

Все радиочастотные соединители мира.

Часть 2. Большие, средние и миниатюрные соединители

Кива ДЖУРИНСКИЙ,
к. т. н.
kbd.istok@mail.ru

В первой части публикации [1] приведена общая классификация радиочастотных соединителей по группам. В этой статье рассмотрены группы больших, средних и миниатюрных соединителей — 16 основных серий, которые составляют самую большую часть всех радиочастотных соединителей и широко применяются в радиоэлектронных устройствах. Внутрисерийные и межсерийные адаптеры не включены в обзор соединителей этих и последующих групп.

Соединители 7/16

Соединитель 7/16 DIN (далее 7/16) был разработан компанией Spinner (Германия) в 1940-х годах и стандартизован Немецкой национальной организацией стандартов (Deutsches Institut für Normung, DIN). Эти соединители с предельной частотой 7,5 ГГц имеют жесткую конструкцию с размерами внутреннего и наружного проводников коаксиальной линии 7 и 16 мм соответственно (отсюда и обозначение соединителя). Соединение вилки и розетки — резьбовое (резьба M29×1,5) (рис. 1).

Соединители 7/16 имеют КСВН не более 1,3, высокочастотные потери менее 0,05 дБ на частоте 1 ГГц, экранное затухание —125 дБ и допустимую мощность 3 кВт. При применении серебряного покрытия центральных проводников и покрытия серебром или «белой бронзой» наружных проводников и надежном контакте розетки и вилки они обеспечивают уровень интермодуляционных искажений IMP3 не хуже —160 дБс.

Соединители 7/16 выпускают Amphenol, Huber+Suhner, Radiall, Juebao, Molex, Tyco, Rosenberger и многие другие компании.



Рис. 1. Соединители 7/16

Amphenol выпускает соединители 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 соединителей не превышает 1,12 на частоте до 5 ГГц, экранное затухание —128 дБ, рабочее напряжение — до 2,5 кВ, допустимая мощность — 1 кВт на частоте 2 ГГц. Соединители предназначены для сборки с медным гофрированным кабелем Sucofeed, разработанным этой компанией.

Radiall является одним из мировых лидеров в производстве соединителей типа 7/16 с низким (—153 дБс) и сверхнизким (—168 дБс) уровнем интермодуляционных искажений. В соединителях применены неразрезной наружный проводник и серебряное покрытие внутреннего и наружного проводников. КСВН соединителей — менее 1,08, высокочастотные потери — 0,3 дБ на частоте до 2 ГГц. Соединители предназначены для сборки с гофрированным медным кабелем марки Celloflex.

Тайваньская компания Juebao (название которой переводится как «быстро и живо») в последние годы стала заметна на рынке радиочастотных соединителей. Она производит соединители 7/16 с предельной рабочей частотой 7,5 ГГц, рабочим напряжением до 2,7 кВ, напряжением пробоя 4 кВ, экранным затуханием —128 дБ на частоте 1 ГГц. Соединители Juebao предназначены для сборки как с гофрированными, так и с полужесткими кабелями.

Компания Molex выпускает соединители 7/16 с низким уровнем интермодуляционных искажений, КСВН менее 1,3, высокочастотными потерями менее 0,15 дБ на частоте до 4 ГГц.

Соединители 7/16 широко применяют в многоканальных системах мобильной и сотовой связи, в которых особенно недопустимы интермодуляционные искажения, в базовых и контрольных станциях, а также в антеннах с уровнем мощности до 100 Вт на канал. В системах мобильной и сотовой связи используют сборки на основе соединителей 7/16 и N. В сборках применяют гофрированные медные кабели спиральной навивки со вспененным диэлектриком (для уменьшения высокочастотных потерь), а также полужесткие кабели 0,141" и 0,25".

Соединители UHF и Mini-UHF

Соединители UHF были изобретены в 1930-х годах Кларком Квейкенбушем (E. C. Quackenbush) из American Phenolic Co. (позднее — компания Amphenol). Они были предназначены для радиовещательной техники, работающей в диапазонах частот UHF (30–300 МГц) и HF (3–30 МГц). Оптимальный рабочий диапазон частот этих соединителей — 0,6–300 МГц. Номинальное напряжение (амплитудное значение) — 500 В, испытательное напряжение — 1000 В (в течение 1 мин.), номинальный ток — 10 А, сопротивление изоляции — 5000 МОм, сопротивление центрального и наружного проводников — не более 5 мОм, рабочий диапазон температур — —55...+165 °С.

Вилку соединителей UHF в соответствии с военным перечнем обозначают как PL-259, розетку — SO-239. Механизм соединения вилки и розетки — резьбовый (резьба 5/8–24UNEF), допустимое количество циклов соединения/рассоединения — 500.

Корпус соединителей изготовлен из латуни и покрыт никелем, гнездовой проводник выполнен из фосфористой бронзы,



Рис. 2. Соединители UHF: вилка и розетка

штыревой проводник диаметром 4 мм — из латуни. Проводники покрыты золотом или серебром. Изолятор изготовлен из фторопласта.

Внешний вид вилки и розетки соединителей UHF показан на рис. 2.

Кабельные соединители предназначены для работы с радиочастотными кабелями RG-8, RG-9, RG-58 и RG-59. В зависимости от модификации соединителей их монтаж на кабель производят пайкой, обжимом или накруткой.

Основной недостаток соединителей UHF — непостоянство их волнового сопротивления (со стандартных 50 Ом оно может падать до 30–40 Ом). Это обусловлено большими размерами коаксиальной линии (диаметр наружного проводника — 11,56 мм) и большой ее протяженностью (более 30 мм). В технических описаниях даже не приводят величину КСВН — основного параметра любого радиочастотного соединителя. Тем не менее соединители UHF относятся к разряду недорогих, обеспечивают пропускание сигналов мощностью более 1 кВт, и поэтому их производят многие компании (Amphenol, Molex, Juebao и др.). Компания Amphenol выпускает 47 модификаций этих соединителей всех конструктивных исполнений. Соединители UHF в настоящее время применяют для аппаратуры связи низкочастотных диапазонов (любительское и общественное радиовещание, VHF-радио для подводных лодок и др.), где на первом плане — жесткость конструкции и простота применения.

Только спустя 40 лет, в 1970 году, специально для приложений, требующих миниатюризации, был создан миниатюрный вариант



Рис. 3. Mini-UHF соединители

UHF-соединителя — Mini-UHF, предназначенный для присоединения обжимом и пайкой гибких коаксиальных кабелей диаметром до 6,25 мм (RG-58, Belden 9258, RG-8X) и для установки на печатные платы (рис. 3).

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. Были разработаны прямые и угловые кабельные вилки и розетки, панельные соединители и адаптеры. Размер резьбы на корпусах вилки и розетки был уменьшен с 5/8–24UNEF до 3/8–24UNF.

В рабочем диапазоне частот максимальный КСВН прямых соединителей Mini-UHF — 1,25–1,3, угловых — 1,3–1,5. Номинальное напряжение (амплитудное значение) — 335 В, испытательное напряжение — 1 кВ, номинальный ток — 10 А, допустимая мощность — 100 Вт, минимальное сопротивление изоляции — 5000 МОм, рабочий диапазон температур — –55...+165 °С.

Компактные и легкие соединители Mini-UHF используют для коаксиальных межсоединений в базовых станциях сотовых телефонов и автомобильных системах, где факторы веса, размеров и стоимости критичны.

Соединители N

Предвоенный 1940 год можно считать началом эволюции радиочастотных соединителей. До этого был единственный UHF-соединитель, работающий в ограниченном частотном диапазоне. К началу Второй мировой войны возникла необходимость в создании соединителей, работающих на частоте

более 300 МГц, для радаров и радиотехнических средств связи. В США был создан комитет (ANRFCCC), затем преобразованный в Defense Electronics Supply Center (DESC), по разработке стандартов новых соединителей, радиочастотных кабелей и линий передачи. И в 1942 году член этого комитета Пол Нейл (Paul Neill) из Bell Laboratories создал N-соединитель (наименование соединителя — по первой букве фамилии автора). Это первое устройство, наиболее полно отвечающее требованиям, предъявляемым к соединителям СВЧ-диапазона. И уже в течение более 70 лет это один из самых популярных резьбовых соединителей среднего уровня мощности.

В соединителе N была впервые реализована коаксиальная линия с размерами 7/3,04 мм. Интерфейс и внешний вид этого соединителя показаны на рис. 4, 5.

Контакт по внутренним проводникам происходит после введения штыря вилки в гнездо розетки, а по наружным — резьбовым соединением. Для этого корпус розетки выполнен с дюймовой резьбой 0,625–24UNEF, приблизительно эквивалентной метрической резьбе M16x1. Корпус соединителя изготавливают из пассивированной нержавеющей стали, а также из бериллиевой бронзы или латуни и покрывают золотом, никелем, серебром или специальными сплавами: «белая бронза», Orpaltalloy, Suroplate. Внутренний проводник выполнен из упрочненной бериллиевой бронзы и покрыт износостойким золотом. Материалом диэлектрика коаксиальной линии является фторопласт.

Соединитель N можно применять со многими типами гибких кабелей: RG-316, 316DS, RG-58, RG-142, RG-213, RG-214, а также с полужесткими кабелями RG-402 и RG-405. Монтаж гибкого кабеля в соединитель производят обжимом с деформацией, а полужесткого кабеля — пайкой или прижимом.

Около ста зарубежных компаний производят соединители серии N, включающей розетку и вилку, прямые и угловые, кабельные, приборно-кабельные, проходные соединители, выводы энергии, коаксиально-микрорезьбовые переходы и адаптеры. Выпускаются соединители коммерческого и во-

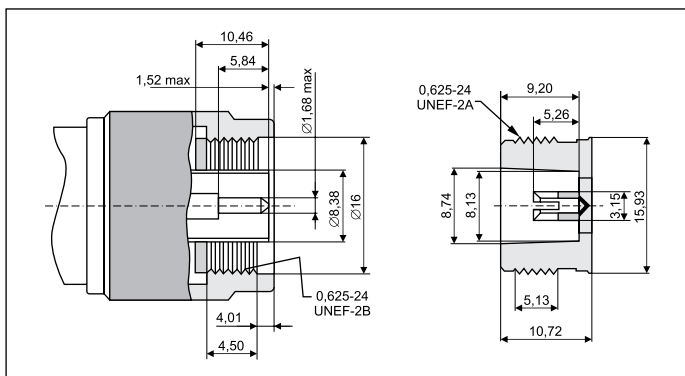


Рис. 4. Интерфейс вилки и розетки соединителя N



Рис. 5. Соединители N

Таблица 1. Параметры соединителей N, HN, QN и C

Параметры соединителей	N	HN	QN	C
Волновое сопротивление, Ом	50	50	50	50
Рабочий диапазон частот, ГГц	0–11	0–4	0–11	0–11
Рабочее напряжение, В	1000	1500	1000	1500
Напряжение пробоя, В	2500	5000	2500	3000
Допустимая мощность, Вт (на частоте, ГГц)	2000 (0,1), 600 (1), 150 (10)	—	300 (2,5)	400 (1)
Максимальный КСВН	1,3 (прямой), 1,5 (угловой)	—	1,22	1,35
Высокочастотные потери на частоте от 2 до 3 ГГц, дБ	0,15 (прямой), 0,3 (угловой)	—	0,15 (прямой)	—
Экранное затухание на частоте до 3 ГГц, дБ	–90	–	–90	–
Уровень пассивных интермодуляций, дБс	–168	–	–155	–
Сопротивление изоляции, МОм (более)	5000	5000	5000	1000
Гарантированное количество соединений и рассоединений	500	500	100	500
Диапазон рабочих температур, °С	–65...+165	–65...+165	–40...+125	–65...+165

енного (соответствуют стандарту MIL-C-39012, класс II, категория B) назначения.

Компания Radiall производит более 75 модификаций соединителя N с КСВН $1,05+0,007f$ и высокочастотными потерями не более $0,1\sqrt{f}$, где f — частота, ГГц.

Компания Juebao выпускает 97, Huber+Suhner — 92, Tyco — 90, Amphenol — 32 модификации соединителя N.

Параметры соединителей N, а также HN, QN и C приведены в таблице 1.

Наряду с SMA соединитель N является наиболее применяемым радиочастотным соединителем. Благодаря хорошим электрическим параметрам, способности выдерживать большие механические нагрузки (вследствие жесткости конструкции) и сравнительно низкой стоимости соединители N нашли широкое применение при создании антенных устройств, радаров, систем телекоммуникаций, СВЧ-устройств (фильтров, передатчиков и др.), радиоизмерительной аппаратуры. Их используют в аппаратуре связи и оборудовании с высокими требованиями к защите от вибраций (локальные сети, спутниковое и военное оборудование связи).

Соединители HN

Вслед за созданием соединителя N последовала разработка его высоковольтной версии — HN. Соединитель HN с волновым сопротивлением 50 Ом имеет коаксиальную линию с размерами $11 \times 3,35$ мм и резьбовой механизм соединения вилки и розетки (резьба 0,750–20UNEF) (рис. 6).

Для обеспечения высокой диэлектрической прочности и отсутствия пробоев в конструкции соединителя предусмотрено перекрытие изоляторов вилки и розетки при их сочленении и закрепление центрального проводника



Рис. 6. Соединители HN: вилка и розетка

для предотвращения его перемещения при изменении температуры и механических воздействиях. Соединитель HN приблизительно на 50% больше соединителя N. Корпус HN изготавливают из латуни с никелевым или серебряным покрытием, реже — из пассивированной нержавеющей стали. Внутренний гнездовой проводник изготавливают из упрочненной бериллиевой бронзы и покрывают серебром или золотом. Диэлектрик коаксиальной линии — фторопласт. Соединитель HN применяется с гибкими кабелями RG-8, RG-9, RG-87, RG-213, RG-214, RG-225. Монтаж гибкого кабеля в соединитель производят прижимом.

Параметры соединителя HN приведены в таблице 1.

Соединители HN выпускают многие компании: Amphenol, Delta Electronics, Radiall, Fairview Microwave, Spectrum Electrotechnik и др. В номенклатуре их продукции — соединители кабельные прямые и угловые, розетка и вилка, панельные розетки кабельные, выводы энергии и адаптеры. Компания Delta Electronics производит 36 модификаций этих соединителей. А компания Spectrum Electrotechnik рекламирует соединители HN с предельной частотой 8 ГГц, КСВН менее 1,6 и величиной высокочастотных потерь не более 0,15 дБ в этом диапазоне частот.

Благодаря жесткой конструкции, способности выдерживать большие механические нагрузки и пропускать мощные радиочастотные сигналы соединитель HN нашел применение в радиовещательных системах, а также в магнитно-резонансных томографах.

Соединители QN

Соединитель QN разработали специалисты компаний Huber+Suhner и Radiall. Его конструкция совершенствовалась в течение 2002–2004 годов. QN является модифицированной версией соединителя N. Оба соединителя имеют волновое сопротивление 50 Ом и одинаковую коаксиальную линию с размерами $7 \times 3,04$ мм, но отличаются механизмом соединения вилки и розетки.

Соединители QN с механизмом quick lock (snap lock) — быстрое защелкивание, разработаны для обеспечения быстрого и легкого

соединения. Они предназначены для замены традиционных резьбовых соединителей N в телекоммуникационной аппаратуре нового поколения и в других приложениях. Преимущества этих соединителей по сравнению с соединителями N следующие:

- Быстрое соединение и рассоединение (в 10 раз быстрее, чем для соединителя N) при невысокой величине усилия рассоединения.
- Отсутствие необходимости использовать тарированный ключ для затяжки гайки вилки, что позволяет сократить расстояние между соединителями при установке в ряд.
- Возможность вращения кабельной вилки вокруг розетки на 360° после их соединения, что облегчает условия монтажа, упрощает установку в изделие и предохраняет от дополнительных напряжений в кабеле при его изгибе.
- Меньшие, чем у соединителя N, габаритные размеры и масса.

Параметры соединителя QN приведены в таблице 1. Хотя соединитель предназначен для работы в диапазоне частот 0–11 ГГц, оптимальные параметры обеспечены только на частоте до 6 ГГц.

Huber+Suhner, Radiall, Rosenberger и другие компании производят соединители QN более 20 модификаций:

- кабельные соединители: вилка прямая для полужестких кабелей Sucoform и для гибкого кабеля RG-214, RG-58C; вилка угловая для полужесткого кабеля Sucoform и Multiflex и для гибкого кабеля; розетка приборно-кабельная проходная для полужесткого и гибкого кабелей;
- вводы энергии с неподвижным центральным контактом: розетка проходная фланцевая (квадратный фланец 17,5 мм) и под прессовую посадку;
- внутрисерийные и межсерийные адаптеры. Внешний вид кабельных соединителей QN показан на рис. 7.

Для совмещения соединителей N и QN необходимы соответствующие адаптеры.

Соединители QN производят в соответствии с требованиями стандарта Quick Lock Formula, поэтому продукция разных производителей полностью взаимозаменяема. Эти соединители применяют в телекоммуникационных системах нового поколения (GSM, PCS, WCDMA, UMTS), базовых станциях мобильной и сотовой связи, испытательной и измерительной аппаратуре и военной технике.



Рис. 7. Соединители QN

Соединитель С

Соединитель С, разработанный в 1944 году Карлом Консельманом (Carl Concelman) в компании Amphenol, имеет коаксиальную линию с размерами 7/3,04 мм и, как у соединителя N, рабочий диапазон частот 0–11 ГГц. В соединителе С применен байонетный механизм (two-stud bayonet lock) фиксации вилки и розетки (рис. 8).



Рис. 8. Соединитель С (для сравнения справа показан соединитель BNC)

Как и в HN, в конструкции соединителя С предусмотрено перекрытие изоляторов вилки и розетки в момент их сочленения, что решает проблему высоковольтного пробоя. Параметры соединителя С приведены в таблице 1.

Соединители С предназначены для аппаратуры, в которой используют мощные высокочастотные сигналы и требуется быстрое соединение и разъединение. Хотя эти соединители в настоящее время все чаще заменяются более миниатюрными аналогами, тем не менее их продолжают выпускать Amphenol, Radiall, Juebao, Molex, Tyco, Winchester, Delta Electronics, Max Gain Systems и другие компании.

Соединитель GR 874

Соединитель GR 874, созданный в 1950 году General Radio Corporation (США), был одним из первых безрезьбовых униполярных (одинаковые контакты на вилке и на розетке) радиочастотных соединителей (рис. 9).

Позднее была создана и его резьбовая версия. Соединитель GR 874 имеет волновое сопротивление 50 Ом и предназначен для работы в диапазоне частот 0–7,5 ГГц при рабочем напряжении 1500 В (амплитудное значение). Этот соединитель широко применялся в измерительной аппаратуре в 1960–1970-х годах.



Рис. 9. Соединитель GR 874

Но и сейчас его применяют в измерительной технике, и поэтому зарубежные компании продолжают его производство.

Соединитель F

Соединитель F был разработан в начале 1950-х годов Эриком Уинстоном (Eric E. Winston) из компании Jerrold Electronics специально для телевизионного кабельного и спутникового оборудования. Для телекоммуникационных систем требовались простые и недорогие соединители с волновым сопротивлением 75 Ом. Поэтому был создан самый дешевый на сегодня соединитель, так как в нем отсутствует постоянный центральный проводник, а для соединения используется центральная жила кабеля. Соединители серии F предназначены для работы на частоте до 1,2 ГГц с кабелем RG-6 (наружный диаметр кабеля — 7,2 мм). С 1970-х годов этот соединитель широко применяется для VHF и UHF телевизионных антенн. Выпускаются вилки (штекеры), розетки (гнезда), адаптеры. Наиболее распространен кабельный соединитель F, который применяют при монтаже коллективных ТВ-антенн.

Внешний вид соединителя F показан на рис. 10. Резьба на корпусе — 3/8–32UNEF (диаметр — 9,5 мм).



Рис. 10. Соединитель F

Соединители F имеют следующие параметры: волновое сопротивление — 75 Ом, рабочий диапазон частот — 0–1,2 ГГц, номинальное рабочее напряжение — 500 В, сопротивление изоляции — более 500 МОм, максимальный КСВН — 1,2.

Соединители DIN 4,1/9,5 и DIN 1,6/5,6

Соединители DIN 4,1/9,5 и DIN 1,6/5,6 стандартизованы Немецким институтом стандартов (Deutsches Institut für Normung, DIN). По этому стандарту соединители обозначают по размерам центрального и наруж-

Таблица 2. Параметры соединителей DIN 4,1/9,5 и DIN 1,6/5,6

Параметры соединителей	DIN 4,1/9,5	DIN 1,6/5,6
Волновое сопротивление, Ом	50	75
Рабочий диапазон частот, ГГц	0–14	0–1
Максимальный КСВН	1,22	1,22 (прямой) 1,4 (угловой)
Рабочее напряжение, В	1400	400
Напряжение пробоя, В	2500	1000
Экранное затухание, дБ	–114	–100
Сопротивление изоляции, МОм	5000	10 000
Гарантированное количество соединений и разъединений	1000	5000
Рабочий диапазон температур, °С	–55... +155	–55... +155

ного проводников их коаксиальной линии. Конструктивно соединитель DIN 4,1/9,5 аналогичен соединителю 7/16, но имеет существенно меньшие размеры. Соединители этой серии обеспечивают низкий уровень интермодуляционных искажений и находят широкое применение в системах мобильной связи, заменяя в ряде случаев соединители N. Соединители DIN 4,1/9,5 соответствуют требованиям международного стандарта IEC 60169-11, а по некоторым параметрам даже превосходят его (таблица 2, данные компании Spinner).

DIN 1,6/5,6 с резьбовым механизмом соединения (резьба M9x0,5) имеют коаксиальную линию с волновым сопротивлением 75 Ом.

Внешний вид соединителей показан на рис. 11.

Соединители DIN 4,1/9,5 и DIN 1,6/5,6 применяют в системах беспроводной связи и базовых станциях мобильной связи. Их выпускают Spinner, Amphenol, IMS, азиатские компании. Spinner гарантирует наиболее высокий уровень параметров соединителей по сравнению с другими компаниями.

Соединитель BNC

В 1944 году был разработан миниатюрный вариант радиочастотного соединителя С — соединитель BNC (сокращение от Bayonet Neill Concelman, но существуют и другие трактовки обозначения). Необходимость в его разработке возникла после создания более миниатюрных радиочастотных кабелей. BNC в настоящее время является одним из наиболее популярных радиочастотных соединителей. Благодаря байонетному механизму соединение вилки и розетки происходит практически мгновенно поворотом вилки на четверть оборота.



Рис. 11. Соединители: а) DIN 4,1/9,5; б) DIN 1,6/5,6



Рис. 12. Соединители BNC:

а) конструкция (стрелками обозначены элементы соединителей вилки и розетки); б) внешний вид



Рис. 13. Соединители TNC

и вибрации), чем аналогичные по размерам соединители BNC. Разработаны две версии соединителя TNC: с волновым сопротивлением 50 и 75 Ом. TNC, соответствующие международным стандартам, имеют волновое сопротивление 50 Ом и рассчитаны на работу в диапазоне частот 0–11 ГГц. Кроме того, компании выпускают соединители TNC реверсивной полярности.

Аналогично соединителю BNC разработаны все конструктивные модификации соединителя TNC. Соединитель TNC предназначен для работы с гибкими кабелями RG-58, RG-174, RG-178, RG-179, RG-187, RG-188, RG-316 и полужесткими кабелями 0,085" и 0,141". Он сочетает высокий уровень параметров соединителя N с миниатюрностью соединителя BNC. Параметры соединителя TNC приведены в таблице 3.

Соединители TNC применяют в базовых станциях мобильной и сотовой связи, в радарх, ракетах, авиационных системах, измерительной технике, различных устройствах СВЧ (фильтрах, диплексерах и др.). Эти соединители выпускают более 50 компаний — производителей радиочастотных соединителей. В номенклатуре компании Huber+Suhner — 144 модификации этих соединителей. Следует отметить, что некоторые компании (Southwest Microwave, SV Microwave и др.), усовершенствовав коаксиальную линию соединителя TNC, увеличили предельную частоту кабельных соединителей с 11 до 15–18 ГГц.

Соединители BNO и BNT

Миниатюрные твинаксиальные соединители BNO имеют, как и BNC, байонетный механизм соединения, но у них два центральных контакта, и они предназначены для работы

Конструкция и внешний вид соединителей BNC показаны на рис. 12.

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 частоте до 11 ГГц. Однако предельную частоту ограничивают 4 ГГц, так как наружный проводник соединителя имеет прорези и учитывается возможность работы соединителей в условиях вибрационных и ударных нагрузок.

Созданы следующие конструктивные модификации соединителей BNC:

- кабельные соединители «вилка»: прямые и угловые;
- кабельные соединители «розетка»: прямые и угловые;
- приборно-кабельные соединители «розетка»;
- панельные фланцевые кабельные соединители «розетка»;
- выводы энергии проходные и панельные;
- выводы энергии «розетка концевая»;
- выводы энергии, прямые и угловые, для монтажа в отверстия печатных плат;
- внутрисерийные и межсерийные адаптеры.

Корпусы соединителей изготавливают из латуни и покрывают никелем. Гнездовой контакт выполняют из бериллиевой или фосфористой бронзы с золотым или серебряным покрытием. Для изолятора используют фторопласт. Кабельные соединители BNC оптимально подходят для кабельных сборок с большим числом миниатюрных (диаметром до 6,3 мм) гибких кабелей с соответствующим волновым сопротивлением (RG-58, RG-59, RG-179, RG-316 и др.), а также с полужестким кабелем 0,141". Монтаж кабеля в соединители производят обжимом, прижимом или пайкой.

Параметры соединителя BNC приведены в таблице 3.

Соединители BNC имеют низкую стоимость, высокую надежность и просты в обращении. Поэтому их широко применяют в системах телекоммуникации, радиовещательной

Таблица 3. Параметры соединителей BNC и TNC

Параметры соединителей	BNC	TNC
Волновое сопротивление, Ом	50 и 75	
Рабочий диапазон частот, ГГц: • для волнового сопротивления 50 Ом • для волнового сопротивления 75 Ом • для соединителей реверсивной полярности	0–4 0–2 —	0–11 0–1 0–4
Рабочее напряжение, В	500	500
Напряжение пробоя, В	1500	1500
Максимальный КСВН	1,3	1,3 (прямой) 1,5 (угловой)
Экранное затухание на частотах до 3 ГГц, дБ	–55	–60
Высокочастотные потери, дБ, (на частоте, ГГц)	0,2 (3)	0,18 (9)
Сопротивление центрального проводника, мОм	3	1,5
Сопротивление наружного проводника, мОм	2	1
Сопротивление изоляции, МОм, более	5000	5000
Гарантированное количество циклов соединения–рассоединения	500	500
Диапазон рабочих температур, °С	–65...+165	–65...+165

технике, медицинском оборудовании, измерительной и радиоэлектронной аппаратуре (генераторы, осциллографы и др.), а также в различных системах военного назначения. BNC выпускает большая часть всех компаний-производителей радиочастотных соединителей.

Соединители TNC

Соединитель TNC (Threaded Neill — Concelman, существуют и другие версии обозначения), созданный в 1956 году, является резьбовой версией (резьба 7/16-28UNEF) соединителя BNC (рис. 13). Резьбовое соединение, надежно соединяющее вилку и розетку, позволяет применять соединители TNC в более жестких условиях эксплуатации (особенно при воздействии механических ударов



Рис. 14. Соединители: а) BNO; б) BNT

с двухпроводными линиями с волновым сопротивлением от 75 до 130 Ом (рис. 14а).

Контакты этих соединителей поляризованы, и поэтому BNO и BNC механически не совместимы.

Соединители BNO соответствуют требованиям международного стандарта IEC 60169-22 и имеют следующие основные параметры:

- Волновое сопротивление — неопределенное.
- Диапазон рабочих частот: 0–0,2 ГГц.
- Напряжение пробоя: 1500 В.
- Сопротивление изоляции: более 10 000 МОм.
- Сопротивление центрального и наружного контактов: менее 2 мОм.
- Рабочий диапазон температур: от –50 до +125 °С.
- Гарантированное количество соединений и рассоединений: 500.

Байонетные соединители BNT предназначены для монтажа на триаксиальные кабели (центральный проводник и два экрана, изолированные друг от друга) — рис. 14б. Эти соединители совместимы с BNC, но в этом случае электрический контакт обеспечивается только между центральным проводником и внешним экраном.

Соединители BNT имеют следующие параметры:

- Волновое сопротивление: 50 Ом.
- Диапазон рабочих частот: 0–3 ГГц.
- Рабочий диапазон температур: от –50 до +125 °С.
- Гарантированное количество соединений и рассоединений: 500.

Соединители MHV и SHV

Высоковольтные байонетные соединители MHV и SHV (рис. 15) конструктивно похожи на соединители BNC, но отличаются тем, что в них изоляторы вилки и розетки в сочлененном положении перекрывают друг друга, а центральные контакты смещены внутрь изоляторов для предотвращения высоковольтного пробоя.

Соединители MHV, предназначенные для высоковольтных применений, соответствуют международному стандарту MIL-C-39012 и имеют следующие основные параметры:

- Волновое сопротивление — неопределенное.
- Диапазон рабочих частот: 0–0,05 ГГц.
- Рабочее напряжение: 1600 В.
- Напряжение пробоя: 5000 В.
- Номинальный ток: 10 А.
- Сопротивление изоляции: более 10 000 МОм.
- Сопротивление центрального и наружного контактов: менее 2 мОм.
- Рабочий диапазон температур: –50...+155 °С.
- Гарантированное количество соединений и рассоединений: 500.



Рис. 15. Соединители MHV и SHV

Кабельные соединители MHV предназначены для работы с кабелями RG-58, RG-141, RG-142, RG-59 и RG-62A. Соединители MHV выпускают Huber+Suhner, Radiall, Amphenol, Juebao и многие другие компании.

Байонетные соединители SHV предназначены для безопасной работы при напряжении до 5 кВ. Соединители соответствуют международному стандарту IEC 60498 и имеют следующие основные параметры:

- Волновое сопротивление: 50 Ом.
- Диапазон рабочих частот: 0–3 ГГц.
- Рабочее напряжение: 3500 В.
- Напряжение пробоя: 5000 В.
- Номинальный ток: 10 А.
- Сопротивление изоляции: более 10 000 МОм.
- Сопротивление центрального и наружного контактов: менее 2 мОм.
- Рабочий диапазон температур: от –50 до +125 °С.
- Гарантированное количество соединений и рассоединений: 500.

Соединители SHV выпускают Huber+Suhner, Radiall, Amphenol и другие компании. Соединители этой серии применяют в аппаратуре для ядерно-физических исследований и в измерительной технике.

Заключение

Большие, средние и миниатюрные соединители были разработаны более полувека назад, но за столь большой период времени не утратили своего значения. Более того, многие компании ведут работы по совершенствованию этих соединителей. Основное направление этих работ — миниатюризация, создание все новых механизмов соединения, использование современных материалов. Их выпускают все мировые лидеры в области радиочастотных соединителей. В последние годы их производство освоили несколько десятков азиатских компаний. Очевидно, что без этих соединителей невозможно создание устройств радиоэлектронной техники. ■

Литература

1. Джурицкий К. Б. Все радиочастотные соединители мира. Ч. 1. Классификация соединителей // Компоненты и технологии. 2012. № 10.