

Соединители SMP с повышенной устойчивостью к вибрационным и ударным нагрузкам

К. Джуринский, к. т. н.¹

УДК 621.389 | ВАК 05.27.01

Основное применение соединителей SMP – сложные многофункциональные СВЧ-модули с высокой плотностью компоновки для систем аэронавигационного и аэрокосмического назначения, активных фазированных решеток, радаров и других изделий специального назначения. Наряду с высоким уровнем параметров соединители SMP должны обеспечивать надежное соединение вилки и розетки при воздействии повышенных вибрационных и ударных нагрузок. Зарубежным соединителям SMP с повышенной устойчивостью к вибрационным и ударным нагрузкам посвящена данная статья.

СОЕДИНИТЕЛИ SMP

Номенклатура радиочастотных соединителей, применяемых в космической технике, весьма ограничена. Самый распространенный соединитель – SMA. Для более высоких рабочих частот – до 40 ГГц – обычно используют соединитель SMA 2.9 (К-соединитель), а для приложений с высокой пропускаемой мощностью выбирают соединители TNC. Приблизительно с 2005 года стали популярными соединители SMP благодаря широкому рабочему диапазону частот (0–40 ГГц), небольшим размерам и простоте использования.

Номенклатура соединителей SMP и их внешний вид представлены на рис. 1.

Интерфейс соединителей SMP (рис. 2) соответствует военному стандарту MIL-STD-348A, а их параметры – стандарту MIL-PRF-39012 [1].

Законченное соединение состоит из вилки и розетки. Большинство производителей называют вилок соединитель со штыревым центральным проводником, а розеткой – с гнездовым проводником, хотя по своему применению приборные соединители со штыревым центральным проводником являются розетками, а кабельные соединители с гнездовым проводником – вилками [1]. В данной статье использованы обозначения производителей соединителей.

Разработаны приборные вилки (рис. 1) следующих конструктивных исполнений: с полным или ограниченным защелкиванием в них кабельных соединителей розетка, а также со скользящим соединением. Наиболее широко применяют герметичные приборные

вилки в металлических корпусах с внутренним металлостеклянным спаем центрального и наружного проводников.

Параметры соединителей SMP приведены в табл. 1 – в спецификациях DSCC 94007/08 (Defense Supply Center, Columbus [1]). Реальные электрические параметры соединителей SMP зависят от многих факторов: типа соединителей (кабельные, приборные, для установки на платы, прямые или угловые), применяемого кабеля и способа его заделки в соединитель, способа установки соединителя в корпус или на плату.

Для сравнения в табл. 1 включены параметры соединителя SMP-L компании CarlisleIT.

Однако, несмотря на высокий уровень параметров соединителей SMP, разработчики ответственных бортовых систем высказывают озабоченность по поводу того, что соединение защелкиванием может выдержать повышенные вибрационные и ударные нагрузки, а также натяжение кабеля, на который заделан соединитель в кабельной сборке. Чтобы повысить надежность соединителей SMP, зарубежные компании Huber+Suhner, Radiall, CarlisleIT, Rosenberger, SV Microwave разработали свои фирменные соединители, в которых соединение вилки и розетки происходит за счет усиления защелкивания другими способами соединения.

СОЕДИНИТЕЛИ SMPM-T КОМПАНИИ ASTROLAB / Huber+Suhner

По надежности при воздействии вибрационных и ударных нагрузок соединение защелкиванием уступает резьбовому соединению. Поэтому напрашивалось решение объединить оба эти соединения в соединителях SMP.

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

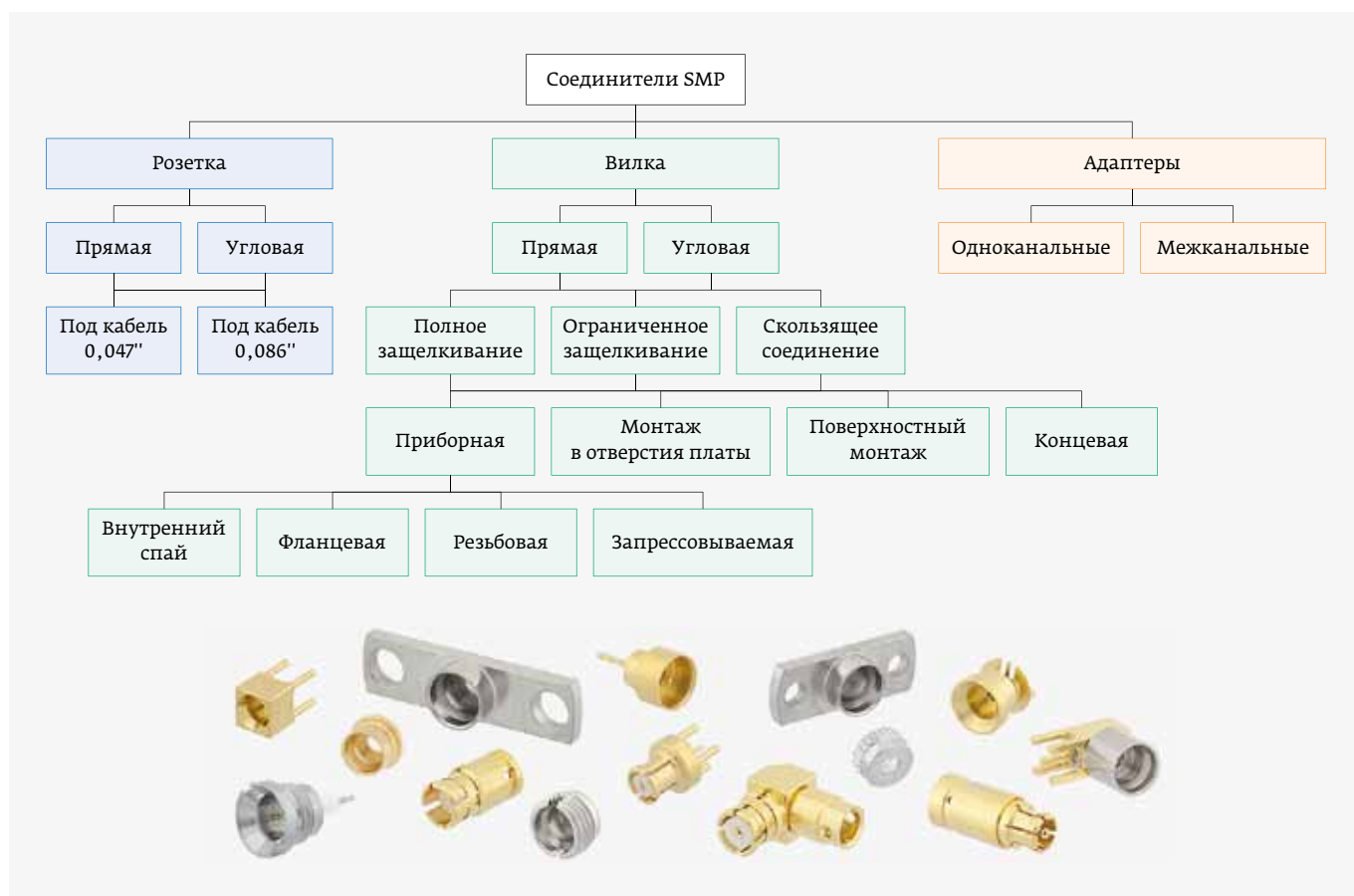


Рис. 1. Номенклатура и внешний вид соединителей SMP

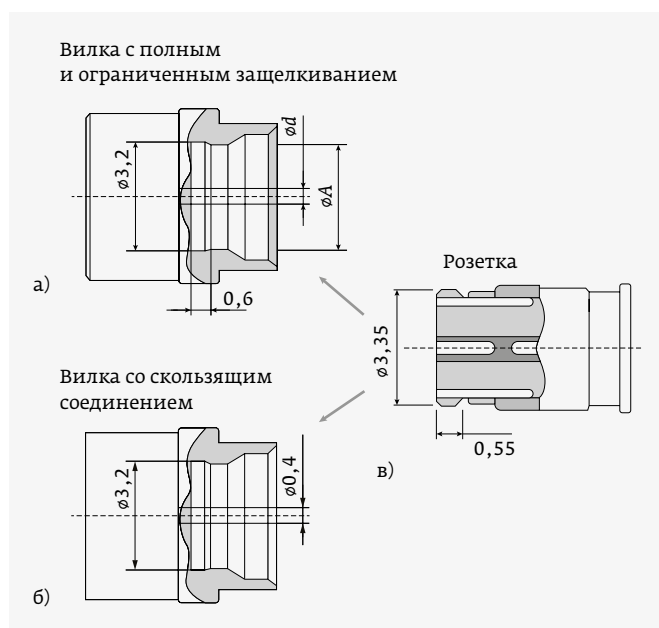


Рис. 2. Интерфейс соединителя SMP: а, б – вилки, в – розетки; $\phi A = 3,0$ мм (полное защелкивание), $\phi A = 3,1$ мм (ограниченное защелкивание)

И такое решение предложила американская компания Astrolab (в настоящее время она в составе компании Huber+Suhner, Швейцария) для соединителей SMPM, более миниатюрных, чем соединители SMP. В соединителях, названных SMPM-T, традиционное соединение защелкиванием сочетается с дополнительным резьбовым соединением при помощи миниатюрной подвижной гайки, надетой на кабель – рис. 3 [2].

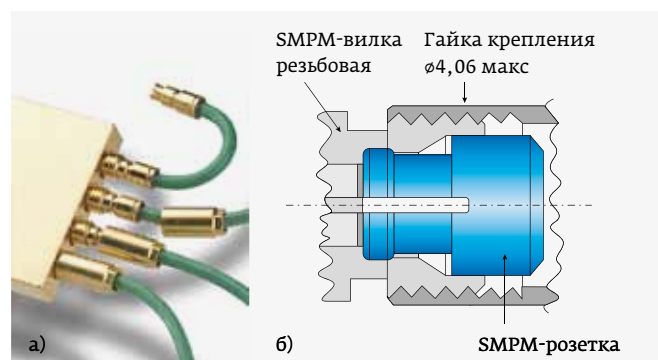


Рис. 3. Соединитель SMPM-T: а – внешний вид; б – конструкция

Таблица 1. Параметры соединителей SMP и SMP-L

Соединитель	SMP	SMP-L	
Значение параметра			
Волновое сопротивление, Ом	50	50	
Рабочий диапазон частот, ГГц: - адаптер bullet, прямые кабельные соединители, - угловые кабельные соединители (DC – Direct Current) – постоянный ток	DC – 40 DC – 26,5	DC – 40	
Рабочее напряжение максимальное, В: - на уровне моря, - на высоте 21,3 км	335 65	325 65	
Напряжение пробоя, В - на уровне моря, - на высоте 21,3 км	500 125	500 –	
Экранное затухание, дБ (на частотах, ГГц) при полном защелкивании розетки и вилки	–80 (до 3), –65 (от 3 до 26,5)	–80 (до 3), –65 (от 3 до 18)	
Максимальный КСВН (в диапазоне частот, ГГц)	Приборные соединители 1,10 (DC – 23), 1,15 (23–26,5), 1,70 (26,5–40)	Кабельные соединители 1,20 (DC – 18), 1,35 (18–26,5), 1,70 (26,5–40)	1,15 (DC – 26), 1,40 (26–40)
Прямые потери СВЧ, дБ, f – частота, ГГц	$0,12\sqrt{f}$ макс.	$0,10\sqrt{f}$ макс.	
Рабочий диапазон температур, °С	–65 ...165	–55 ...165	
Максимальное усилие сочленения вилки и розетки, Н: - полное защелкивание, - ограниченное защелкивание, - скользящее соединение	68 45 9	6,7	
Минимальное усилие расчленения вилки и розетки, Н: - полное защелкивание, - ограниченное защелкивание, - скользящее соединение	22 9 2,2	4,5	
Допустимые радиальное и аксиальное смещения между осями вилки и розетки при сочленении, мм	0,25	0,25	
Допустимое количество циклов соединений и рассоединений: - полное защелкивание, - ограниченное защелкивание, - скользящее соединение	100 500 1 000	100 500 1 000	
Сопротивление изоляции, МОм, мин.	5 000	1 000	
Максимальное сопротивление, мОм: - центрального проводника - наружного проводника	6 2	6 –	



Разработка и производство конденсаторов

оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы

K50-15, K50-17, K50-27, K50-37, K50-68, K50-77, K50-80, K50-81, K50-83, K50-84, K50-85, K50-86, K50-87, K50-88, K50-89, K50-90, K50-91, K50-92, K50-93, K50-94, K50-95(чип), K50-96, K50-97(чип), K50-98, K50-99, K50-100, K50-101(чип), K50-102, K50-103, K50-104

объемно-пористые танталовые конденсаторы

K52-1, K52-1М, K52-1БМ, K52-1Б, K52-9, K52-11, K52-17, K52-18, K52-19, K52-20, K52-21, K52-24, K52-26(чип), K52-27(чип), K52-28, K52-29, K52-30

оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы

K53-1А, K53-7, K53-65(чип), K53-66, K53-68(чип), K53-69(чип), K53-71(чип), K53-72(чип), K53-74(чип), K53-77(чип), K53-78(чип), K53-82

суперконденсаторы (ионисторы)

K58-26, K58-27, K58-28, K58-29, K58-30, K58-31, K58-32, K58-33

накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов НЭЭ, МИК, МИЧ, ИТИ

Система менеджмента качества сертифицирована на соответствие требованиям ISO 9001





Рис. 4. Вилка и розетка соединителей SMP-L (а) и их соединение (б)

Соединители SMPM-T имеют высокий уровень параметров в условиях жестких механических воздействий в соответствии с военным стандартом MIL-STD-202, методы 204 (вибрация с ускорением 28g) и 213 (удары с ускорением 120 00g). Типичная величина КСВН на частотах до 26,5 ГГц – 1,1, а в диапазоне частот (26,5–65) ГГц – 1,3. Величина прямых потерь равна $0,05 + 0,04\sqrt{f}$ дБ для негерметичных соединителей и $0,12\sqrt{f}$ дБ для герметичных соединителей (где f – частота, ГГц).

Однако размеры вилки и розетки соединителей SMPM-T увеличились, их изготовление стало сложнее и возросла стоимость. Минимальное расстояние между осями соединителей при установке в ряд увеличилось до 5,08 мм против 3,56 мм для стандартных соединителей SMPM [1]. К тому же, применение предложенного решения не универсально, оно возможно только для прямых кабельных соединителей и неосуществимо для угловых соединителей. Правда, применение в соединителях SMPM-T радиочастотного кабеля с малым радиусом изгиба позволяет в ряде случаев использовать прямые соединители в качестве угловых.

Основная область применения соединителей SMPM-T – аэрокосмическая техника.

СОЕДИНИТЕЛИ Secure-Lok™ SMP КОМПАНИИ CarlisleIT

Американская компания Carlisle Interconnect Technologies Inc. (CarlisleIT) запатентовала (патент США № 8579659B2, ноябрь 2013 года) конструкцию соединителей SMP-L, в которых механизм блокировки вилки и розетки Secure-Lok™ встроен в стандартный интерфейс соединителей SMP [3, 4]. Фирменное название серии этих соединителей – Secure-Lok™ SMP или SMP-L. Блокировка происходит за счет дополнительного байонетного соединения, позволяющего быстро соединять и разъединять вилку и розетку. В соединителях SMP-L, после стандартного соединения вилки и розетки защелкиванием, выступы

на розетке входят в прорези вилки, и окончательное соединение происходит после поворота розетки относительно вилки – рис. 4 [3–5].

Механизм Secure-Lok увеличивает удерживающее усилие соединения вилки и розетки SMP после защелкивания, что позволяет применять соединители SMP-L для военных и коммерческих приложений с повышенными механическими нагрузками.

Параметры соединителей SMP-L приведены в табл. 1. Эти соединители испытывают согласно стандарту MIL-STD-202, метод 204, условия испытаний D. По этому методу воздействуют вибрацией на частотах 10–500, 10–2 000 или 10–3 000 Гц на изделия, применяемые в самолетах и ракетах. Кроме того, проводятся жесткие испытания таких изделий на воздействие ударных нагрузок согласно стандарту MIL-STD-202, метод 213, условия испытаний 1.

Компания CarlisleIT разработала серию соединителей SMP-L (рис. 5). В номенклатуру продукции соединителей SMP-L входят:

- прямые кабельные соединители розетка серии P657 для гибкого радиочастотного кабеля марок TLL18-807, TLL26-5047, TLL40-1111A этой компании;
- кабельные сборки на основе этих кабелей;
- концевая вилка MP602-ICC для поверхностного монтажа на печатные платы,
- приборные вилки: P674SL-1CCSF, резьбовая и P675SL-1, запрессовываемая в корпус изделия;
- приборная вилка MP602-2CC;
- фланцевый (прямоугольный фланец с двумя крепежными отверстиями) вывод энергии P678SL-1CCSF.

В качестве покрытия применено золото толщиной 2 мкм по подслою никеля толщиной 2,5 мм.



Рис. 5. Внешний вид соединителей SMP-L

Реальный анализ в реальном времени за реальные деньги!



Анализаторы спектра реального времени АКИП-4213

- Диапазон частот: АКИП-4213/1 от 9 кГц до 5 ГГц, АКИП-4213/2 от 9 кГц до 7,5 ГГц
- Анализатор спектра реального времени, полоса анализа 25 МГц (опция: 40 МГц)
- Динамический диапазон 60 дБ
- Встроенный трекинг генератор, предусилитель в стандартной комплектации
- Средний уровень собственных шумов(DANL):
-161 дБм/Гц (в полосе 10 МГц... 200 МГц, предусилитель включен)
- Низкий уровень фазовых шумов: до -96 дБн/Гц при отстройке 10 кГц (на $f_{нес}=1$ ГГц)
- Разрешение ПЧ 1 Гц (RBW)
- Программные опции
- Увеличение полосы пропускания реального времени до 40 МГц
- Дополнительные измерительные функции: измерение мощности в канале и соотношение мощностей в смежных каналах, измерение мощности во временной области, измерение ширины занимаемой полосы частот, соотношение сигнал шум
- Фильтры ЭМС (200 Гц, 9 кГц, 120 кГц и 1 МГц) и квазипиковый детектор
- Анализ параметров модуляции АМ, ЧМ, АМн, ЧМн, ФМн, QAM
- Измерение коэффициента стоячей волны (VSWR) и коэффициента затухания

Внесен в реестр СИ РФ №81820-21



119071, г. Москва, 2-й Донской пр., д. 10, стр. 4; тел.: +7 (495) 777-5591; факс: +7 (495) 640-3023
196006, г. Санкт-Петербург, ул. Цветочная, д. 18, лит. В, офис 202; тел./факс: +7 (812) 677-7508
620089, г. Екатеринбург, ул. Цвиллинга, д. 58, офис 1; тел./факс: +7 (343) 317-3999; ek@prist.ru

prist.ru

QuarterBack SMP CONNECTORS КОМПАНИИ Amphenol / SV Microwave

Соединители QuarterBack SMP / SMPM американской компании SV Microwave (ныне входит в состав компании Amphenol) обеспечивают возможность дополнительной байонетной блокировки на четверть оборота в соединителях с интерфейсами SMP и SMPM. В отличие от рассмотренных ранее соединителей SMP-L компании CarlisleIT в соединителях QuarterBack прорезы выполнены на дополнительной стяжной байонетной гайке, установленной на кабельной розетке, а двумя штырями снабжены приборная или концевая вилки – рис. 6 [6, 7].

Усилия соединения и разъединения соответственно равны 9Н и 2,25Н, допустимое количество циклов соединений 1000, что характерно для скользящего соединения SMP. Такие низкие усилия обеспечивают меньший крутящий момент отрыва от платы паяного соединителя.

Соединители QuarterBack SMP имеют следующие параметры [6, 7]:

- рабочий диапазон частот: 0–40 ГГц;
- максимальный КСВН в диапазоне частот 0–18 ГГц (для кабельных соединителей): 1,22;
- рабочий диапазон температур: –65...165 °С.

Компания SV Microwave / Amphenol разработала следующие соединители QuarterBack SMP:

- кабельные розетки № 1221-40049 для кабеля $\varnothing 0,086$ " и № 1221-40051 для кабеля $\varnothing 0,047$ ";
- концевую вилку № 1211-66195;

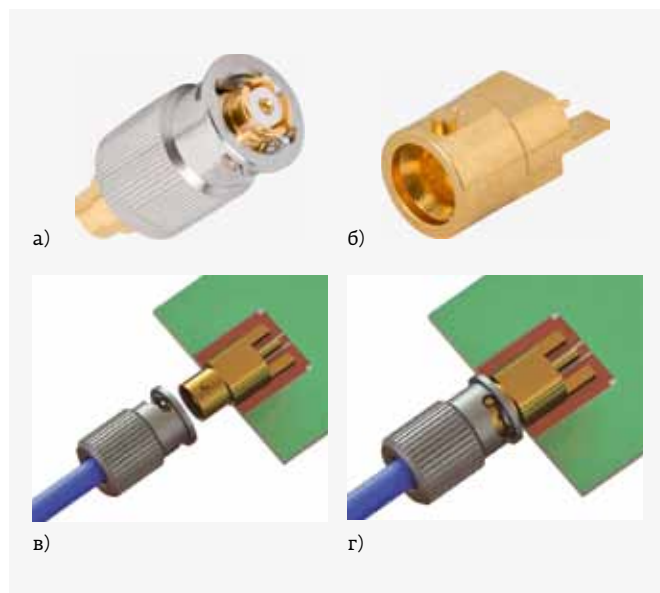


Рис. 6. Кабельная розетка (а) и концевая вилка (б) соединителей QuarterBack SMP до соединения (в) и в соединенном состоянии (г)

- вилку № 1211-40032 для поверхностного монтажа на печатную плату;
- фланцевый вывод энергии вилка для поверхностного монтажа SF1211-66214;
- адаптеры «2,92 mm розетка – QuarterBack SMP вилка»; разные кабельные сборки с соединителем SMA на одном конце.

Эта компания также создала в исполнении QuarterBack соединители SMPM таких же типов с предельной частотой 65 ГГц, с максимальным КСВН, равным 1,1, в диапазоне частот 0–18 ГГц (для кабельных соединителей) и допустимым количеством соединений и разъединений 500.

Соединители QuarterBack SMP / SMPM применяют в устройствах военного и гражданского назначения, работающих в условиях высокой вибрации, а также при необходимости большого количества соединений и разъединений.

СОЕДИНИТЕЛИ SMP-SL КОМПАНИИ Huber+Suhner

Важным инновационным решением компании Huber+Suhner для повышения надежности соединения вилки и розетки соединителей SMP является создание соединителя SMP-SL (Sub-Miniature Push-On-Self-Lock) [8–11]. Впервые компания сообщила об этом 13–15 марта 2018 года на аэрокосмической конференции SATELLITE в Вашингтоне (США) [9]. В 2019 году соединитель SMP-SL был продемонстрирован на Международном симпозиуме по микроволновой технике в Бостоне (США) [10]. SMP-SL – это компактный защелкиваемый соединитель с блокировкой, который обеспечивает такое же надежное соединение, как резьбовые соединители. Соединители SMP-SL сертифицированы для использования в системах космического и военного применения.

Внешний вид этих соединителей показан на рис. 7 [10].

Соединители SMP-SL имеют следующие характеристики:

- рабочий диапазон частот DC: 40 ГГц;
- устойчивость к ударам и вибрации;
- допустимое количество соединений и разъединений: 100;
- рабочий диапазон температур: –55...125 °С;



Рис. 7. Соединители SMP-SL



ИНТЕЛЛЕКТ. КАЧЕСТВО.

АО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»
Москва, Щелковское шоссе, д.5, стр.1
Тел. (499) 644-21-03, (499) 644-25-62
(многоканальный)
Факс +7(499) 644-19-70
E-mail: mwsystems@mwsystems.ru
www.mwsystems.ru

- СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ
- ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНА/КАЧЕСТВО



- ПОЛНЫЙ СПЕКТР УСЛУГ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРОИЗВОДСТВУ МОНОЛИТНЫХ И ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ, ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЧ-УСТРОЙСТВ И БЛОКОВ РЭА (0,3 - 22 ГГц)

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»



- наличие функции визуального осмотра для проверки полноты сопряжения вилки и розетки;
- по своим размерам аналогичны соединителям SMP, по весу – на 50% меньше, чем другие самоблокирующиеся соединители;
- рассоединение вилки и розетки производится только с использованием специально разработанного инструмента.

Компания Huber+Suhner не раскрывает механизм самоблокировки разработанных соединителей. На демонстрационном показе работы соединителей SMP-SL [12] видны достаточно сложный пружинный механизм для рассоединения вилки и розетки и слышны резкие щелчки при соединении и «отстреливании» розетки от вилки с помощью этого механизма.

В номенклатуру продукции компании Huber+Suhner входят 15 соединителей SMP-SL:

- прямые панельные фланцевые выводы энергии «вилка серии 13 SMPSL» – 7 типов. Размеры прямоугольного фланца с двумя крепежными отверстиями 16 × 6,6 мм. Размеры квадратного фланца с четырьмя крепежными отверстиями 9,53 × 9,53 мм, предельная частота 31 и 40 ГГц, вес 2,2–2,3 г;
- две прямые кабельные розетки серии 21 SMPSL. Предельная частота 40 ГГц, вес розетки 0,8 г;
- вилка для поверхностного монтажа с предельной частотой 26,5 ГГц, вес 0,9 г. Изолятор вилки изготовлен из PEEK (Polyether-etherketone);
- концевая вилка с полным защелкиванием 91SMPSL-50-0-FIC;
- четыре адаптера SMPSL-SK с разным сочетанием вилки и розетки; инструмент для работы с соединителями SMP-SL.



Рис. 8. Кабельная розетка и приборная вилка соединителей SMP-LOCK

СОЕДИНИТЕЛИ SMP-LOCK КОМПАНИИ Radiall

Интерфейс SMP широко используется в фазированных антенных решетках, поскольку он позволяет увеличивать плотность радиочастотных каналов. Поэтому в 2000-х годах несколько зарубежных компаний выполнили разработки соединителей SMP с усиленным соединением вилки и розетки, прежде всего, для космических приложений. Известная французская компания Radiall в 2010 году также анонсировала соединитель SMP-LOCK с системой быстрой фиксации для применения в космической программе Iridium [13–16]. LOCK означает уникальную систему быстрой блокировки, встроенную в соединитель с интерфейсом SMP. На рис. 8 показан внешний вид соединителей: прямой кабельной розетки R222.L80.010 и приборной вилки R222.L00.010 [14]. На корпусе розетки установлена подвижная стопорная втулка с упругими ламелями, изготовленная из термоупрочненной бериллиевой бронзы с покрытием никелем толщиной 2 мкм. Корпус соединителя розетки также изготовлен из термоупрочненной бериллиевой бронзы с покрытием тонким слоем золота по подслою химического никеля для повышения износостойкости покрытия. В области соединения с вилкой на корпусе выполнены ламели, которые при соединении защелкиваются в канавку на корпусе приборной вилки.

В отличие от соединителей SMP в соединителях SMP-LOCK соединение розетки и вилки выполняется в два этапа. Сначала осуществляется стандартное

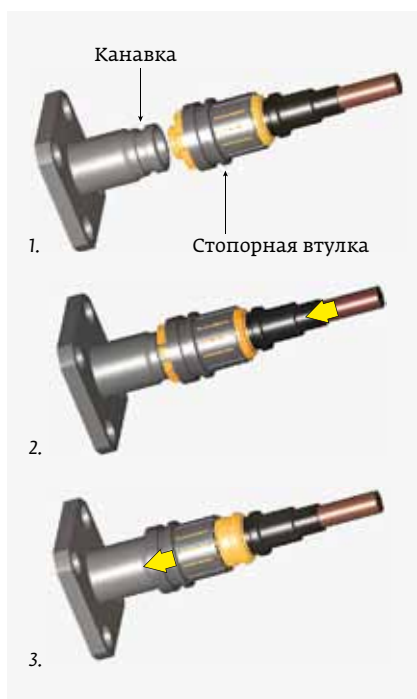


Рис. 9. Этапы соединения розетки и вилки соединителей SMP-LOCK: 1 – исходное положение, 2 – образование соединения защелкиванием как в стандартных соединителях SMP, 3 – защелкивание стопорной втулки и блокировка соединения

INTERPOLITEX



ЮБИЛЕЙНАЯ
XXV МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА СРЕДСТВ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА



19–22 ОКТЯБРЯ 2021, МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

О выставке

Форум

Программа

Заявка

Проект ОВК «БИЗОН»

Официальный партнер
по организации Форума
«Интерполитех: цифровая
трансформация
безопасности государства»



При поддержке



Минцифры
России

Связист

ФГБУ «Связист» Минцифры
России

WWW.INTERPOLITEX.RU/MAIN

Таблица 2. Соединители SMP-LOCK компании Radiall

№ п.п.	Обозначение соединителя	Тип соединителя	Параметры	Внешний вид
1	R222.L80.010	Прямая кабельная розетка, кабель RG405 (0,085")	Диапазон частот: 0–40 ГГц, КСВН в рабочем диапазоне частот 1,2 макс. Вес 2,71 г	
2	R222.L80.300	Угловая кабельная розетка, кабель RG405 (0,085")	Диапазон частот: 0–26,5 ГГц, КСВН в рабочем диапазоне частот 1,2 макс. Вес 2,71 г	
3	R222.L00.010	Прямая вилка для поверхностного монтажа с ограниченным защелкиванием	Диапазон частот: 0–18 ГГц, КСВН в рабочем диапазоне частот $1,05 + 0,017f$. Экранное затухание: $(90-f)$ дБ. Потери: $0,12\sqrt{f}$ дБ. Вес 0,57 г	
4	R222.L00.020	Прямая вилка для монтажа в отверстия печатной платы	Диапазон частот: 0–12 ГГц. Рабочий диапазон температур: –40...250 °С. Вес 0,67 г	
5	R222.L00.020	Герметичный (металлостеклянный спай) панельный резьбовой вывод энергии (вилка)	Диапазон частот: 0–40 ГГц	
6	R222.L10.001	Прямой резьбовой вывод энергии (вилка). Резьба 10×48-UNS-2A. Диаметр центрального проводника 0,46 мм	Диапазон частот: 0–26,5 ГГц, КСВН в рабочем диапазоне частот – 1,35 макс. Потери $0,1\sqrt{f}$ дБ. Рабочий диапазон температур: –65...165 °С. Вес 0,77 г	
7,8	R222.L00.020 (прямоугольный фланец) R222.L10.010 (квадратный фланец)	Прямой фланцевый вывод энергии с ограниченным защелкиванием. Диаметр центрального проводника – 0,38 мм	Диапазон частот: 0–12 ГГц, КСВН в рабочем диапазоне частот – 1,2. Потери $0,12\sqrt{f}$ дБ. Вес 1,38 и 2,7 г соответственно	
9	R191.593.400	Адаптер SMA (розетка) – SMP-LOCK (вилка) с ограниченным защелкиванием	Диапазон частот 0–18 ГГц, КСВН в рабочем диапазоне частот – 1,17 макс. Потери $0,12\sqrt{f}$ дБ. Вес 2,79 г. Экранное затухание: $(100-f)$ дБ	

Примечание: f – частота, ГГц.

СМР-соединение, а затем происходит блокировка соединения в результате защелкивания стопорной втулки в канавке вилки (при этом слышится щелчок). Компания Radiall рекомендует использовать специальный инструмент для выполнения операций соединения и разъединения. Процесс соединения розетки и вилки иллюстрирует рис. 9 [14]. Чтобы разъединить вилку и розетку, надо сдвинуть стопорную втулку назад. Это разблокирует соединение и позволит отсоединить розетку. Допустимое количество соединений и разъединений 500. Минимальное аксиальное усилие соединения и разъединения – 6,7 Н. Рабочее напряжение соединителей 335 В, напряжение пробоя 500 В, сопротивление изоляции не менее 5 000 МОм. Для применения в космических объектах в корпусе соединителей предусмотрено вентиляционное отверстие диаметром 0,3 мм (для устранения возможности газового разряда). Для обеспечения требуемого экранного затухания в соединителях применены уплотнительные прокладки из токопроводящей резины (наполненной серебром).

Типы соединителей SMP-LOCK, разработанные компанией Radiall, приведены в табл. 2 [13, 16].

Соединители SMP-LOCK предназначены для применения в бортовых радарх, системах авионики, спутников, ракет, летательных аппаратов (БПЛА).

В дальнейшем компания Radiall создала с использованием этого механизма блокировки самые миниатюрные соединители SMPM-LOCK с предельной частотой 65 ГГц, обеспечивающие надежное соединение при воздействии ударов и повышенной вибрации. Размеры соединителя SMPM-LOCK меньше на 40% по сравнению с соединителем SMP-LOCK [16].

SMP Infinity КОМПАНИИ Rosenberg

Компания Rosenberger выполнила разработку соединителей SMP Infinity с повышенной устойчивостью к вибрационным и ударным нагрузкам, по-видимому, в 2015–2016 годах. Презентация этой компании относится к июню 2016 года [17]. Английское слово Infinity в переводе на русский язык означает бесконечность, безграничность.

Конструкция и внешний вид кабельной розетки и приборной вилки этих соединителей показаны на рис. 10 [17–19].

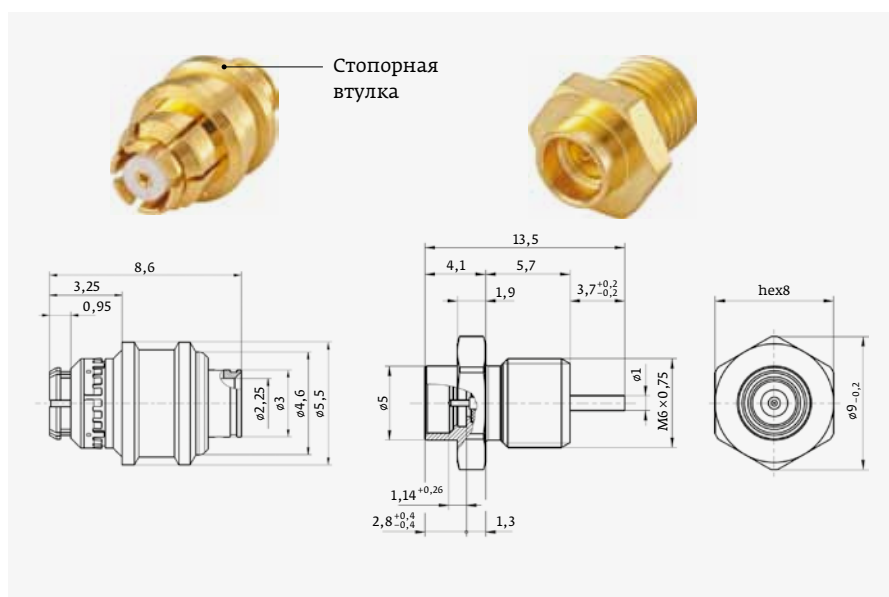


Рис. 10. Розетка кабельная и вилка приборная соединителей SMP Infinity

Соединители SMP Infinity – это инновационные компактные соединители с одноступенным механизмом зашелкивания и блокировки (рис. 11).

Соединители SMP Infinity стандартной полярности с волновым сопротивлением 50 Ом имеют следующие основные характеристики:

- рабочий диапазон частот: 0–40 ГГц;
- КСВН менее 1,2 на частотах 0–15 ГГц и менее 1,29 в диапазоне частот 15–40 ГГц;
- потери: $0,05\sqrt{f}$ дБ;
- экранное затухание: –92 дБ на частоте 18 ГГц;
- допустимая пропускаемая мощность при температуре 25 °С, на частоте 2,2 ГГц – 100 Вт;
- количество соединений и рассоединений: не менее 500;



Рис. 11. Соединители SMP Infinity: а – последовательность соединения розетки и вилки; б – инструмент для разъединения вилки и розетки

- усилие соединения вилки и розетки: менее 45 Н (такое же, как для стандартных соединителей SMP с ограниченным соединением);
- усилие удержания соединения стопорной втулкой: до 400 Н;
- возможность соединения при осевом смещении вилки и розетки ± 1 мм, при радиальном смещении до 4 град;
- рабочий диапазон температур: $-65...155$ °C.

Несмотря на большое усилие удержания стопорной втулкой, рассоединение вилки и розетки происходит легко и быстро. Для этого компания Rosenberger разработала инструменты для горизонтального и вертикального рассоединения. Вертикальное рассоединение показано на рис. 11б.

Следует подчеркнуть, что соединители SMP Infinity и SMP не совместимы между собой, для совмещения необходимы соответствующие адаптеры. В номенклатуру выпускаемой компанией Rosenberger серии соединителей SMP Infinity входят кабельные соединители для разных радиочастотных кабелей, вилки для поверхностного монтажа и монтажа в отверстия печатной платы, приборные вилки для резьбового крепления в стенке корпуса устройства (выводы энергии), проходные соединители, адаптеры и кабельные сборки с этими соединителями [19].

Область применения соединителей SMP Infinity – космические системы, ракеты, авионика и другие военные приложения [17–19].

* * *

Повышение надежности работы соединителей SMP для работы в условиях воздействия высоких вибрационных и ударных нагрузок все компании осуществляли за счет введения в интерфейс SMP дополнительной блокировки с помощью резьбового, байонетного соединения или второго защелкивания (двухэтапного или одноэтапного). Но во всех

случаях это привело к увеличению габаритных размеров и массы соединителей SMP и значительному повышению их стоимости. В результате этого соединитель SMP в значительной степени утрачивает свое основное привлекательное достоинство – миниатюрность и повышение компактности устройств, в которых он применяется. Но такова судьба всех эволюционных преобразований: выигрывая в одном, проигрываешь в другом.

В заключение автор выражает благодарность П. И. Бабаку и М. В. Чебунину за полезные замечания при обсуждении материалов данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Джуринский К. Б.** Миниатюрные коаксиальные радиоконтакты для микроэлектроники СВЧ. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2006. 216 с.
2. www.hubersuhner.com.
3. SMP-L Secure-Lok™ Interconnect Series. www.carlisleit.com.
4. Locking Push-On RF Connector for Harsh Environments. <http://www.microwavejournal.com>.
5. interconnect – Carlisle Interconnect Technologies – StudyLib. <https://studylib.net>.
6. Secure Locking SMP/SMPM Connectors. <https://www.svmicrowave.com>.
7. QuarterBack SMP/SMPM Connectors – Amphenol/SV.Microwave. <https://www.mouser.com>.
8. Huber+Suhner. Space – Light weight and high reliability. Edition2021. pdf.directindustry.com.
9. Huber+Suhner set to showcase industry-leading Radio Frequency connectivity portfolio at SATELLITE 2018.
10. Huber+Suhner. Unveils Smallest Space-Qualified 40 GHz Self-Locking Push-On Connector. May 13, 2019. everythingrf.com/huber-suhner...smp-sl.
11. RF and Microwave Cables and Connectors for Space Industry. <https://www.fclane.com>.
12. Huber + Suhner's SMP SL Demo – YouTube.
13. SMP/SMP-LOCK Space Coaxial Connector | Radiall. www.radiall.ru.
14. Berenfeld O. SMP-LOCK®: The ultimate secure connection. <https://escies.org>.
15. Radiall detail specification for SHF coaxial connectors. April 9th, 19. <https://docplayer.net>.
16. SMPM-LOCK by Radiall™. www.radiall.com.
17. SMP Infinity for military and aerospace applications. Anne Barbet. 02.05.2016. www.rosenberger.com.
18. SMP Infinity Connectors – Rosenberger. www.rosenberger.com.
19. Rosenberger SMP Infinity Connectors | RODAN Technologies. <https://rodantech.com>.

ООО СМП

ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН

www.SMD.ru



электронные

компоненты

для поверхностного монтажа

НОВЕЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Катушки индуктивности на токи до 10 А
- U.FL разъемы и pigtail со SMA



Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32; e-mail: sale@smd.ru

Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780



24-я Международная выставка
электронных компонентов, модулей
и комплектующих

expoelectronica.ru

ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
на ExpoElectronica



12-14 апреля 2022
Москва, Крокус Экспо



19-я Международная выставка
технологий, оборудования и материалов
для производства изделий электронной
и электротехнической промышленности

electrontechexpo.ru

ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
на ElectronTechExpo

