

# Эволюция радиочастотных соединителей для мобильной и сотовой связи

К. Джуринский, к. т. н.<sup>1</sup>

УДК 621.37 | ВАК 05.27.01

В сетях мобильной и сотовой связи используется множество радиочастотных соединителей, обеспечивающих передачу сигналов без искажения и потерь между базовыми станциями или удаленными антеннами. Продвижение вверх по частоте диапазонов связи и возросшие скорости передачи данных предъявляют все более жесткие требования к качеству высокочастотных трактов. Прежде всего, это относится к 5G – следующему поколению мобильной связи, где интермодуляционные искажения влияют на технические характеристики систем связи особенно сильно. В этой связи возрастают требования к радиочастотным соединителям. Рассмотрению современных радиочастотных соединителей для мобильной и сотовой связи посвящена данная статья.

## ТРЕБОВАНИЯ К РАДИОЧАСТОТНЫМ СОЕДИНИТЕЛЯМ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ И СОТОВОЙ СВЯЗИ

Многие требования к радиочастотным соединителям для мобильной и сотовой связи такие же, как и ко всем другим соединителям:

- низкий уровень КСВН и прямых потерь в рабочем диапазоне частот;
- максимальные рабочее напряжение и допустимая пропускаемая мощность;
- высокий уровень экранного затухания;
- стойкость к механическим и климатическим воздействиям;
- большое число соединений и рассоединений вилки и розетки при минимальных усилиях;
- большой срок службы;
- минимальные габаритные размеры и масса.

Кроме того, к соединителям для мобильной связи предъявляют и специфические требования:

- возможность наружного применения с высоким классом защиты IP 68;
- удобство эксплуатации, например возможность надежного соединения вилки и розетки без применения инструмента;
- низкий уровень интермодуляционных искажений.

Последнее требование является в настоящее время наиболее важным, так как уровень интермодуляционных составляющих спектра сигнала – критический параметр, влияющий на качество систем связи. Интермодуляционные составляющие возникают на нелинейностях высокочастотных трактов при прохождении по ним

сложных сигналов, имеющих несколько несущих частот. В зарубежной литературе для интермодуляционных составляющих спектра сигнала принято обозначение IMP (Inter Modulation Products).

Наличие IMP может приводить к интермодуляционным искажениям сигнала – к ухудшению отношения сигнал/шум. Наибольшие неприятности системам связи причиняют интермодуляционные составляющие низких нечетных порядков – 3-го и 5-го, поскольку они располагаются ближе всего к несущим частотам. При этом общепризнанным критерием является уровень интермодуляционных составляющих 3-го порядка (IMP3), имеющих наибольшую величину [1].

Интермодуляционные искажения в системах связи возникают при следующих условиях [2]:

- достаточно высокой мощности передаваемого сигнала;
- высокой чувствительности приемного устройства;
- наличии сложных сигналов, либо нескольких каналов передачи в единой полосе частот;
- использовании одной антенны для приема и передачи сигналов;
- наличии нелинейности в пассивных компонентах высокочастотного тракта.

Приблизительно в начале 1990-х годов интермодуляционные искажения в пассивных компонентах сотовой связи еще не были большой проблемой, поскольку уровень искажений были значительно ниже уровня шума самих устройств. Развитие базовых станций мобильной связи GSM, DCS1800, PCS1900, а также широкополосной связи нового поколения выдвинуло жесткие требования к уровню IMP для всех применяемых компонентов, в том числе и радиочастотных соединителей [2].

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

### Основные причины возникновения IMP в соединителях.

- **Во-первых**, состояние поверхности в области контактирования (неровности, микротрещины, различные дефекты).
- **Во-вторых**, коррозия. Кроме окислов на поверхности металлов присутствуют влага, пыль, органические загрязнения и остатки солей металлов после операций химического травления и осаждения покрытий. Они также представляют собой некоторую нелинейность.
- **В-третьих**, слабое усилие контактирования и ненадежный точечный контакт разнородных металлов.
- **В-четвертых**, наличие магнитных материалов и покрытий [1].

Поэтому для изготовления соединителей для мобильной и сотовой связи применяют только немагнитные материалы: латунь, бериллиевую и фосфорную бронзу. Для покрытия поверхности соединителя широко используется «белая бронза» – немагнитный коррозионно-стойкий и износостойкий сплав меди, олова и цинка и серебро. Предъявляются высокие требования к точности изготовления и чистоте поверхности соединителей, а также к усилию контактирования вилки и розетки при их сочленении.

Уровень интермодуляционных искажений в таких соединителях не должен превышать (-160) дБс при входной мощности каждого из двух сигналов 43 дБм (20 Вт).

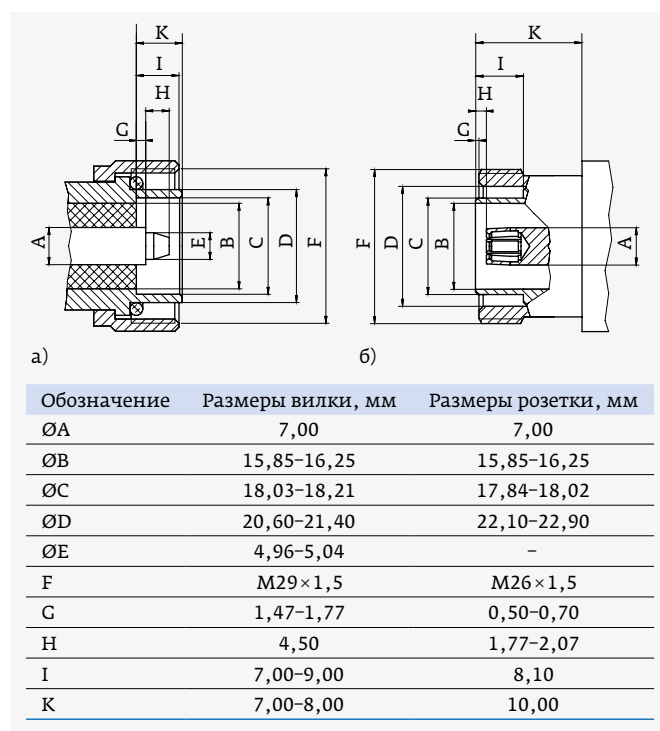


Рис. 1. Интерфейс соединителя 7/16: вилки (а) и розетки (б)

### СОЕДИНИТЕЛИ 7 / 16 DIN

7/16 DIN (далее 7/16) – радиочастотный соединитель, широко используемый в антенных системах и базовых станциях мобильной и сотовой связи. DIN (сокращение от Deutsches Institut für Normung) – это название Немецкого института по стандартизации. Многие стандартизованные коаксиальные соединители, разработанные немецкими компаниями, обозначались числами, которые означали диаметры внутреннего и наружного проводников коаксиальной линии соединителя.

История создания соединителя 7/16 началась в 1949 году, когда доктор Георг Шпиннер (Georg Spinner) из компании Spinner GmbH (Германия) разработал соединитель 6/16 с волновым сопротивлением 60 Ом [3]. В 1960-х годах была создана версия этого соединителя с волновым сопротивлением 50 Ом, которая была стандартизована (стандарт Международной электротехнической комиссии – IEC61169-4) под названием 7/16 (7 и 16 мм – диаметры внутреннего и наружного проводников коаксиальной линии). Первоначально популярный в Европе, он получил широкое распространение в США и других странах.

Интерфейс вилки и розетки соединителя 7/16, согласно IEC61169-4, показан на рис. 1, а его внешний вид – на рис. 2 [3, 4].

Соединение вилки и розетки соединителей 7/16 резьбовое (резьба M 26 × 1,5).

Технические характеристики соединителей 7/16 в сравнении с характеристиками соединителей других типов, применяемых в системах мобильной и сотовой связи, приведены в табл. 1.

Соединители 7/16 выпускают многие зарубежные компании: Spinner, Telegärtner, Rosenberger (Германия), Amphenol, Molex, (США), Huber+Suhner (Швейцария), Radiall (Франция), компании Юго-Восточной Азии.

Компании Spinner и Telegärtner разработали большое количество прямых и угловых кабельных соединителей вилка и розетка под гибкие кабели 1¼", 1½", ½", ⅞", RG-58/U, RG-223/U, RG-303/U, RG-142/U, а также под полужесткие кабели RG-401 (0,250") и RG-402 (0,141"). Разработаны кабельные вилки под прижим, обжим и пайку кабеля в соединитель, фланцевые панельные розетки и выводы энергии (квадратный фланец размером 32 × 32 мм



Рис. 2. Соединители 7/16 (а) и кабельные сборки (б)

с четырьмя крепежными отверстиями и межсерийные адаптеры и нагрузки). В кабельных сборках применяют гофрированный медный кабель спиральной навивки со вспененным диэлектриком (для уменьшения высокочастотных потерь).

**Amphenol** изготавливает соединители вилка и розетка для сборки с гофрированным медным кабелем. Панельные кабельные розетки снабжены прокладками из силиконовой резины для герметичной установки.

**Huber+Suhner** производит все типы кабельных соединителей с IMP3 на уровне (-165) дБс, КСВН менее 1,12 на частотах до 5 ГГц, экранным затуханием (-128) дБ, рабочим напряжением до 2,7 кВ и допустимой пропускаемой

мощностью 1 кВт на частоте 2 ГГц. Кабельные соединители предназначены для сборки с медным гофрированным кабелем Sucofeed этой компании.

**Radiall** является одним из мировых лидеров в производстве соединителей типа 7/16 со сверхнизким (-168 дБс) уровнем интермодуляционных искажений. Кабельные соединители предназначены для сборки с гофрированным медным кабелем марки Celloflex.

**Molex** изготавливает соединители 7/16 с низким уровнем интермодуляционных искажений и потерями менее 0,15 дБ на частотах до 4 ГГц.

Соединители 7/16 широко применяют в многоканальных системах мобильной и сотовой связи, где особенно

**Таблица 1.** Технические характеристики соединителей для мобильной и сотовой связи

Параметры	Тип соединителя				
	7/16	4.3-10	2.2-5	NEX10	1.5-3.5
Волновое сопротивление, Ом	50				
Теоретическая предельная частота, ГГц	8,3	13	26	21	-
Диапазон рабочих частот, ГГц	0-7,5	0-12 0-6 (оптимально)	0-20 0-6 (оптимально)	0-20	0-30
Максимальный КСВН (в диапазоне частот, ГГц)	1,22 (0-6)	1,03 (0-4), 1,05 (4-6)	1,05 (0-6)	1,03 (0-4), 1,05 (4-6)	1,05 (0-6)
Прямые потери, дБ, на частоте f (ГГц)	0,05	0,05	0,05	0,05	-
Уровень IMP3, дБс (2×43 дБм) в диапазоне частот, ГГц	-155	≤-166 (0-4 ГГц)	≤-166 (0,4-4 ГГц)	≤-166	≤-166 (0-6 ГГц)
Максимальная пропускаемая мощность, Вт (на частоте, ГГц)	1800 (1), 850 (2)	700 (1), 500 (2)	210 (1), 150 (2)	140 (1) 100 (2)	100 (2)
Рабочее напряжение на уровне моря, кВ	2,7	1,8	1,0	1,4	-
Сопротивление изоляции, ГОм	≥10	≥5	≥3	≥5	-
Сопротивление контактов, МОм:					
• центрального,	≤0,4	≤1,0	≤2,0	≤1,5	-
• наружного	≤0,02	≤0,1	≤1,0	≤1,5	-
Экранное затухание, дБ, на частотах, ГГц	-128	-110 (0-6) (резьбовое соединение) -90 (защелкивание)	≥-100	-110 (0-6) (резьбовое соединение), -70 (0-6) (защелкивание)	-
Усилие соединения вилки и розетки, Н	15	≤80 (защелкивание)	≤100 (защелкивание)	50 (защелкивание)	-
Усилие рассоединения вилки и розетки, Н	15	≤60 (защелкивание)	≤80 (защелкивание)	35-40 (защелкивание)	-
Допустимое количество соединений и рассоединений	500	≤100	≤100	≤100	≤100
Момент закручивания гайки, Н·м	25-30	5	3	1,5-3	-
Диапазон рабочих температур, °С	-55...155	-55...155	-40...85	-55...125	-40...85

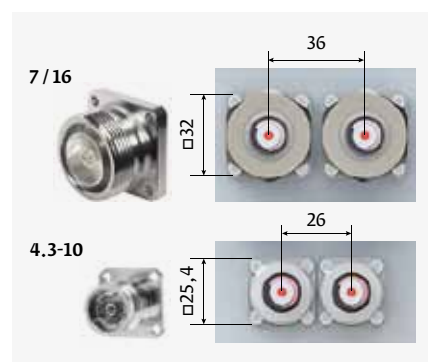
недопустимы интермодуляционные искажения, в базовых станциях, антеннах с уровнем мощности до 100 Вт на канал. Это самые прочные и надежные соединители, обеспечивающие высокую пропускаемую мощность и низкий уровень интермодуляционных искажений. До недавнего времени 7/16 являлся предпочтительным соединителем для антенн и базовых станций. Однако в связи с необходимостью миниатюризации соединитель 7/16 начал постепенно уступать свое место более миниатюрным аналогам.

### СОЕДИНИТЕЛИ 4.3-10

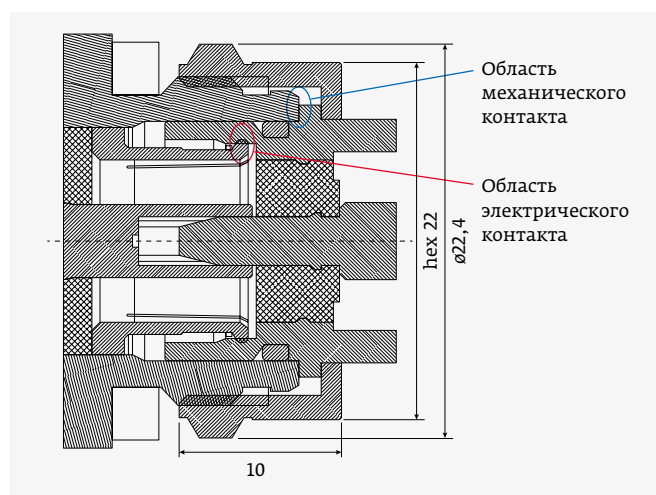
Размеры и вес соединителей стали серьезной проблемой при создании новых систем мобильной и сотовой связи с высокой скоростью передачи данных. Потребность в соединителях с низким уровнем интермодуляционных искажений, меньшими размерами и весом для замены соединителя 7/16 была очевидна из-за необходимости миниатюризации оборудования мобильной связи. Начиная с 2012 года ведущие компании Spinner, Telegärtner, Rosenberger и Huber+Suhner объединили свои усилия и совместно разработали серию соединителей 4.3-10 для индустрии мобильной связи [3, 4]. Новая серия соединителей предназначена для улучшения технических характеристик оборудования мобильной сети при повышении его компактности и уменьшении занимаемой площади.

Внешний вид и размеры (при установке в ряд) соединителей 7/16 и 4.3-10 показаны на рис. 3 [4]. Соединитель 4.3-10 приблизительно на 40% миниатюрнее и на 60% легче соединителя 7/16. Это достигнуто за счет значительного уменьшения размеров коаксиальной линии соединителя 4.3-10. Важной конструктивной особенностью этих соединителей является разнесение плоскостей электрического и механического контактирования (рис. 4) [5]. Благодаря этому приблизительно на 80% уменьшен момент затягивания гайки вилки и стало возможным соединение вилки и розетки без применения гаечного ключа. Кроме того, в отличие от осевого электрического контакта в соединителе 7/16, в соединителе 4.3-10 применен радиальный электрический контакт.

Предложенные конструктивные изменения позволили разработать три конструктивные версии вилки



**Рис. 3.**  
Внешний вид  
и размеры  
соединителей  
7/16 и 4.3-10



**Рис. 4.** Область контактирования соединителей 4.3-10

соединителя 4.3-10: с резьбовым соединением розетки и вилки при помощи динамометрического гаечного ключа (Screw type), с резьбовым соединением при закручивании вручную (Hand screw type) и с соединением защелкиванием (Quick lock, push-pull type) [3–7]. При этом для всех конструктивных версий вилки используется одна универсальная розетка (рис. 5) [6].

Резьбовое соединение кабельной вилки с розеткой при помощи ключа применяют для соединителей, работающих в условиях повышенных вибрационных и ударных нагрузок. При этом соединении недопустимо свободное вращение кабеля. Из-за высокого момента закручивания (5 Нм) соединение нечувствительно к раскручиванию под действием крутящего момента, приложенного к кабелю. Риск появления интермодуляционных искажений в таких соединителях минимален.

В соединителях с закручиванием вручную предусмотрено конструктивное решение против самопроизвольного раскручивания. Наконец, соединители с защелкиванием обеспечивают быстрое соединение без применения инструмента. При этом соединении возможно вращение кабеля после его заделки в соединитель. Соединения второго



**Рис. 5.** Соединители 4.3-10 с разными механизмами соединения розетки с вилкой

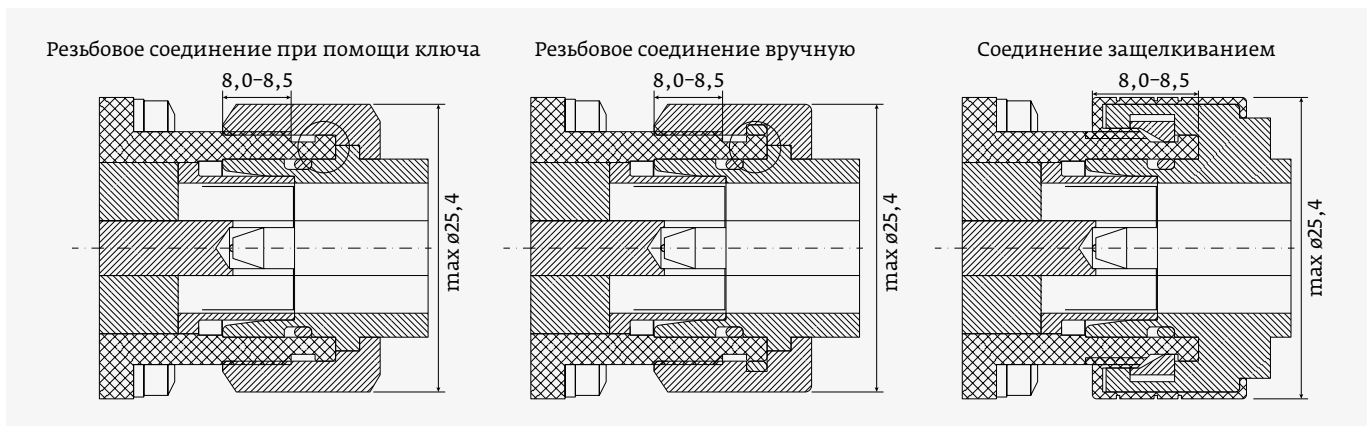


Рис. 6. Конструктивные версии соединителя 4.3-10

и третьего типов, не требующие применения гаечного ключа, обеспечивают более высокую плотность установки соединителей, например в антенны сотовой связи.

В 2016 году соединители 4.3-10 вошли в стандарт IEC61169-54. Интерфейсы соединителей этих трех типов показаны на рис. 6 [7].

Основные технические характеристики соединителей 4.3-10 приведены в табл. 1 [3–6].

Хотя стандарт МЭК 61169-54 устанавливает предельную рабочую частоту 6 ГГц, некоторые производители в своих data sheet гарантируют ее равной 12 ГГц.

Соединители 4.3-10 производят многие зарубежные компании Spinner, Telegärtner, Rosenberger, IMS, Amphenol, Molex, Huber+Suhner, Radiall и др. Номенклатура выпускаемых соединителей такая же, как и соединителей 7/16. Разработаны прямые и угловые кабельные соединители вилка и розетка под гибкие кабели 1¼", 1⅝", ½", ⅞", RG-58/U, RG-223/U и кабели других марок, а также под полужесткие кабели RG-401 (0,250") и RG-402 (0,141"). Компании предлагают кабельные вилки под прижим, обжим и пайку кабеля в соединитель, фланцевые панельные розетки и выводы энергии (квадратный фланец 25,4×25,4 мм, с четырьмя крепежными отверстиями), внутрисерийные адаптеры под соединители розетка-вилка с разными типами рассмотренных выше вилок, а также межсерийные адаптеры [3–6].

Крупные западные компании Ericsson, Kathrein и Nokia Siemens Networks уже признали важность применения соединителей 4.3-10 в устройствах мобильной связи.

Область применения соединителей 4.3-10 варьируется от базовых станций до распределенных внутренних и наружных антенных систем (DAS).

## СОЕДИНИТЕЛИ 2.2-5

Уже в настоящее время и особенно в будущем мобильные системы связи, жестко ограниченные по габаритным размерам и массе, должны передавать радиочастотные

сигналы с малыми потерями и минимальными интермодуляционными искажениями. Поэтому, основываясь на успехе новаторского соединителя 4.3-10, компания Telegärtner в тесном сотрудничестве с компанией Spinner и с поддержкой компаниями Amphenol, CommScope, Molex, JMA Wireless и Gigalane разработала соединитель 2.2-5 с высоким уровнем параметров, более миниатюрный, чем соединитель 4.3-10 [8–10]. Размеры фланца фланцевого соединителя 2.2-5 меньше на 53%, чем у соединителя 4.3-10, и на 70%, чем у соединителя 7/16 (рис. 7) [9].

В соединителе 2.2-5 размеры коаксиальной линии были уменьшены в два раза (диаметр наружного проводника 5 мм, центрального проводника – 2,2 мм) по сравнению с соединителем 4.3-10 [9]. При этом сохранены особенности конструкции соединителей 4.3-10: разнесение плоскостей электрического и механического контактирования и радиальный контакт. Благодаря этому созданы кабельные вилки с резьбовым соединением с розеткой при помощи динамометрического гаечного ключа, с резьбовым соединением при закручивании вручную (на гайке имеется накатка для ручной затяжки) и с защелкиванием, как показано на рис. 5. Конструкция розетки универсальная и может соединяться с вилками всех трех вариантов исполнения [9].

К настоящему времени разработаны следующие соединители 2.2-5 (данные компании Spinner [10]):

- кабельные вилки под гофрированные кабели ¼", ⅜", ½", а также под кабели RG-402 (0,141") и RG-401 (0,250");
- проходные панельные и фланцевые розетки под кабели RG-402 (0,141") и RG-401 (0,250"). Монтаж кабеля в соединители 2.2-5 выполняют пайкой, обжимом и прижимом;
- внутрисерийные и межсерийные адаптеры (для соединителей 4.3-10, 7/16, N).

Технические характеристики соединителей 2.2-5, по данным компании Spinner, представлены в табл. 1 [3, 10]. Несмотря на значительное уменьшение размеров, технические характеристики соединителей 2.2-5 и 4.3-10



Рис. 7. Фланцевые соединители 7/16, 4.3-10 и 2.2-5

сопоставимы. Заявка на стандартизацию соединителей серии 2.2-5 представлена в МЭК в 2017 году.

### СОЕДИНИТЕЛИ NEX10

Конструктивные решения, реализованные в соединителях 4.3-10, стали основополагающими при создании в дальнейшем более миниатюрных аналогов этих соединителей. В связи с миниатюризацией оборудования сотовой и мобильной связи и повышением рабочего диапазона частот, антенны и приемники становились все меньше, и для них требовалось применение радиочастотных соединителей все меньших размеров. Соединители 4.3-10 с предельной частотой 12 ГГц уже не удовлетворяют этим требованиям, как по диапазону частот, так и по габаритным размерам и массе. Поэтому спустя всего лишь пять лет после создания соединителя 4.3-10 ведущие производители радиочастотных соединителей Rosenberger, Huber+Suhner и Radiall совместными усилиями разработали миниатюрные коаксиальные соединители NEX10 в диапазоне частот 0–20 ГГц для применения в небольших сотовых сетях 4G и 5G [11–14].

Интерфейс соединителей NEX10 был разработан с использованием опыта, накопленного при проектировании соединителей 4.3-10 и 2.2-5. Созданы кабельные вилки соединителя NEX10 двух вариантов: с резьбовым соединением при помощи динамометрического гаечного ключа и с соединением защелкиванием. Соединители NEX10 на 50% миниатюрнее, чем 4.3-10, размер фланцев соединителей этих типов соответственно равны 25,4 и 12,7×17,4 мм (рис. 8а) [11]. Соединители NEX10 компании Rosenberger показаны на рис. 8б–г [12], интерфейс соединителей NEX10 – на рис. 9 [12]. Основные характеристики соединителей NEX10 по данным компании Rosenberger [12] приведены в табл. 1.

Разработаны следующие модификации соединителей NEX10:

- кабельные вилки под полужесткий кабель 0,141" и ¼" – три модификации;
- кабельные розетки проходные (две модификации) и панельные фланцевые (три модификации) под полужесткий кабель 0,141" и 0,085";



Рис. 8. Фланцевые соединители 4.3-10 и NEX10 (а), соединители NEX10 компании Rosenberger: вилки с резьбовым соединением (б) и соединением защелкиванием (в), панельная фланцевая розетка (г)

- межсерийные адаптеры розетка и вилка NEX10 с соединителями N, 7/16, 4.3-10 и 3.5 mm.

Кабельные соединители NEX10 разработаны под обжим, прижим и пайку гофрированного кабеля ¼" (для наружного применения) и кабеля 0,141" (RG-402) и 0,085" (RG-405) для применения в помещении.

В 2019 году подана заявка в МЭК на стандартизацию соединителя NEX10. После стандартизации соединитель NEX10 станет доступным всем потребителям.

### СОЕДИНИТЕЛИ 1.5-3.5

Разработка 5G – следующего поколения мобильной связи со скоростью передачи в 100 раз большей, чем 4G, создает новые, более сложные задачи для индустрии мобильной связи. Компания Telegärtner разработала

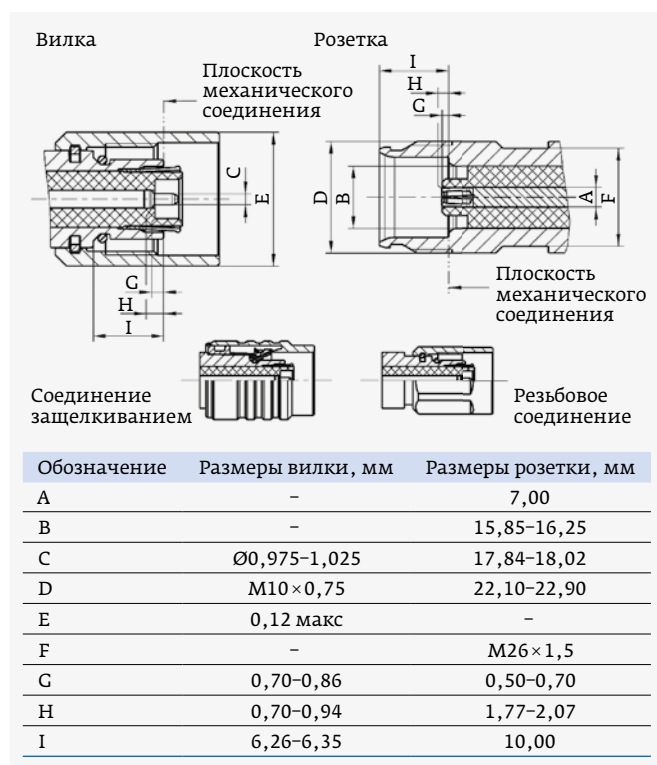


Рис. 9. Интерфейс вилки и розетки соединителей NEX10



**Рис. 10.**  
Соединители  
2.2-5, NEX10  
и 1.5-3.5

семейство соединителей Cell IQ, призванных решить проблему соединений в настоящее время и в будущем. Это семейство состоит из серий трех соединителей: 4.3-10, 2.2-5 и 1.5-3.5. Соединители 1.5-3.5 являются самыми миниатюрными из всех соединителей и предназначены для мобильной и сотовой связи будущего поколения. Размеры фланца с четырьмя отверстиями фланцевого кабельного соединителя равны  $15 \times 9,7$  мм или  $12,7 \times 12,7$  мм, что приблизительно на 47% меньше, чем у соединителей 2.2-5, и на 75% меньше, чем у соединителей 4.3-10 (рис. 10) [15–16].

Конструкция соединителя 1.5-3.5 такая же, как и у его предшественников, только коаксиальная линия выполнена с размерами 3,5/1,5 мм. По размерам коаксиальной линии этот соединитель сопоставим с соединителем 3.5 mm (SMA3.5), но выгодно отличается от него отсутствием интермодуляционных искажений и пригодностью для наружного применения.

Созданы кабельные вилки 3-х вариантов с резьбовым соединением при помощи динамометрического гаечного ключа, резьбовым соединением вручную и соединением защелкиванием с ответной розеткой. Розетка универсальна и пригодна для соединения с вилками всех трех вариантов. Кабельные вилки прямые и угловые предназначены для работы с гофрированным кабелем  $\frac{1}{4}$ ", а также для кабеля UT 85, UT 141 и UT 250 Semiflex (рис. 11) [11].

Доступны также разнообразные адаптеры для работы с соединителями других серий: 4.3-10, 7/16, PC3.5 и N.

Технические характеристики соединителей 1.5-3.5 приведены в табл. 1. Так как предполагается работа сети 5G на все более высоких частотах, то предельная частота соединителя 1.5-3.5, равная 30 ГГц, выбрана не случайно. Возможен широкий спектр применений этих соединителей: сети мобильной радиосвязи, небольшие сотовые ячейки, маломощные удаленные радиоблоки, встроенные и распределенные антенные системы.

\* \* \*

Соединители играют решающую роль в обеспечении высокого качества передачи радиочастотных сигналов между базовыми станциями и удаленными антеннами. К ним предъявляются все более жесткие требования по уровню интермодуляционных искажений, величине потерь и габаритным размерам. Как показывает опыт, эффективность разработки соединителей для мобильной



**Рис. 11.** Кабельные соединители 1.5-3.5

и базовой связи возрастает, если ее выполняет консорциум нескольких ведущих компаний. За рубежом менее чем за 10 лет были разработаны соединители 4.3-10, 2.2-5, NEX10 и 1.5-3.5 и налажено серийное производство их основных модификаций. Эволюция соединителей для мобильной и сотовой связи продолжается.

Автор выражает благодарность д. т. н. П. В. Куприянову за полезные замечания и М. В. Чебунину за предоставленные материалы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Джуринский К. Б.** Интермодуляции в радиочастотных соединителях // Компоненты и технология. 2010. № 6. С. 26–30.
2. **Kearney F., Chen S.** Passive Intermodulation (PIM) Effects in Base Stations: Understanding the Challenges and Solutions. <https://www.analog.com>.
3. [www.spinner-group.com](http://www.spinner-group.com).
4. [www.telegartner.com](http://www.telegartner.com).
5. The new rf-interface for mobile communication. <https://fhi.nl>.
6. Why 4.3-10 connector is better than 7/16? | orbis.eu <https://www.orbis.eu>.
7. 4.3-10 Connector. IEC61169-54.
8. Type 2.2-5 Coax Connector Fits in Tight Spaces | 2018-08-15. <https://www.microwavejournal.com>.
9. 2.2-5 Connector Series – Telegartner <https://www.telegartner.com>.
10. 2.2-5 Connectors – Spinner Group. <https://www.spinner-group.com>.
11. NEX10: Small, Robust and Low PIM RF Connector series. <https://www.hubersuhner.com>.
12. Nex10 – [https://www.rosenberger.com/0\\_documents/de/specs/com/89-000-000](https://www.rosenberger.com/0_documents/de/specs/com/89-000-000).
13. Small Cell Connectors.2.2-5 or NEX 10. Каталог компании Spinner.
14. Radiall NEX10 Coaxial Connectors and Adapters. [www.radiall.com](http://www.radiall.com).
15. 1.5-3.5 Series – Telegartner <https://www.telegaertner.com>.
16. New Coax Connector: Excellent Performance for Confined Spaces//Microwave Journal. 2019. September 12.



## 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](mailto:mwsystems@mwsystems.ru)  
[www.mwsystems.ru](http://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»

