из которой изготовлена покрываемая деталь, и к электропроводному подслою. Нельзя применять сильно кислые или сильно щелоч-

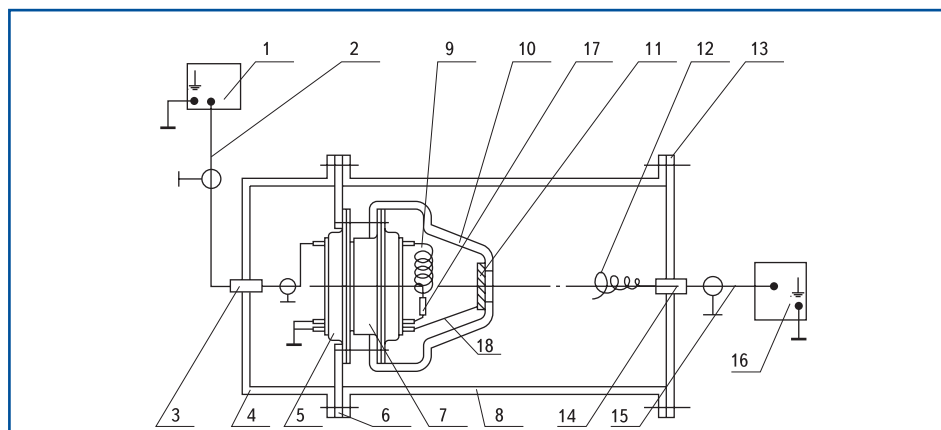


Рисунок. Схема рабочего стенда измерения эффективности экранирования соединителей:

- 1 — генератор Г4-76А; 2 — коаксиальный кабель с экранирующей способностью не менее 80 дБ; 3 — переходник (проходной ВЧ-соединитель); 4 — крышка-экран; 5 — розетки испытываемого соединителя; 6 — фланец; 7 — вилка испытываемого соединителя; 8 — корпус камеры; 9 — передающая антенна; 10 — кожух испытываемого соединителя; 11 — заслонка кабельного ввода кожуха; 12 — приемная антенна; 13 — фланец; 14 — переходник (проходной ВЧ-соединитель); 15 — коаксиальный кабель; 16 — селективный микровольтметр SMV 8,5; 17 — нагрузочный резистор С2-33-0,125-51 Ом; 18 — медная проволока

ные, а также сильно комплексообразующие цианидные электролиты. Нежелательно также применение и горячих электролитов.

Для электрохимического меднения нами используется следующий состав электролита:

- медь (II) сернокислая 5-водная (ч) — 200–250 г/дм³;
- кислота серная (ч) — 50–70 г/дм³.

С применением анодов медных марки М0 и М1

Детали загружаются в ванны под током. Плотность тока при загрузке и в процессе покрытия — 0,1–0,5 А/дм² соответственно. Температура электролита — в пределах 20–40 °С.

Промывка после электрохимического меднения проводится дистиллированной водой в течение 0,5–1,0 минуты.

Блестящее никелирование производится в электролите следующего состава:

- никель сернокислый — 250–300 г/дм³;
- никель хлористый — 40–60 г/дм³;
- кислота борная техническая марки А — 30–40 г/дм³;
- 1,4 бутандиол — 0,5–1,75 г/дм³;
- сахарин — 0,8–2,0 г/дм³;
- фталамид — 0,08–0,12 г/дм³;
- моющее средство «Прогресс» — 0,03–0,05 г/дм³.

С применением анодов никелевых НПА-1

Плотность тока — 3–8 А/дм². Температура электролита — 50–55 °С, рН 4,0–5,2. В процессе работы электролит постоянно перемешивается и фильтруется, контролируется рН. После блестящего электрохимического никелирования производится промывка пластмассовых деталей в холодной и горячей дистиллированной воде и окончательная сушка при температуре 60–70 °С до полного высыхания.

Прочность сцепления металлизированного материала с основой определяется обычно двумя методами — проверкой на отслой или отрыв. Практически достаточно прочными считаются сцепление порядка 1 кН/м на отслаивание или 20 МПа на отрыв. Существует еще метод нане-

сения сетки цапапин (метод рисков — по ГОСТ 9.302). На поверхность контролируемого покрытия наносятся не менее трех параллельных рисков с расстоянием между ними от 2 до 3 мм и перпендикулярно к ним также не менее трех параллельных рисков. Риски наносятся в одном направлении острием, установленным под углом 30°, глубиной — до основы. После нанесения рисков не должно быть отслаивания покрытия между рисками и в сетке квадратов.

Стойкость к истиранию и другим механическим воздействиям у никелевого покрытия считается достаточной.

Коррозионная стойкость металлизированных покрытий пластмасс выше, чем у металлических изделий, так как диэлектрик не участвует в образовании гальванических микропар и отверстия коррозионного питтинга не могут углубляться в корродирующий материал.

Методика измерения эффективности экранирования электрических прямоугольных соединителей при воздействии электромагнитных излучений

Методика измерений предназначена для проверки эффективности экранирования (ЭЭ) прямоугольных электрических соединителей (ПЭС) при воздействии электромагнитных излучений (ЭМИ) в диапазоне частот от 7 до 1000 МГц.

Измерение ЭЭ проводится на стенде методом прямых измерений от контактов соединителя без экранирования и с экранированием соединителя на частоте 600 МГц. При выполнении измерений ЭЭ должны быть применены средства и вспомогательные устройства, указанные в настоящей методике (рисунок).

Подготовка к выполнению измерений

При подготовке к выполнению измерений должны быть выполнены следующие работы:

- отбор образцов прямоугольных электрических соединителей;

- подготовка рабочего стенда к измерениям.

Образцами для измерений ЭЭ служат соединители (вилка и розетка), на одной части которых установлен металлизированный кожух. Соединители подвергаются внешнему осмотру для оценки соответствия их требованиям нормативно-технической документации (НТД) и для проверки наличия электрической цепи.

Схема измерения собирается в соответствии с рисунком в такой последовательности:

- смонтировать розетку (поз. 5) на фланец (поз. 6) с помощью установочных винтов, входящих в комплект соединителя;
- на вилке соединителя (поз. 7) смонтировать передающую антенну (поз. 9) с нагрузочным сопротивлением (поз. 17);
- отверстие кожуха (поз. 10) для вывода кабеля закрыть заслонкой, изготовленной из меди. Заслонка крепится методом пайки на медной проволоке (поз.18), которая в свою очередь припаивается к заземляющему контакту вилки. Собрать обе половинки кожуха вилки. Сочленить вилку с розеткой (поз. 5);
- фланец (поз. 6) совместно с крышечкой-экраном (поз. 4) установить на кожухе камеры (поз. 8);
- розетку (поз. 5) подсоединить через коаксиальный кабель (поз. 2) к выходу генератора сигналов (поз. 1);

- смонтировать приемную антенну (поз. 12) на фланце (поз. 13) и установить симметрично в корпус камеры (поз. 8);
- подсоединить антенну (поз. 12) к выходу селективного микровольтметра (поз. 16) через коаксиальный кабель (поз. 15);
- заземлить генератор сигналов (поз. 1), корпус камеры (поз. 8) и селективный микровольтметр (поз.16).

Определение ЭЭ проводят двумя измерениями на частоте 600 МГц. Первое измерение предусматривает определение величины ЭМИ от антенны (поз. 9) без корпуса вилки. Второе измерение предусматривает определение величины ЭМИ от той же антенны, но уже с установленным на вилку металлизированным корпусом.

Обработка результатов измерений ЭЭ соединителей выполняется по формуле:

$$A = E_1 - E_2 \text{ (дБ)},$$

где A — эффективность экранирования соединителей, дБ; E_1 — результат первого измерения ЭМИ, дБ; E_2 — результат второго измерения ЭМИ, дБ(с корпусом).

Заключение

Обеспечение заданной эффективности экранирования прямоугольных электрических

соединителей при воздействии на них электромагнитных излучений в диапазоне частот от 7 до 1000 МГц возможно за счет применения металлизированных пластмассовых корпусов. Нанесение многослойных металлических покрытий Хим М.М9.Н126 на специально подобранные пластмассы — пластик АБС и поликарбонат ЛСВ-30 — по рассмотренной в данной статье технологии позволило обеспечить эффективность экранирования на частоте 0,6 ГГц не менее 42–45 дБ. Для сравнения — испытания импортных аналогов показали эффективность экранирования при всех равных условиях 37–40 дБ.

Для обеспечения большей эффективности экранирования прямоугольных электрических соединителей необходимо продолжить разработку новых многослойных металлических покрытий, в том числе и с использованием специальных сплавов. ■

Литература

1. Гольдберг М. М. Покрытия для полимерных материалов. М.: Химия, 1980.
2. Ильин В. А. Металлизация диэлектриков. М.: Машиностроение, 1977.
3. Ожогин Ф. Ф. Гальванотехника. М.: Металлургия, 1987.
4. Лосев Б. Н. Обработка и отделка деталей из пластмасс. Л.: Лениздат, 1986.