

История радиочастотных соединителей. Соединители общего применения

Часть 1

УДК 621.389 | ВАК 2.2.2

К. Джуринский, к. т. н.¹

На большом фактическом материале показана история создания и развития базовых радиочастотных соединителей общего применения с 1930-х годов по настоящее время. Основное внимание уделено продвижению соединителей в область высоких частот: от 0,3 до 145 ГГц. Приведены справочные данные о некоторых выдающихся разработчиках радиочастотных соединителей.

СОЕДИНИТЕЛИ UHF И Mini-UHF

Радиолюбители начали экспериментировать с радиочастотными соединителями еще в довоенные годы, когда технология VHF/UHF-диапазонов частот была еще совершенно новой [1, 2]. В то время, по-видимому, единственным был соединитель UHF, разработанный Е. С. Quackenbush (Эдвард Кларк Квакенбуш) из American Phenolic Company (сегодня это известная компания Amphenol) в начале 1930-х годов. UHF – аббревиатура от Ultra High Frequency (ультравысокая частота). Другое название этого соединителя – M-соединитель. UHF-соединители (вилка и розетка) были созданы для применения в диапазоне частот от 0,6 до 300 МГц в радиовещательной аппаратуре, работающей в диапазонах частот UHF (30–300 МГц) и HF (3–30 МГц) [1–3]. Вилку соединителей UHF в соответствии с военным стандартом обозначают как PL-259, розетку – SO-239.

Соединители UHF стали популярными благодаря простоте соединения розетки и вилки и удобству сборки пайкой, обжимом или накруткой с радиочастотным кабелем типов RG-8, RG-9, RG-58, RG-59. Механизм соединения вилки и розетки – резьбовой (резьба 5/8-24 UNEF), допустимое количество циклов соединения/рассоединения – 500.

Внешний вид вилки и розетки соединителей UHF показан на рис. 1а [2].

Основной недостаток соединителей UHF – непостоянство их волнового сопротивления (со стандартных 50 Ом оно может падать до 30–40 Ом). В технических описаниях даже не приводят величину КСВН – основного параметра любого радиочастотного соединителя. Причиной этого являются большие размеры коаксиальной

линии: диаметр наружного проводника 11,56 мм, ее протяженность более 30 мм. Тем не менее, соединители UHF относятся к разряду недорогих, обеспечивают пропускание сигналов мощностью более 1 кВт, и поэтому их даже в настоящее время производят многие зарубежные компании для применения в аппаратуре связи низкочастотных диапазонов (любительское и общественное радиовещание, VHF-радио для подводных лодок и др.), где на первом плане – жесткость конструкции и простота применения.

В послевоенное время требования миниатюризации еще не были на первом плане. Только спустя 40 лет, в 1970 году, был создан миниатюрный вариант UHF-соединителя – Mini-UHF, предназначенный для работы с радиочастотным кабелем диаметром до 6,25 мм (RG-58, Belden 9258, RG-8X) – рис. 1б. В соединителе Mini-UHF были уменьшены размеры коаксиальной линии (диаметр центрального штыревого проводника до 1,6 мм), что обеспечило постоянство волнового сопротивления в диапазоне частот до 2,5 ГГц. Размер резьбы на корпусах вилки и розетки также был уменьшен: 3/8-24 UNF, вместо 5/8-24 UNEF. В рабочем диапазоне частот максимальный КСВН прямых соединителей Mini-UHF равен 1,30. Компактные и легкие соединители Mini-UHF используют в базовых станциях



Рис. 1. Соединители UHF (а) и Mini-UHF вилка и розетка (б)

¹ АО «НПП «Исток» им. А. И. Шокина»,
kbd.istok@mail.ru.

сотовых телефонов, автомобильных системах, где факторы веса, размеров и стоимости являются критичными.

СОЕДИНИТЕЛИ N И HN

С началом второй мировой войны возникла необходимость в радарах и в радиоаппаратуре для связи, работающих на частотах выше 300 МГц. Для этой цели потребовалась разработка более высокочастотного, чем UHF, соединителя. В США был создан комитет (ANRFC), затем преобразованный в Defense Electronics Supply Center (DESC), по разработке стандартов новых соединителей, радиочастотных кабелей и линий передачи [3]. В 1942 году член этого комитета Paul Neill (Пол Нейл), работавший в отделе коммутационных аппаратов Bell Laboratories (Нью-Йорк, США), создал соединитель N (название соединителя по первой букве фамилии автора). В соединителе N была впервые реализована коаксиальная линия размерами 7/3,04 мм. Интерфейс этого соединителя показан на рис. 2а, а его внешний вид – на рис. 2б.

Первоначально предполагалось, что этот соединитель обеспечит передачу сигналов на частотах до 1 ГГц. Сегодня верхняя частота применения стандартных соединителей N не менее 11 ГГц. Более поздние усовершенствования, внесенные в конструкцию J. Botka (Джулиус. Ботка) из компании Hewlett Packard, увеличили эту частоту до 18 ГГц [2].

Допустимая передаваемая мощность соединителя N почти 5 кВт на частоте 20 МГц и 500 Вт на частоте 2 ГГц. Соединитель N был первым соединителем, наиболее полно отвечавшим требованиям, предъявляемым к соединителям СВЧ-диапазона. И уже в течение 80 лет он является одним из самых популярных резьбовых соединителей среднего уровня мощности.

В конце 1940-х годов был создан соединитель HN, который представлял собой высоковольтную версию соединителя N (рис. 2в). Создание высоковольтного варианта соединителя N представляло большой интерес для ВМС США, и они в значительной степени курировали исследования, разработку и стандартизацию этого высоковольтного варианта. Соединители HN имеют перекрывающиеся изоляторы с длинными путями утечки для достижения номинального напряжения 1500 В и пикового напряжения до 5 кВ постоянного тока. Хотя коаксиальная линия этих соединителей рассчитана на приемлемый уровень КСВН на частотах до 10 ГГц, большинство производителей ограничивают верхнюю частоту применения 4 ГГц. Эти соединители зарубежные компании выпускают и в настоящее время.

СОЕДИНИТЕЛИ С И ВНС

В 1944 году был разработан соединитель С, названный в честь его автора С. Concelman (Карл Консельман) – инженера компании Amphenol. Соединитель С считается третьим из всех, когда-либо разработанных радиочастотных соединителей (предшествовали только UHF и N).

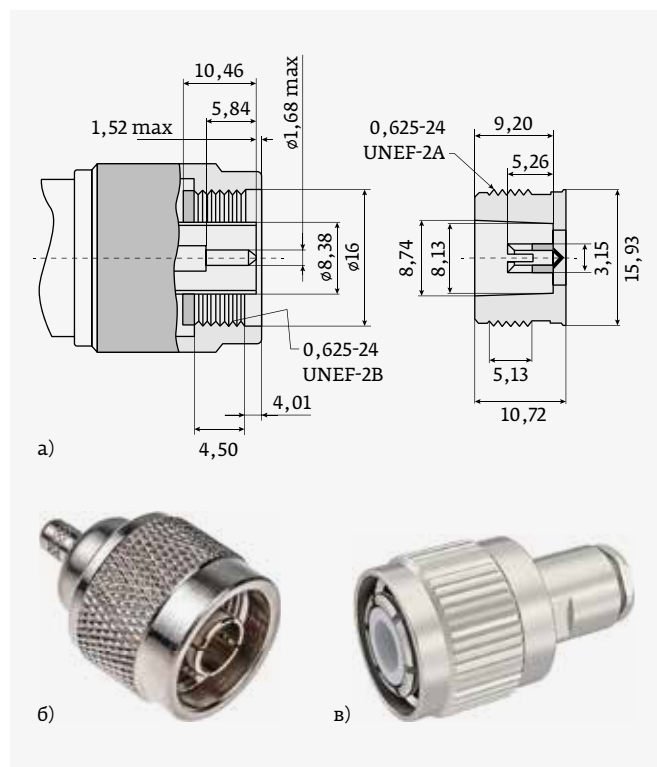


Рис. 2. Соединители типа N. Интерфейс розетки и вилки (а), внешний вид соединителей N (б) и HN (в)

В отличие от соединителя N, в соединителе С применен байонетный механизм (two-stud bayonet lock, twist-lock) фиксации вилки и розетки, обеспечивающий их быстрое соединение и разъединение. Атмосферостойкие соединители С оснащены байонетной муфтой с двумя штырями, без открытых пазов на соединительной гайке. В конструкции соединителя С предусмотрено перекрытие диэлектриков вилки и розетки в момент их сочленения, что облегчает решение проблемы высоковольтного пробоя. Он имеет постоянное волновое сопротивление 50 Ом, верхнюю частоту применения 11 ГГц, рабочее напряжение 1500 В, напряжение пробоя не менее 3 кВ. Максимальный КСВН в диапазоне частот 0–11 ГГц – 1,35, допустимая пропускаемая мощность на частоте 0,1 ГГц при температуре 25 °С – 2500 Вт. Интерфейс соединителя С, аналогичного по размерам соединителю N, приведен в MIL-STD-348 [1]. Внешний вид соединителя С показан на рис. 3 [5].

Хотя в настоящее время эти соединители все больше заменяют более миниатюрными аналогами, их продолжают выпускать многие зарубежные компании для систем УВЧ-связи.

Следующим соединителем считается соединитель ВНС. Буквы «N» и «С» в названии соединителя произошли от первых букв фамилий его создателей Neill и Concelman, а «В» означало либо bayonet, либо baby (из-за его небольших



Рис. 3. Соединитель С

размеров). Основой для его разработки в значительной степени послужила работа О. М. Salati (Октавио М. Салати). В 1945 году, работая в Hazeltine Electronics Corporation, он подал заявку на изобретение байонетного соединителя для коаксиальных кабелей, в котором были минимизированы потери на отражение. Однако патент США № 2.540.012 был выдан только в 1951 году [6]. Соединитель не был назван S-соединитель по первой букве фамилии автора. Эксперты посчитали формулу изобретения расплывчатой и неопределенной, были долгие разбирательства в судах. Но в итоге было установлено, что наибольшая полезность соединителя Салати, разработанного для ¼-дюймового 50-Ом коаксиального кабеля, заключается в меньших, чем у всех предыдущих соединителей, размерах. Поэтому соединитель BNC считается усовершенствованием соединителя Салати, а не совершенно новым изобретением.

Соединитель BNC был разработан для применения с коаксиальными радиочастотными кабелями меньшего размера. Конструкция и внешний вид соединителей BNC показаны на рис. 4 [7, 8]. На корпусе розетки соединителя BNC имеются два выступа, входящие в круговой паз на корпусе вилки. Благодаря байонетному механизму соединение вилки и розетки происходит практически мгновенно поворотом вилки на четверть оборота.

Соединители BNC выпускают в двух вариантах: с волновым сопротивлением 50 Ом и предельной частотой 4 ГГц и с волновым сопротивлением 75 Ом и предельной частотой 2 ГГц. Коаксиальная линия соединителей с волновым сопротивлением 50 Ом обеспечивает работу на частотах до 11 ГГц. Однако предельную частоту ограничивают 4 ГГц, поскольку наружный проводник вилки соединителя имеет прорези, а также учитывают возможность работы соединителей в условиях вибрационных и ударных нагрузок. Соединители BNC идеально подходят для кабельных сборок с большим числом миниатюрных (диаметром до 6,3 мм) гибких кабелей (RG-58, RG-59 и др.), а также с полужестким кабелем 0,141". Монтаж кабеля в соединитель производят обжимом, прижимом или пайкой.



Рис. 4. Соединители BNC

Соединители BNC имеют сравнительно низкую стоимость, высокую надежность и просты в обращении. Поэтому их широко применяют в системах телекоммуникации, радиовещательной технике, медицинском оборудовании, измерительной и испытательной аппаратуре, для контрольно-измерительных приборов (генераторы, осциллографы и др.), а также в различных системах военного назначения. Соединитель BNC в настоящее время является одним из самых популярных радиочастотных соединителей.

Позднее, в конце 2010 года, компания Amphenol разработала миниатюрные варианты соединителя BNC [9]. К ним относятся соединители с волновым сопротивлением 75 Ом: HD-BNC (высокой плотности), занимающий на 25% меньше места, и Mini-BNC, миниатюрный соединитель на 40% меньше соединителя BNC (рис. 5) [6].

СОЕДИНИТЕЛЬ TNC

Байонетные соединители BNC плохо подходили для работы в условиях воздействия механических ударов и вибрации, что побудило к созданию резьбовой версии этого соединителя, названного TNC. Соединитель TNC (Threaded Neill – Concelman, резьбовой BNC) был создан в 1956 году. К тому времени уже широко применялся соединитель BNC, коаксиальная линия которого была рассчитана на предельную частоту 18 ГГц. Поэтому внутреннюю геометрию не надо было переделывать. Напрашивалось применение резьбового соединения вилки и розетки вместо байонетного. Английский инженер Дж. Р. Манро,



Рис. 5. BNC и Mini-BNC компании Amphenol

рассказал следующую историю [3]. Во время работы в компании Raytheon над созданием ракетной системы Sparrow у него возникла проблема шума, создаваемого при вибрации соединителями BNC. Он усовершенствовал конструкцию, заменив байонетное соединение на резьбовое, и в результате этого шум был устранен. Было даже решено разместить заказ на изготовление таких соединителей. Однако, Манро опоздал: в то время уже был создан соединитель TNC, который ВВС США выбрали в качестве предпочтительного СВЧ-соединителя.

Резьбовое соединение (резьба 7/16-28UNEF), надежно соединяющее вилку и розетку, позволяет применять соединители TNC в более жестких условиях эксплуатации, чем аналогичные по размерам соединители BNC. Разработаны две версии соединителя TNC: с волновым сопротивлением 50 и 75 Ом. Однако соединители, соответствующие международным стандартам, имеют волновое сопротивление 50 Ом и рассчитаны на работу в диапазоне частот 0–11 ГГц.

Соединитель TNC предназначен для работы с гибким кабелем RG-58, RG-174, RG-178 и др. и с полужестким кабелем 0,085" и 0,141". Он сочетает высокий уровень параметров соединителя N с миниатюрностью соединителя BNC. Максимальный КСВН прямых соединителей TNC равен 1,3, угловых – 1,5, потери СВЧ на частоте 9 ГГц – 0,18 дБ, рабочее напряжение – 500 В, напряжение пробоя – 1500 В. Гарантированное количество циклов соединения/рассоединение – 500. Диапазон рабочих температур: –65...165 °С. Внешний вид соединителей TNC показан на рис. 6.

Разработаны специальные версии соединителя TNC с повышенной частотой применения: 16 ГГц, которые соответствуют спецификации IEC 169-17, и частотой 18 ГГц (но со значительными потерями) – спецификация IEC 169-26. Соединители TNC применяют в базовых станциях мобильной и сотовой связи, в радарх, ракетах, авиационных системах, измерительной технике, в различных СВЧ-устройствах.

В течение 1960-х годов в соединители было внесено множество усовершенствований, что позволило обеспечить их работу на частотах до 18 ГГц.



Рис. 6. Соединители TNC вилка и розетка

СОЕДИНИТЕЛЬ SMA

Радиочастотный соединитель SMA (Sub-Miniature A) был разработан в 1958 году Джеймсом Чилом (James Cheal), инженером Bendix Research Laboratories, США. Однако в работе [10] указано, что в его разработке участвовали также доктор Джон Гарольд Брайант (John Harold Brayant) и Винсент (Винс) Макгенри (Winsent MacHenry), работавшие в этой же лаборатории. Первоначальное название соединителя было BRM (Bendix Real Miniature). Дальнейшее развитие этого соединителя произошло в 1962 году, после того как все три разработчика покинули компанию Bendix и основали компанию Omni Spectra Inc. Усовершенствованный компанией Omni Spectra Inc. соединитель BRM стал называться OSM (Omni Spectra Miniature). Соединитель OSM обеспечивал низкий уровень КСВН на частотах до 26,5 ГГц. Однако только в 1968 году он получил свое нынешнее название SMA, поскольку был включен в военный стандарт MIL-C-39012, созданный в 1960 году.

SMA – миниатюрный экономичный соединитель с коаксиальной линией размерами 4,1/1,27 мм, заполненной диэлектриком (фторопластом), и резьбовым соединением вилки и розетки – рис. 7 [8, 10].

Соединители SMA соответствуют требованиям стандартов MIL-C-39012 и МЭК 60169-15 и имеют следующие основные параметры:

- волновое сопротивление: 50 Ом;
- диапазон рабочих частот: 0–18 ГГц;
- максимальный КСВН: 1,08–1,25 (в зависимости от марки кабеля и конфигурации соединителя);
- высокочастотные потери: 0,3 дБ;
- рабочее напряжение: 335 В;
- напряжение пробоя: не менее 750 В (в зависимости от типа кабеля);
- гарантированное количество соединений / рассоединений: 500;
- диапазон рабочих температур: –65...165 °С.

Первым крупным применением соединителей SMA и полужестких кабелей стала корабельная



Рис. 7. Интерфейс вилки и розетки соединителя SMA (а), конструкция вилки (б)

радиолокационная система С-диапазона частот (длина волны около 5,5 см) с фазированной антенной решеткой «Тифон» для военно-морского флота, разработанной лабораторией прикладной физики Университета Джона Хопкинса и компанией Westinghouse.

В наше время соединители SMA широко применяются в генераторных, усилительных, преобразовательных модулях, радиотехнических блоках и в радиоэлектронной аппаратуре СВЧ-диапазона. Во всем мире SMA имеют самые высокие долларové продажи среди всех типов коаксиальных соединителей, при этом текущие годовые продажи этих соединителей оцениваются более чем в 300 млн долл. А если учесть использование соединителя SMA в кабельных сборках, адаптерах, нагрузках, то можно увеличить эту сумму в несколько раз [10].

Его значение было настолько велико, что в 1996 году авторы – три вышеупомянутых специалиста были удостоены престижной награды IEEE MTT-S Microwave Pioneer Award, за «совершенно новый подход к построению СВЧ-элементов для широкополосных, компактных сборок для использования в ракетах и космических аппаратах, а также для замены волновода и громоздкого коаксиального кабеля в обычных приложениях вообще».

ЭВОЛЮЦИЯ СОЕДИНИТЕЛЯ SMA Соединитель Super SMA

Соединитель SMA заложил основу для развития миниатюрных микроволновых соединителей, которые используются сегодня. В сущности, он породил собственную эволюцию. В 1981 году Джеймс Чил и Винсент Макгенри, к которым присоединился Джим Кубота, (инженер-менеджер компании Omni Spectra), основали компанию Southwest Microwave и продолжили совершенствование соединителя SMA. Они создали соединитель с уникальным стабилизированным фторопластом (тефлоном), который имел расширение при температуре 165 °С всего 0,001 дюйма (0,025 мм). Это был один из первых соединителей, заменяемых в полевых условиях (Field Replaceable Connector): сочетание СВЧ-разъема и 50-Ом металлостеклянного ввода. Он получил название Super SMA – рис. 8 [10–12].

Были разработаны две версии соединителей Super SMA:

1. С предельной рабочей температурой 125 °С, названные Old Standard;
2. С предельной рабочей температурой 165 °С – Extended Power Super SMA New Standard.

Соединители Super SMA имеют следующие параметры:

- диапазон рабочих частот: 0–27 ГГц;
- максимальный КСВН в диапазоне частот 0–27 ГГц: 1,15;
- экранное затухание: (–100) дБ.

Соединители SMA с верхней частотой применения 26–27 ГГц в настоящее время выпускают несколько десятков зарубежных компаний под разными названиями: SMA 26,5 GHz, SMA 27 GHz, SMA 26,5 HF Interface, High Performance SMA, Optimized SMA, Extended Frequency SMA. В последние годы разработаны соединители SMA с верхней частотой применения 32–34 ГГц [13].

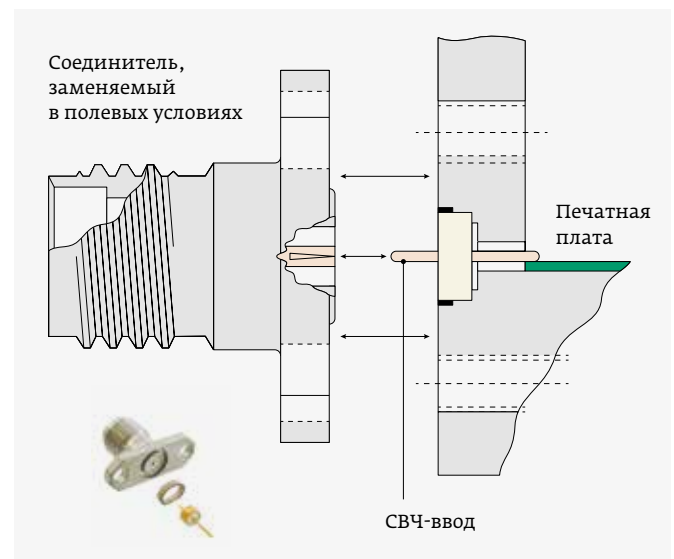


Рис. 8. Соединитель SMA, заменяемый в полевых условиях

Соединитель SSMA

Сразу же после создания соединителя SMA была поставлена задача разработать его более миниатюрную версию и расширить рабочий частотный диапазон. Эту задачу можно было решить только с помощью коаксиальной линии с меньшими, чем у соединителя SMA, размерами. Соединитель SSMA, первоначально BRMM, также как и SMA, был разработан в Bendix Research Laboratories в 1960 году. Усовершенствованный компанией Omni Spectra он стал называться OSSM (Omni Spectra Subminiature), а позднее SSMA. В соединителях SSMA реализована коаксиальная линия размерами 2,8/0,85 мм, заполненная фторопластом, и резьбовое соединение 10–36 UNS – рис. 9 [8].

Соединители SSMA были разработаны для использования с полужестким кабелем диаметром 0,086". Они работают без появления нежелательных высших типов волн до частоты 26 ГГц, а некоторые версии – до 36 ГГц. Компания M/A-COM разработала также улучшенную конструкцию соединителя SSMA с верхней частотой применения 40 ГГц.

Основное применение соединителей SSMA – аэрокосмическая техника, мобильная сотовая и спутниковая связь.

Вариантами соединителя SMA являются также соединители SMB, SMC, QMA и VMA.

Соединитель SMB

Соединитель SMB (subminiature Grade B – вторая субминиатюрная конструкция, первой была SMA), размеры которого на 30% меньше, чем у соединителя SMA, был разработан в начале 1960-х годов. Коаксиальная линия соединителя SMB обеспечивала предельную частоту до 11 ГГц. Вместо резьбового в соединителе SMB было применено соединение защелкиванием (snap-on). Для этого на корпусе вилки была выполнена канавка, в которой защелкивался пружинный элемент, расположенный внутри корпуса розетки – рис. 10а.

Оптимальный КСВН соединителей SMB гарантирован в диапазоне частот 0–4 ГГц. Типовое применение

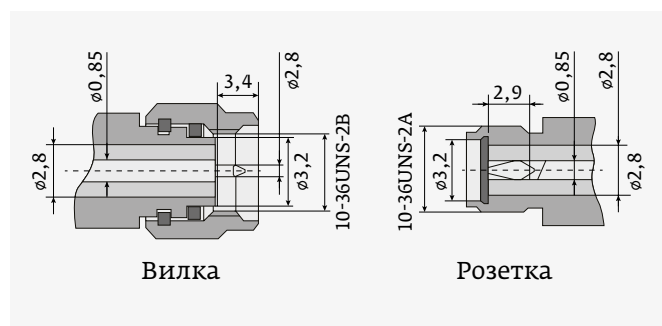


Рис. 9. Соединитель SSMA



Рис. 10. Соединители SMB (а), SMC(б)

соединителей SMB – межплатные и межблочные соединения для передачи сигналов в аппаратуре с высокой плотностью монтажа.

Позднее, в 1995 году, были созданы миниатюрные (приблизительно на 30% меньше по размерам) аналоги соединителей SMB, получившие название SSMB (другое название Mini-SMB, Nano-SMB) – рис. 11 [13].

Ряд компаний выпускают соединители SSMB, работающие в диапазоне частот 0–12,4 ГГц с КСВН менее 1,4, экранным затуханием (–80) дБ на частоте 3 ГГц и допустимой пропускаемой мощностью 125 Вт при температуре 40 °С.

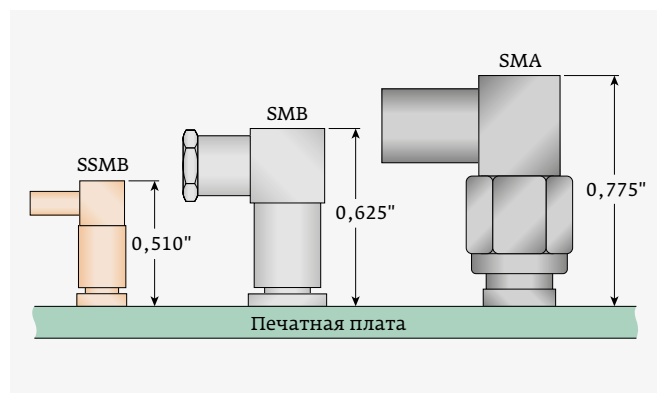


Рис. 11. Соединители SSMB, SMB и SMA для установки в отверстия печатной платы

Следует, однако, подчеркнуть, что оптимальная предельная частота соединителей SMB всего 4 ГГц, они имеют высокие, не всегда приемлемые, уровни КСВн, высокочастотных потерь (0,3 дБ) и экранного затухания (–55 дБ). К тому же примененное в соединителе SMB-соединение защелкиванием считается недостаточно надежным при больших вибрационных и ударных нагрузках. Поэтому работы по созданию миниатюрного аналога соединителя SMA были продолжены, и вскоре был создан соединитель SMC.

Соединитель SMC

Соединитель SMC (Subminiature Grade C – третья субминиатюрная конструкция, первыми и вторыми были SMA и SMB) с предельной частотой 10 ГГц был создан в 1960-х годах. Он имеет такую же коаксиальную линию, как и соединитель SMB, но отличается от него резьбовым механизмом соединения розетки и вилки с большим количеством витков резьбы 0,190–32UNF. Внешний вид соединителей SMC показан на рис. 10б.

Благодаря миниатюрности, низкой стоимости (приблизительно вдвое дешевле соединителя SMA)

и способности работать при воздействии вибрационных и ударных нагрузок соединители SMC нашли применение в системах телекоммуникации, беспроводной и мобильной связи. Однако эти соединители не обеспечивают возможность быстрого соединения и разъединения, а их параметры не всегда приемлемы: КСВн на частотах, близких к 10 ГГц, более 1,6.

В дальнейшем были созданы соединители SSMC с предельной рабочей частотой 12,4 ГГц и резьбовым механизмом соединения вилки и розетки, являющиеся миниатюрными аналогами соединителя SMC (меньше приблизительно на 30%). Эти соединители предназначены для устройств с ограниченным пространством для монтажа компонентов и обеспечивают надежное резьбовое соединение благодаря большому числу витков резьбы (40 на дюйм) в условиях воздействия больших вибрационных и ударных нагрузок [13].

Соединитель QMA

В 2003 году потребителям стали доступны соединители QMA, предназначенные для применения в мобильных базовых станциях систем телекоммуникации и носимых персональных средствах связи. Соединители QMA были разработаны альянсом Quick Lock Forum (QLF) в 2003 году. В этот альянс вошли компании Huber + Suhner AG (Швейцария), Radiall (Франция), Rosenberger (Германия) и Amphenol RF (США). Задача альянса заключалась в создании радиочастотных соединителей QMA и QN, являющихся версиями соединителей SMA и N с быстрым соединением.

Соединители QMA и SMA имеют одинаковую коаксиальную линию, а значит, одну и ту же предельную частоту. Однако применение в соединителях QMA нового запатентованного поворотного на 360° механизма quick-lock для соединения вилки и розетки (вместо резьбового соединения в SMA) позволило не только уменьшить размеры при многорядной установке соединителей, но и резко сократить время соединения. Для соединения вилки и розетки в полевых условиях требуется всего две секунды. Механизм соединения состоит из подпружиненного наружного проводника вилки, в котором блокируется ответный наружный проводник розетки со специальным буртиком – рис. 12. Соединители QMA применяют в базовых станциях сотовой связи, радиостанциях SCADA в беспроводном тестовом оборудовании, в радиолокационных и спутниковых системах, в которых требуются долговечность, прочность и функция быстрого соединения и разъединения.

Соединитель BMA

Соединители BMA (blind mate A – для соединения «вслепую»), другое обозначение OSP (Omni-Spectra push-on), были разработаны компанией M/A-COM в 1980-х годах.

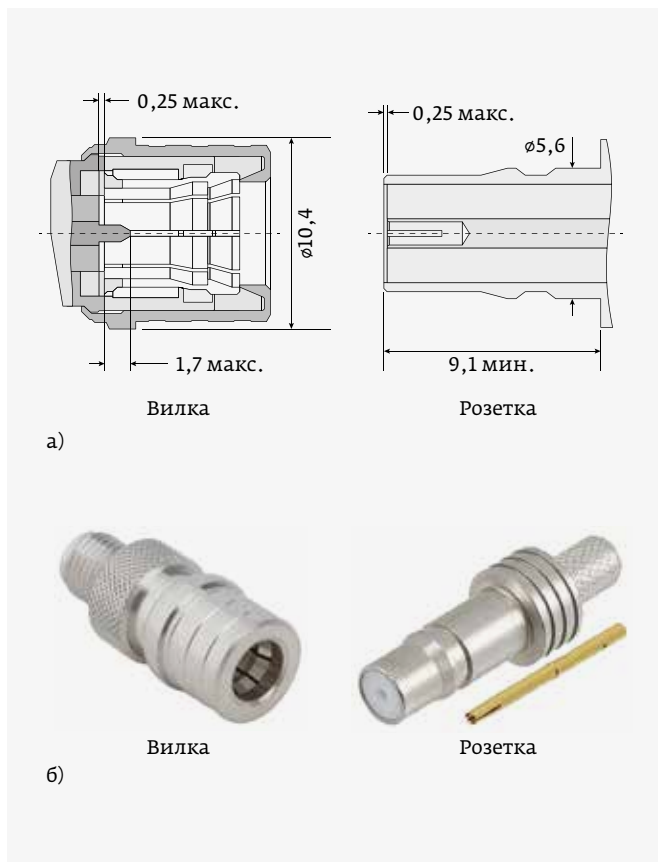


Рис. 12. Интерфейс (а) и внешний вид (б) соединителя QMA



Рис. 13. Элементы розетки соединителя ВМА

В них также была использована коаксиальная линия соединителя SMA. При их создании преследовались следующие цели:

- обеспечить быстрое многократное (до 5 000 циклов) соединение вилки и розетки;
- применить соединители для многорядной установки на панелях изделий с высокой плотностью компоновки и для соединения между собой модулей СВЧ при значительной аксиальной и радиальной несоосности вилки и розетки в момент их сочленения (соединение «вслепую»);
- обеспечить (и даже превысить) электрические параметры соединителей SMA.

Решение поставленной задачи стало возможным в результате применения механизма соединения скольжением (slide-on). Для его реализации на внутренней поверхности стыкуемой части розетки смонтировано упругое пружинное кольцо обхватывающего корпус внешнего проводника вилки и удерживающего вилку после ее соединения с розеткой – рис. 13 [14].

Такой способ обеспечивает быстрое многократное соединение вилки и розетки. При аксиальной (до 0,38 мм) и радиальной (до 0,20 мм) несоосности применяется фиксированная жесткая конфигурация соединителя ВМА (rigid mounting модель). При еще больших величинах несоосности (аксиальной до 1,52 мм и радиальной до 0,51 мм) наружный контакт розетки соединителя ВМА дополнительно подпружинивают (float mounting – плавающая конфигурация). Такие несоосности могут иметь место, например, когда возникает прогиб панели, на которой установлен ряд соединителей ВМА.

В дальнейшем эта же компания создала соединитель ВМА (OSP), представляющий собой миниатюрную версию соединителя ВМА с уменьшенными на 25% размерами. Верхняя частота применения этого соединителя составляет 28 ГГц. Серия разъемов также известна как OSSP.

Во второй части статьи будут рассмотрены соединители типов SMA, SMP, соединители для сотовой связи. Также будут приведены сведения о выдающихся создателях радиочастотных соединителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. What is an RF Connector – Coaxicom. <https://coaxicom.com>.
2. The History of M, N, SMA and BNC Antenna Connector – Ailunce. <https://www.ailunce.com>. Июль. 2019 г.
3. **Brayant J. H.** Coaxial transmission lines, related two-conductor transmission lines, connectors and components: historical perspective // IEEE TRANS. 1984. Vol. MTT-32. № 9.
4. **Maurym M. A.** Microwave coaxial connector technology: a continuing evolution // www.maurymw.com.
5. HN – HB Radiofrequency – Halberd Bastion. <https://halberdbastion.com>.
6. C – HB Radiofrequency – Halberd Bastion. <https://halberdbastion.com>.
7. BNC- HB Radiofrequency – Halberd Bastion. <https://halberdbastion.com>.
8. **Джуринский К. Б.** Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры / Под ред. д. т. н. Борисова А. А. СПб: Изд-во ЗАО «Медиа Групп Файнстрит», 2014. 426 с.
9. Amphenol Continues Their Tradition of Innovation | 2012-06-13. <https://www.microwavejournal.com>.
10. 60-Year-Old SMA Connector Design Still Popular. <https://connectorsupplier.com>
11. **Джуринский К. Б.** Новые имена на российском рынке радиочастотных соединителей: компания Southwest Microwave Inc. // Компоненты и технология. 2009. № 6. С. 35–40.
12. **Джуринский К., Сотников А.** Эволюция радиочастотных соединителей для электроники СВЧ. В поиске компромиссных решений. Часть 1. Соединители SMA // СВЧ-электроника. 2017. № 1. С. 21–26.
13. **Джуринский К. Б.** Радиочастотные соединители, адаптеры и кабельные сборки. М.: ООО «Ваш формат», 2018. 400 с.
14. Преимущества соединителей типа ВМА перед SMA. www.micran.ru.
15. **Janine Love.** Looking back across 50 years of microwave engineering. 08.02.11. <https://www.eetimes.com>.
16. **Botka J., Watson P.** A complete “multigrade solution” in coaxial connections to 50 or 65 GHz // Proc. 16th Eur. Microw. Conf., Sep. 8–12, 1986, pp. 127–132.
17. **Oldfield B.** The importance of coax connector design above 110 GHz // Anritsu Tech. Rev. Sep. 2014. Vol. 34. No. 22. PP. 40–44.
18. **Кищинский А. А., Джуринский К. Б.** Твердотельные усилители СВЧ диапазона. Новые радиочастотные соединители. М.: Ваш формат, 2022. 432 с.