Высокотехнологичные электрические соединители – основа надежной работы современной радиоэлектронной аппаратуры.

Проблема межсоединений в радиоэлектронной аппаратуре (до 65% отказов РЭА происходит по вине дефектов электрических соединителей или ненадлежащего их использования), или как её называют специалисты «тирания межсоединений» может быть решена только за счет технически обоснованного применения специальных и многофункциональных комбинированных электрических соединителей высокой надежности.

Современный уровень развития науки и техники позволил создать сложнейшие образцы радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), успешное функционирование которой в значительной степени зависит от надежной работы электрических соединителей. Если учесть, что до 65% всех отказов в РЭА происходит из-за нарушения работы или ненадлежащей работы электрических контактов, то становится ясно, какое важное значение электрические соединители имеют в обеспечении надежной работы РЭА. Особенно если это касается радиоэлектронных устройств и систем высокой эффективности, где непрерывное функционирование и срабатывание по запросу является весьма существенным требованием, где не допускается сбоев в работе, а условия эксплуатации являются чрезвычайно тяжелыми, где последствия отказа влекут за собой серьезные экономические и политические последствия.

В настоящее время областью эксплуатации электрических соединителей в составе различной РЭА как общепромышленного, так и специального назначения является вся территория земного шара, включая и Мировой океан, а также околоземное пространство, ближний и дальний космос. Кроме того, с каждым годом эта область будет все больше расширяться.

Намеченные программы освоения космического пространства предусматривают создание новых орбитальных станций, постоянно действующих обитаемых космических баз на Луне, Марсе и других планетах Солнечной системы. Планируется продолжить изучение с помощью беспилотных автоматических космических аппаратов в других Галактиках.

Необходимо отметить, что кроме перечисленных научных программ существуют и прикладные задачи, которые уже сегодня решаются: это разработка новых видов вооружения, летательных аппаратов пятого и шестого поколения, современных средств подземного, надземного и воздушного транспорта, создание высокотехнологичной медицинской техники для диагностики и лечения различных заболеваний, производство другой аппаратуры для различных отраслей народного хозяйства.

Для реализации намеченных программ и решения поставленных задач уже сегодня необходима РЭА с более совершенными техническими и функциональными возможностями, а соответственно и наличие более совершенной электронно-компонентной базы для её производства, в том числе и электрических соединителей.

Известно, что электрические соединители относятся к одним из наиболее массовых радиоэлектронных компонентов, используемых в РЭА, годовая потребность в которых в России сегодня составляет порядка 30-45 миллионов штук в год. Однако в производстве РЭА специального и общепромышленного назначения соотношение применения отечественных и импортных соединителей сегодня составляет 65:35 % и 15:85 % соответственно.

Применяемые в настоящее время в РЭА отечественные электрические соединители не в полной мере отвечают требованиям и уровню лучших мировых образцов.

В частности, отечественные прямоугольные соединители уступают зарубежным соединителям по шагу и количеству контактов, уровню защиты от электромагнитных помех, удельным характеристикам. Кроме того, многие из них уже не удовлетворяют требованиям по максимальным токовым нагрузкам на единичный контакт (1-2 А на сигнальный контакт при требуемых 4-6 А и 10 А на силовой контакт при требуемых 30-40 А), диапазоны рабочих температур (в основном до 85оС, при требуемых 125-150оС и выше), диапазоны рабочих частот (3 МГц при требуемых 400 МГц и выше), практически отсутствуют или имеются в ограниченной номенклатуре соединители для автоматизированного монтажа на поверхность печатных плат. Современные технологии набивки печатных плат, которые уже активно применяются в отечественном производстве РЭА, требуют использования соединителей в технологической упаковке, обеспечивающей защиту их от воздействия внешних факторов (ВВФ), и в то же время возможность их упаковки в автоматическом режиме. Последнее означает, что элементы конструкции упаковки и упаковка в целом должны обеспечить возможность загрузки упакованных соединителей в накопительные устройства сборочного автомата и установку их в собираемые узлы РЭА в автоматическом режиме.

Для ликвидации возникшей зависимости от импорта и насыщения рынка отечественными электрическими соединителями в России была принята программа «Импортозамещение». В рамках этой программы предусматривалось воспроизводство импортной электронной компонентной базы (ЭКБ), которая уже была заложена разработчиками в новой РЭА или планировалась к использованию в ближайшей перспективе.

В результате принятых мер удалось лишь частично улучшить обеспечение отечественной отрасли необходимыми прямоугольными электрическими соединителями. Кроме этого проводились работы по модернизации, улучшению технических характеристик и расширению потребительских свойств серийно выпускаемых электрических соединителей.

Однако кардинально решить проблему обеспечения в полном объеме прямоугольными электрическими соединителями с необходимыми техническими характеристиками в настоящее время ещё не удалось. Сегодня разработано и произведено в рамках программы «Импортозамещение» необоснованно большое количество различных прямоугольных электрических соединителей, которые по своим конструктивным характеристикам и функциональному значению во многом дублируют друг друга, в то же время не в полной мере соответствуют современным требованиям, о которых говорилось выше. Основной причиной создавшегося положения явилось отсутствие должной координации в разработке и производстве электрических соединителей, а ещё в большей степени бессистемное применение их в разрабатываемой РЭА (ведь спрос рождает предложение).

Дальнейшее продолжение такой политики использования электрических соединителей в новой РЭА приводит к ещё большему отставанию развития отечественного производства высокотехнологичных соединителей. Ведь воспроизводство, во многих случаях простое копирование зарубежных образцов электрических соединителей, уже в принципе предполагает замедление темпов разработки более современных электрических соединителей, подавляя творческий процесс создания наукоемких соединителей.

Необходимо прекратить бессистемное применение в новых разработках РЭА необоснованное многообразие электрических соединителей как отечественного, так и зарубежного производства, а приступить к созданию функционально ориентированной комплексной системы соединителей, удовлетворяющей модульному построению радиоэлектронных средств специального и общепромышленного применения. Эта система должна содержать в себе минимально возможное количество типов электрических соединителей, которое позволит разработчикам РЭА организовать и обеспечить требуемые электрические, механические, электромеханические, пневматические, гидравлические, оптические и другие функциональные связи, как автономно, так и в комплексе, необходимые для работы аппаратуры в заданных режимах и условиях эксплуатации.

Попытка создания комплексной системы прямоугольных соединителей для РЭА, основанной на использовании базовых несущих конструкций (БНК), была предпринята в 1990-е годы. Уже тогда становилась задача создания функционально ориентированной комплексной системы соединителей.

Одним из основных направлений разработки прямоугольных электрических соединителей за рубежом является развитие системы, регламентированной стандартами МЭК 1076-4-100 и МЭК 1076-4-101, по созданию прямоугольных электрических соединителей для обеспечения электрической, конструктивной и информационной совместимости электронных модулей на основе межотраслевых базовых несущих конструкций (МБНК). Заложенные в этих стандартах принципы построения электрических соединителей позволяют разработчикам РЭА реализовать практически все сегодня известные виды связей между модулями I, II и III порядков.

Аналогичная концепция должна быть реализована и в функционально ориентированной комплексной системе прямоугольных соединителей, о которой мы говорили выше.

Данная система должна предусматривать модульное построение соединителей с наличием сигнальных, силовых, высокочастотных, оптических, гидравлических, пневматических, механических и других функциональных контактных групп и устройств, а также позволять, при необходимости, менять состав и взаимное расположение этих групп.

В необходимых случаях соединители должны иметь эффективную защиту от электромагнитных излучений и ковитационных помех, быть способными пропускать высокочастотные высокоскоростные интегрированные сигналы, используя соседние контакты в качестве экранов.

Многоконтактные соединители этого класса должны обеспечивать возможность равномерного включения различных функциональных цепей, например, за счет разновысотных контактов. Кроме того, конструкция электрических соединителей должна позволять обеспечивать различные способы монтажа при установке их в аппаратуре: пайкой (пайка волной, пайка в печах с инфракрасным излучением, пайка лазерным лучом, ручная пайка паяльником или паяльной станцией и другое), накруткой, обжимкой, врезанием, прокалыванием ленточного провода, установкой на печатную плату методом пресс-фит, способом поверхностного монтажа на печатную плату, а также сочетанием одновременно нескольких способов монтажа.

Хотя в настоящее время пайка и остается одной из определяющих технологий монтажа электрических соединителей в РЭА, однако в ближайшем будущем, должна значительно возрасти доля альтернативных способов монтажа. Если учесть, что эти способы монтажа по качеству нисколько не уступают пайке, являются более экономически эффективными, обеспечивают экологическую чистоту процесса, а также находятся в контексте требований Директивы Европейского Союза по экологической безопасности (RoHS), согласно которой с 01.06.2020 года резко ограничивается применение свинца в новых образцах РЭА (свинец в настоящее время является основной составляющей самого востребованного припоя ПОС61), то этот прогноз становится реальным. Дополнительно необходимо отметить, что потребители РЭА специального назначения также стали проявлять больший интерес и оказывать доверие альтернативным способам монтажа электрических соединителей.

Применение соединителей в металлизированных пластмассовых корпусах решает важную для авионики проблему – снижение веса РЭА с одновременным обеспечением защиты от внешних электромагнитных помех.

Необходимо отметить ещё одно положительное качество этих соединителей – это возможность их фиксации в сочлененном состоянии, что позволяет в процессе эксплуатации, при воздействии вибрации и ударов, исключить самопроизвольное их расчленение. Обычно эту задачу приходится решать разработчикам РЭА.

Для расширения потребительских свойств и технических возможностей целесообразно некоторые типономиналы этих соединителей дополнить силовыми и радиочастотными контактными парами, а также рассмотреть возможность введения в их конструкцию оптических контактов, для соединения оптоволоконных кабелей связи.

В результате выполнения опытно-конструкторских работ заводом разработано и освоено в серийном производстве целая гамма соединителей для альтернативных способов их монтажа в РЭА, о необходимости которых мы говорили ранее, это соединители с извлекаемыми контактами, в которых крепление монтажных проводов хвостовика контактов осуществляется методом холодного обжима: (количество контактов от 2 до 60, шаг между контактами от 2,54 мм до 1,25 мм); серия соединителей СНП390 для монтажа на ленточный провод методом врезки, с шагом 2 мм, с числом контактов 10, 20, 26, 40 (ранее были освоены соединители с аналогичным способом монтажа с шагом между контактами 2,54 мм). Планируется дальнейшее расширение номенклатуры соединителей данного вида монтажа.

Конструкция вновь осваиваемых вилок предусматривает наличие контактных штырей с различными длинами рабочих частей и хвостовиков. Штыревые контакты с различными длинами рабочих частей, расположенные в изоляторе по определенной схеме, при сочленении соединителя позволят обеспечить равномерное включение отдельных функциональных цепей, например, включение цепей питания, затем цепей управления и т.д. Кроме того, разновременное сочленение отдельных контактов позволит снизить суммарное усилие сочленения соединителей.

Различные длины хвостовиков контактов кроме монтажа вилок на печатную плату методом пресс-фит (запрессовка хвостовиков контактов специальной конструкции в металлизированные отверстия печатной платы) позволят дополнительно осуществлять монтаж проводов к ним методом накрутки или подпайки. Кроме того, такая конструкция хвостовиков контактов дает возможность организовать на обратной стороне печатной платы дополнительные вилки с одинаковыми или разновысотными штыревыми контактами, за счет установки на них дополнительных пластмассовых изоляторов.

Повышение надежности разрабатываемых розеток предусматривается за счет внедрения новой конструкции контактов, устанавливаемых в разборные вставки. Этот же вариант вставок планируется применить и в серийно выпускаемых розетках.

Заключение

Сегодня очевидно, что создание современной высокотехнологичной РЭА невозможно без наличия соответствующей отечественной электронной компонентной базы (ЭКБ), к которой относятся и электрические соединители. В силу действующих за рубежом ограничений на поставку в Россию электронных компонентов специального назначения, отечественным разработчикам и производителям радиоэлектронных средств (РЭС) приходится довольствоваться несоответствующей требованиям заказчика импортной ЭКБ, что приводит к целому ряду негативных последствий и, в частности, к затратам на вынужденные дополнительные перепроверки и испытания на соответствие изделий заявленным требованиям.

Если учесть, что электрические соединители относятся к одним из наиболее массовых радиоэлектронных компонентов, используемых в современной РЭА специального и общепромышленного применения, и что соотношение применения импортных и отечественных соединителей сегодня составляет 35:65 % и 15:85 % соответственно, то становится ясно, в какой зависимости от импорта находится отечественное производство электронной техники.

Сложившаяся на сегодня ситуация в сфере разработки и производства электрических соединителей во многом объясняется бессистемным применением разработчиками РЭА необоснованно большого ассортимента электрических соединителей, как зарубежного так и отечественного производства, а также разработкой и освоением новых типов соединителей практически функциональных аналогов, выпускаемых отечественной промышленностью.

Для исправления этого положения необходимо разработать функционально ориентированную комплексную систему электрических соединителей, удовлетворяющую модульному построению РЭА и содержащую минимально необходимое количество типов соединителей, и в то же время позволяющую разработчикам аппаратуры организовать и обеспечить требуемые электрические, механические, электромеханические, пневматические, гидравлические, оптические и другие функционально необходимые связи.

Другой причиной сложившегося дефицита востребованных электрических соединителей на отечественном рынке является проблема обеспечения технологической подготовки производства, то есть обеспечение условий реального производства электрических соединителей с заявленными техническими характеристиками.

Современное состояние и технический уровень основных фондов отечественных предприятий, выпускающих электрические соединители, особенно их активной части – технологического оборудования, требует значительного обновления и модернизации. Физический износ основной их массы составляет более 80%, а моральный износ не выдерживает никакой критики. Имеющееся в инструментальном производстве оборудование уже сейчас не в полной мере позволяет обеспечить необходимую точность и выполнение отдельных операций при изготовлении технологической оснастки текущего производства.

Дальнейшее усложнение конструкции электрических соединителей, в том числе и повышение требований по точности вследствие их миниатюризации, делают практически невозможным их производство при существующем технологическом и инструментальном оснащении.

Учитывая ведущую роль отечественной электроники в возрождении российского промышленного потенциала, в России принята Федеральная целевая программа (ФЦП) «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2020-2025 годы, включающая в себя:

* Комплексную реструктуризацию и техническое перевооружение действующих производств;
* Внедрение новых перспективных технологий для создания конкурентоспособных электронных компонентов;
* Проектирование и создание новых производств по выпуску высокотехнологичных наукоемких перспективных электронных компонентов.

Ожидается, что это даст возможность решить задачу обеспечения существующей сегодня потребности в электрических соединителях за счет отечественного производства, или хотя бы в ближайшее время изменит соотношение объема закупок в пользу отечественных соединителей.

Все это позволит повысить надежность и конкурентоспособность отечественной электронной техники и уменьшит зависимость от импорта.