

Волноводные СВЧ-переключатели

В. Кочемасов, к. т. н.¹

УДК 621.389 | ВАК 2.2.2

Волноводные переключатели используются для изменения пути прохождения СВЧ-сигналов в целях обеспечения импульсной модуляции, защиты входных цепей приемников, коммутации антенных лучей и каналов, в переключаемых фильтрах и дуплексорах. Область применения этих переключателей чрезвычайно широка. Это РЛС наземного, морского, авиационного и космического базирования, военные и коммерческие системы связи, средства радиоэлектронной борьбы, комплексы для тестирования и измерения параметров различных радиокомпонентов. В статье рассматриваются особенности и характеристики различных волноводных СВЧ-переключателей, выпускаемых рядом производителей.

Волноводные СВЧ-переключатели в основном реализуются на кремниевых и арсенид-галлиевых рpn-диодах. Такие переключатели выпускаются многими зарубежными производителями, они рассчитаны на использование на частотах до 110 ГГц и более и предлагаются в различных конфигурациях, например SPST (компании ELVA-1, CPI, Smiths Microwave, QuinStar Technology, HXI Millimeter Wave Products (HXI), Microwave Resources Inc. (MRI), Millimeter Wave Products Inc. (Mi-Wave), Eravant, Ducommun, Mercury Systems, CERNEX, Pasternack, ZAX Millimeter Wave Corp.), SPDT (компании CPI, Smiths Microwave, QuinStar Technology, HXI, MRI, Mi-Wave, Eravant, Ducommun, Mercury Systems, CERNEX, Pasternack, ZAX Millimeter Wave Corp., RF-Lambda, Qotana Technologies), SP3T (компании Smiths Microwave, QuinStar Technology, Ducommun, Mercury Systems, CERNEX), SP4T (компании Smiths Microwave, QuinStar Technology, Ducommun, Mercury Systems, CERNEX, Eravant, ZAX Millimeter Wave Corp.), SP5T-SP8T (компании QuinStar Technology, Ducommun, CERNEX, ZAX Millimeter Wave Corp.), SPI0T (компания Ducommun).

Допустимые мощности в этих переключателях снижаются по мере увеличения диапазона рабочих частот (табл. 1), причем различия в значениях непрерывной ($P_{\text{вх. н.}}$) и импульсной ($P_{\text{вх. имп.}}$) мощностей зависят от длительности импульсов и скважности. Конструктивно эти переключатели могут также различаться и весьма существенно (рис. 1).

Одним из крупнейших производителей является компания Millitech (ныне Smiths Microwave), выпускающая пять серий волноводных переключателей. SPST-переключатели серии PSP этой компании доступны для диапазона

частот от 18 до 110 ГГц. Они рассчитаны на работу в полных волноводных диапазонах K (18–26,5 ГГц), Ka (26,5–40 ГГц), Q (33–50 ГГц), U (40–60 ГГц), V (50–75 ГГц) и в полосе до 10 ГГц в E (60–90 ГГц) и W (75–100 ГГц) диапазонах.

Стандартное время переключения ($T_{\text{п}}$) в изделиях этой серии обычно равно 20 нс при переходе из положения с малым ослаблением в положение с большим ослаблением и 150 нс при переходе из положения с большим ослаблением в положение с малым ослаблением. Переключатели могут поставляться как с драйверами, так и без них.

Кардинальное снижение времени переключения до 2 нс достигается в SPST-переключателях отражательного типа серии PSH благодаря сужению диапазона рабочих частот и специальным драйверам, идеально совместимым с переключателями. Низкая стоимость, малые габариты и небольшая потребляемая мощность драйверов позволяют интегрировать их в переключатели без существенного увеличения габаритов устройства. Время задержки в таких драйверах не превышает 8 нс, что позволяет коммутировать переключатели с частотой до 20 МГц. Изделия этой серии могут поставляться как с драйверами, так и без них. В серию входят семь моделей рpn-диодных SPST-переключателей, работающих в диапазонах частот 18,0–26,5; 26,5–40; 33–50; 40–60; 50–75; 60–90; 75–95 ГГц. Достижимые рабочие полосы в этих изделиях равны 8,5; 10; 10; 6; 6; 5; 5 ГГц соответственно, вносимые потери (IL) составляют 2,0–3,5 дБ, развязка (Iso) по мере повышения частоты снижается от 30 до 18 дБ. Для увеличения развязки можно использовать несколько последовательно включенных переключателей с установленными между ними вентилями. Такое решение позволяет повысить развязку до 40–60 дБ при увеличении вносимых потерь до 5,5–6,5 дБ.

Помимо SPST-устройств, компания Smiths Microwave выпускает SPDT-переключатели PDT-серии в конфигурациях I и Y (рис. 1л, м соответственно), которые различаются конструктивным исполнением. Предлагается

¹ ООО «Радиокомп», генеральный директор, vkochemasov@radiocomp.ru.

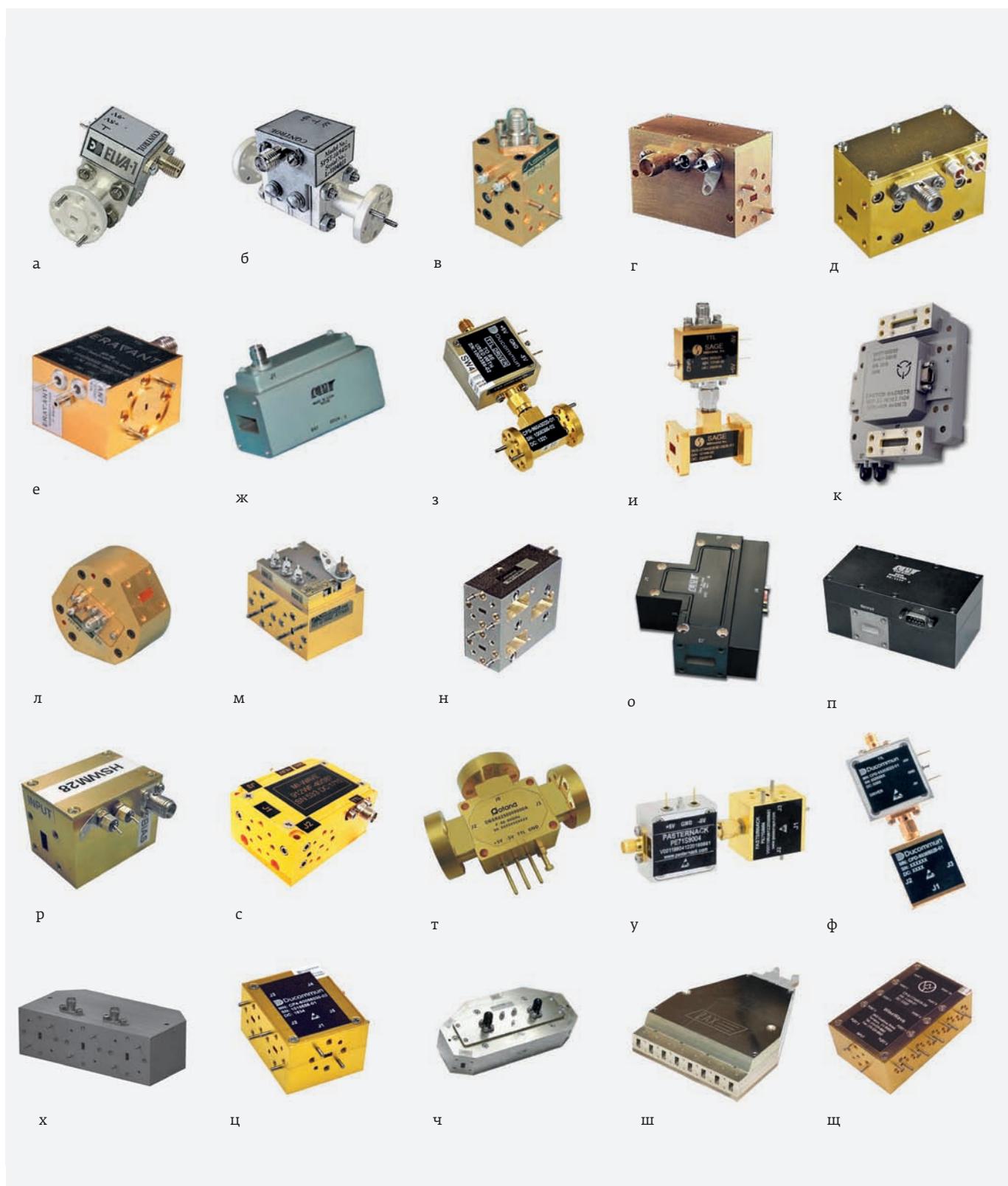


Рис. 1. Конструкции волноводных рpn-диодных переключателей: а-к – SPST; л-ф – SPDT; х-ц – SP3T; ч – SP4T; ш – SP8T; щ – SP10T. Производители: ELVA-1 (а, б); Smiths Microwave (в, л-н, ч); HXI (г, р); Mi-Wave (д, с); Eravant (е, и); CPI (ж, о, п); Ducommun (з, ф, ц, щ); Mercury Systems (к); Qotana Technologies (т); Pasternack (у); QuinStar Technology (х); ZAX Millimeter Wave Corp. (ш)

27 моделей, работающих в диапазонах частот 18,0–26,5; 26,5–40,0; 33–40; 33–43; 33–50; 40–45; 43–47; 45–50; 40–47; 47–53; 53–60; 50–60; 55–75; 57–66; 66–75; 60–89; 60–66; 65–71; 71–76; 76–81; 81–86; 85–90; 75–85; 80–100; 85–92; 92–96; 96–100 ГГц. Вносимые потери в этих переключателях по мере повышения частоты возрастают с 1,8 до 3,0 дБ, а развязка снижается с 30 до 18 дБ.

Полоса рабочих частот во всех диапазонах в изделиях Y-типа не превосходит 10 ГГц. При этом лучшая развязка и меньшие вносимые потери достигаются в более узкополосных переключателях. Времена нарастания и спада в подобных переключателях составляют соответственно 20 и 300 нс. Большие диапазоны рабочих частот (13,5; 20 и 29 ГГц) достигаются в переключателях I-конфигурации (PDT-28-033B0, PDT-15-065B0 и PDT-12-075B0), которые к тому же обеспечивают и меньшие времена переключения (время нарастания $T_r = 10$ нс, время спада $T_f = 10$ нс).

Многопозиционные pin-диодные переключатели типа SP3T и SP4T реализуются в рамках серий PS3 и PS4. Первая представлена четырьмя моделями: PS3-28, PS3-15, PS3-12, PS3-10, рассчитанными на работу в диапазонах частот 26,5–40,0; 50–75; 60–90 и 75–110 ГГц соответственно. Переключатели типа SP4T (модели PS4-28, PS4-22, PS4-19) предназначены для диапазонов частот 26,5–40,0; 33–50 и 40–60 ГГц соответственно. Все многопозиционные устройства имеют вносимые потери 2,4–2,7 дБ, а развязка составляет 20–18 дБ. Времена нарастания и спада в переключателях обоих типов одинаковы (20 и 300 нс соответственно). Большую скорость переключения можно реализовать за счет некоторого увеличения вносимых потерь. Под заказ компания может изготовить переключатели и с большим числом выходов. Чаще всего многопозиционные изделия используются для переключения лучей антенны и в матричных переключателях.

Компания Eravant (ранее Sage Millimeter) представлена на рынке широкой номенклатурой выпускаемых изделий, в том числе и волноводными СВЧ-переключателями. Среди стандартных моделей имеются волноводные отражательные переключатели для диапазонов частот 45–55, 55–65, 75–85 и 90–100 ГГц. Для всех этих диапазонов поставляются SPST (серия SKS) и SPDT (серия SKD) переключатели.

В серии SKS выпускаются отражательные SPST-переключатели для диапазонов частот 45–55, 50–75, 55–65, 60–90, 75–85 и 90–100 ГГц. Вносимые ослабления в таких переключателях находятся в пределах 2,2–2,8 дБ, а развязка равна 25–30 дБ (рис. 2). Во всех моделях этих изделий время переключения составляет 100 нс, а допустимая мощность – 0,25 Вт.

В серии SKD диапазоны рабочих частот отражательных SPDT-переключателей находятся в пределах 45–55, 55–65, 75–85, 90–100 ГГц. Вносимые ослабления в этих изделиях равны 2,5–5,0 дБ. При этом развязка, время переключения

и допустимая входная мощность такие же, как у SPST-переключателей SKS-серии.

Многопозиционные отражательные переключатели SK4-серии предлагаются компанией для диапазонов частот 45–55, 55–65, 50–75 и 72–81 ГГц. Вносимые ослабления в этих изделиях находятся в пределах 5,5–8,0 дБ, развязка равна 30–35 дБ, а время переключения (100 нс) и допустимая входная мощность такие же, как у SPST- и SPDT-переключателей SKS- и SKD-серий.

Во всех трех сериях этих переключателей используются дискретные и интегральные pin-диоды. В переключателях компании Eravant используются как внешние, так и интегрированные в них драйверы.

Отражательные переключатели характеризуются малым вносимым ослаблением, высокой входной мощностью, расширенным диапазоном рабочих частот и малой стоимостью. Наряду с отражательными поставляются и поглощающие переключатели, обеспечивающие более высокую развязку и меньший КСВН в выключенном состоянии. При необходимости отражательные переключатели могут быть трансформированы в поглощающие включением вентиляей.

Помимо стандартных моделей, компания Eravant выпускает и заказные изделия. При заказе SPST-, SPDT- и SP4T-моделей используются следующие обозначения:

- SKS-FIN F2N IL IS-CI CO-XY,
- SKD-FIN F2N IL IS-CI CO-XY,
- SK4-FIN F2N IL IS-CI CO-XY,

где FIN – начальная частота в МГц, например:

$$2 \text{ ГГц} = 2 \cdot 10^3 \text{ МГц} \rightarrow 023 (F1=02, N=3);$$

$$90 \text{ ГГц} = 90 \cdot 10^3 \text{ МГц} \rightarrow 903 (F1=90, N=3);$$

$$F2N – конечная частота в МГц, например:$$

$$18 \text{ ГГц} = 18 \cdot 10^3 \text{ МГц} \rightarrow 183 (F2=18, N=3);$$

$$100 \text{ ГГц} = 10 \cdot 10^4 \text{ МГц} \rightarrow 104 (F2=10, N=4);$$

IL – вносимые потери $\times 10$. Например, 2,0 дБ = 20;

IS – развязка в дБ. Например, 35 дБ = 35;

CI – тип входного соединителя.

Например, K(F) = KF;

CO – тип выходного соединителя.

Например, K(M) = KM;

X – тип переключателя:

«A» – поглощающий, «R» – отражательный;

Y – резерв производителя.

Две серии волноводных переключателей на кремниевых и арсенид-галлиевых pin-диодах с балочными выводами продвигает на рынок компания HXI. В серии HSW представлены восемь моделей SPST-переключателей и одна модель SPDT-переключателя. SPST-переключатели этой серии реализуются для диапазонов частот 18,0–26,5; 22,0–33,0; 26,5–40,0 и 33,0–50,0 ГГц и обладают весьма низкими временами переключения ($T_r = 15$ –20 нс, $T_f = 7$ –8 нс). Единственный SPDT-переключатель этой серии (модель HSW122801), работающий в диапазоне

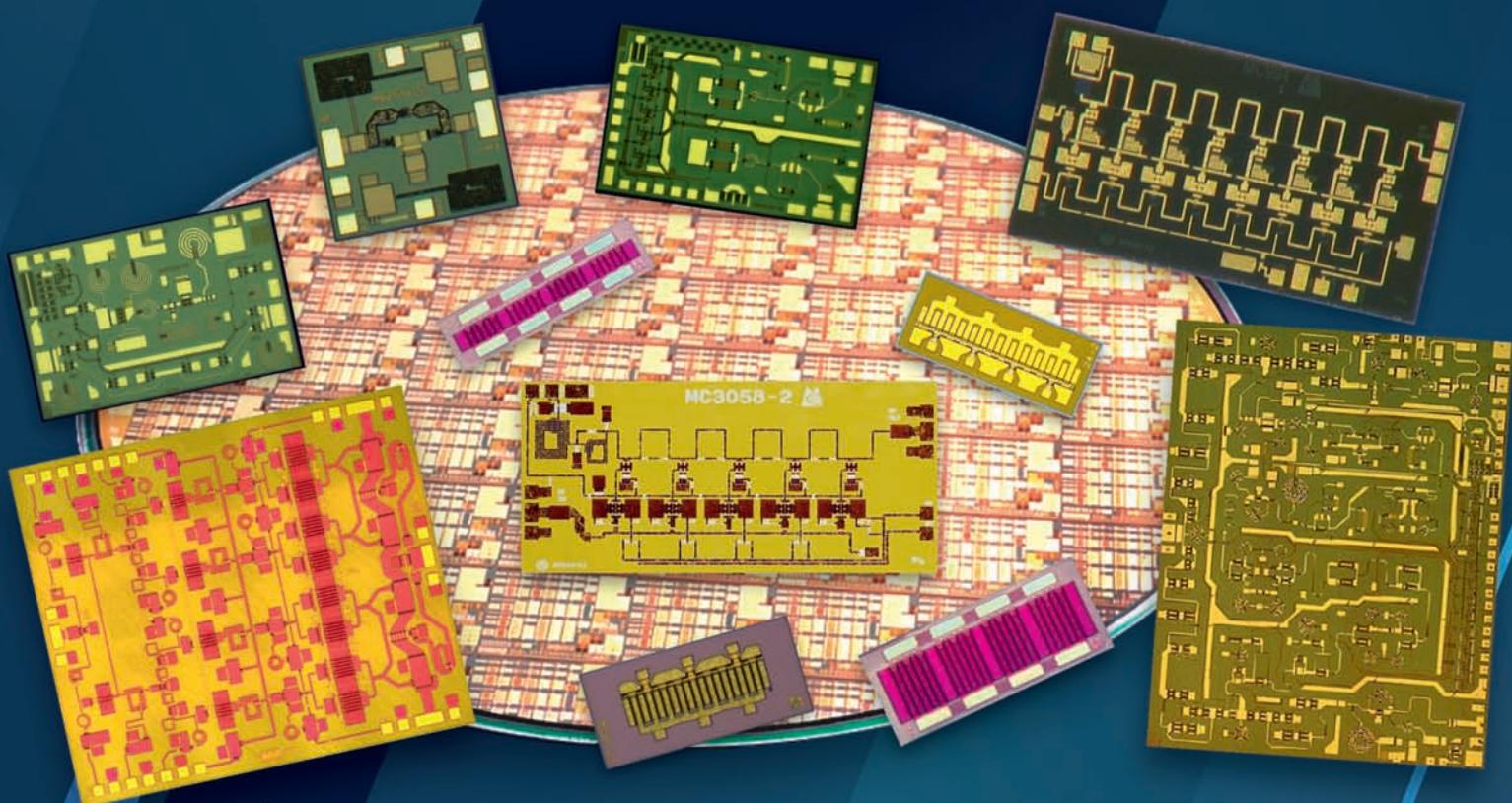


МИКРОВОЛНОВЫЕ
СИСТЕМЫ

ИНТЕЛЛЕКТ • КАЧЕСТВО НАДЕЖНОСТЬ

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО СВЧ GaAs и GaN ТРАНЗИСТОРОВ, МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ И МИКРОМОДУЛЕЙ
- СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СВЧ МОДУЛЕЙ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И БЛОКОВ РЭА
- НАИЛУЧШЕЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНА / КАЧЕСТВО / СРОКИ

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА СЕРТИФИЦИРОВАНА НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ИСО9001



Область применения

- Широкополосная связь и телекоммуникации
- Контрольно-измерительные приборы
- Радиорелейная и спутниковая связь
- Специальная и космическая аппаратура
- Радиолинии «точка-точка», «точка-многоточка»

АО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»

Москва, Щёлковское шоссе, д. 5, стр. 1
Тел.: +7(499) 644-21-03
e-mail: mwsystems@mwsystems.ru
www.mwsystems.ru

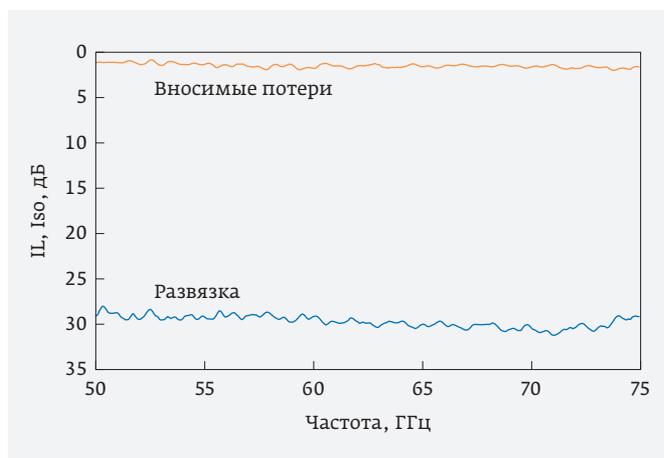


Рис. 2. Зависимости вносимых потерь IL и развязки Iso от частоты в волноводном pin-диодном SPST-переключателе SKS-2037533030-1515-R1 (компания Eravant)

26,5–40,0 ГГц, также имеет малые времена нарастания и спада (15 и 7 нс соответственно).

Серия HSWM представлена шестью волноводными переключателями, рассчитанными на входную мощность 1 Вт. Три из этих волноводных переключателей SPST-типа и три SPDT-типа. Эти переключатели имеют очень малое время переключения ($T_r = T_f = 3$ нс).

Стандартные модели этой серии с временем переключения 3 нс комплектуются TTL-драйверами. Опционально можно заказать изделия с ЭСЛ-драйверами, с уменьшенным до 2 нс временем переключения и увеличенной до нескольких ватт входной мощностью.

Использование кремниевых или арсенид-галлиевых pin-диодов позволяет поставлять переключатели либо с низкими вносимыми потерями, либо с увеличенной развязкой (рис. 3). Высокие характеристики и надежность изделий достигаются, в частности, благодаря золочению внутренней поверхности корпуса переключателя. В рамках серий HSW и HSWM возможна поставка переключателей и с другими диапазонами рабочих частот, например: 33–37 ГГц (HSW2803-xxx), 55–65 ГГц (HSW1501-xxx), 90–98 ГГц (HSW1001-xxx), 93–95 ГГц (HBSW94-xxx).

Многопозиционные устройства производятся компанией в рамках HSWM-серии в соответствии с техническими требованиями заказчиков.

Достаточно широкий набор переключателей для гражданской и военной авиационной техники, радиолокаторов, в том числе автомобильных, телекоммуникационных приложений, спутниковых систем связи, досмотровых комплексов аэропортов, измерительного и тестового оборудования производит компания Discomm, образованная слиянием компаний Dunatech, DBP Microwave и Wisewave Technologies. В числе прочих в продуктовую линейку этой компании входят реализованные на

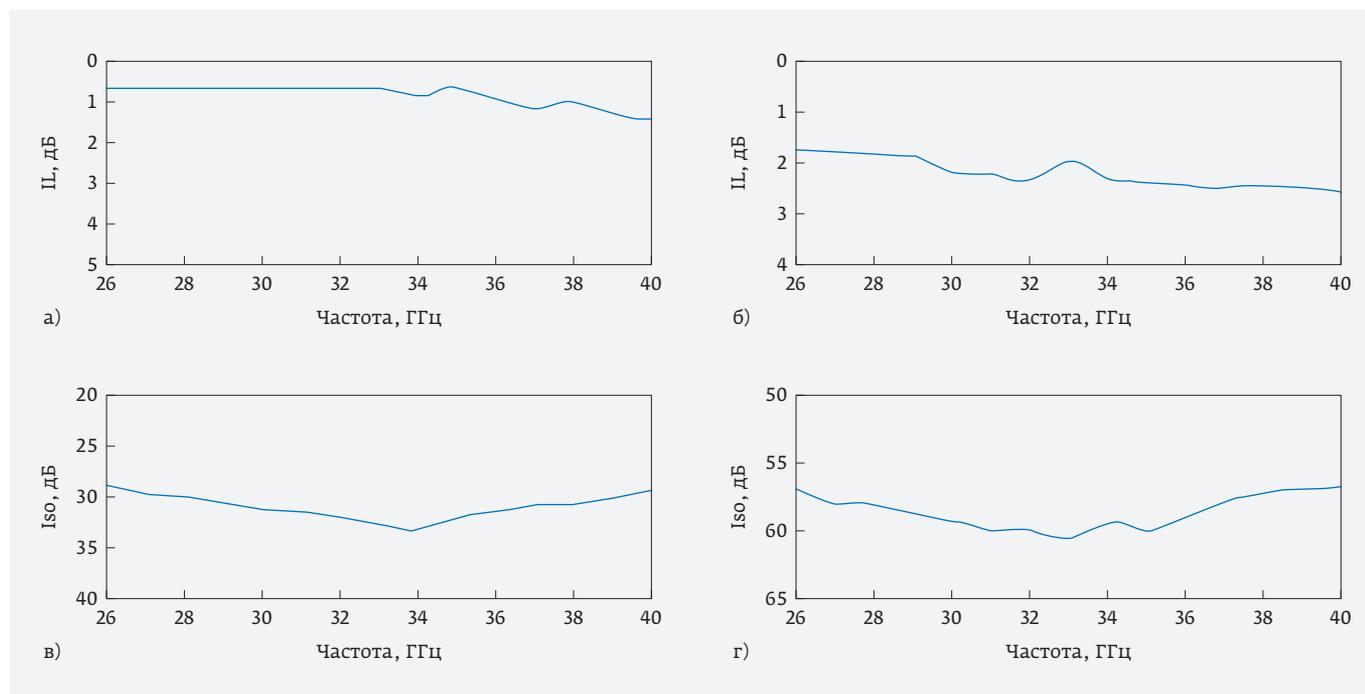


Рис. 3. Зависимости вносимых потерь IL (а, б) и развязки Iso (в, г) от частоты в волноводных SPST-переключателях HSW2801 (а, в) и HSW2803 (б, г), выпускаемых компанией HXI

pin-диодах отражательные волноводные SPST- и SPDT-переключатели V-, E- и W-диапазонов. Уровень вносимых потерь в этих изделиях по мере увеличения частоты меняется от 3 до 5 дБ, а развязка (25 дБ), допустимая входная мощность (0,5 Вт) и время переключения (100 нс) остаются неизменными. Примером такого изделия может служить SPDT-переключатель CPD-93355025-01, работающий в полном волноводном диапазоне 75–110 ГГц, при вносимом ослаблении 5,0 дБ, развязке 25 дБ и времени переключения менее 100 нс. Работой переключателя управляет внешний драйвер (рис. 1ф).

Помимо этого, компания производит и многопозиционные переключатели CP4-60086030-02 (56–64 ГГц), CP4-77305030-D2 (75–78 ГГц) и CP10-77308030-D2 (75–78 ГГц). Вносимые ослабления в этих переключателях не превышают соответственно 6,0; 6,5 и 10 дБ. Развязки во всех случаях не менее 30 дБ, а времена переключения не превосходят 200 нс для первого из переключателей и 150 нс для второго и третьего переключателей. В состав этих переключателей входят встроенные ТТЛ-драйверы.

Специально разработанные фильтрующие цепи снижают уровень видеопросачивания до 20 мВ p-t-p.

Несколько серий (910, 911, 912, 915) отражательных волноводных переключателей на pin-диодах выпускает компания Mi-Wave. Все переключатели включают

в себя интегральные драйверы, хотя могут поставляться и без них.

Наибольший рабочий диапазон частот (18–110 ГГц) обеспечивают переключатели 915-й серии, причем до 75 ГГц они могут работать в полной рабочей полосе используемого волновода, а свыше 75 ГГц – в полосе 10 ГГц. Все остальные переключатели обеспечивают рабочую полосу в 6–10% относительно центральной частоты.

Серии 910, 911, 915 – это SPST-переключатели, серия 912 – SPDT-переключатели. Наименьшее время переключения (10 нс) обеспечивается в SPST-переключателях 911-й серии. Развязка в переключателях разных серий может меняться от 25 до 45 дБ. Однако, заказные изделия в сериях 910, 911, 915 могут обеспечить развязку до 60 дБ.

Типовое значение КСВ в переключателях этой компании равно 1,5. Рабочий диапазон температур и диапазон хранения составляют соответственно 0–60 °С и –55... 125 °С.

Основные применения этих переключателей включают: амплитудную модуляцию, формирование огибающей сигнала, переключение сигналов, защиту входных цепей приемников, обеспечение дуплексной работы.

Одним из крупных производителей является компания QuinStar Technology, продвигающая на рынок три серии изделий на арсенид-галлиевых pin-диодах. SPST- и SPDT-переключатели серий QSS и QSD производятся

Качество высокое Цены низкие

Любые виды заказов:

- СЧОКР • срочные заказы
- единичные/крупносерийные заказы

www.filin-rf.ru

ФИЛИН
Filter Innovations

www.radiocomp.ru

filin-rf@radiocomp.ru

Фильтры на объемных резонаторах

Диапазон частот, ГГц	Полоса пропускания, %	КСВН в полосе пропускания	Гарантированное затухание, дБ	Вносимые потери в полосе пропускания, дБ
1 – 10	до 20	1,2 – 1,8	Определяется отстройкой от номинальной частоты и порядком фильтра	Зависят от порядка фильтра

• Дополнительные полюса затухания для улучшения избирательности • Малые потери в полосе пропускания

BRNX-3770P460-M/M

- ПФ 8 порядка
- Номинальная частота 3770 МГц
- Соединители N-типа

2PNI-7680H200-7/7

- ПФ 2 порядка
- Номинальная частота 7680 МГц
- Для монтажа на печатную плату

4END-7440T140-B/B

- ПФ 4 порядка
- Номинальная частота 7440 МГц
- Соединители SMA

109316, Москва, Волгоградский проспект, 42 +7 495 020 4000 / +7 495 95 777 45

№10 (00231) 2023

ЭЛЕКТРОНИКА НАУКА | ТЕХНОЛОГИЯ | БИЗНЕС 113

для семи диапазонов частот в пределах от 18 до 110 ГГц. Полоса рабочих частот в диапазонах К, Ка, Q и U совпадает с их границами, а в диапазонах V, E и W не превышает 10 ГГц. Время переключения в стандартных моделях равно 250 нс, но в случае необходимости поставляются изделия с временем переключения менее 10 нс.

Эта же компания поставляет и многопозиционные переключатели QSN-серий различных (SP3T–SP8T) конфигураций на частотах до 100 ГГц. Вносимые ослабления и развязки в подобных изделиях зависят от конфигурации и диапазона рабочих частот. Их значения находятся в пределах 1–6 дБ и 20–40 дБ соответственно. В зависимости от частотного диапазона и схемотехники драйвера время переключения в этих изделиях может варьироваться от 10 до 200 нс. Такие многопозиционные изделия идеально подходят для ослабления сигналов, защиты входных цепей приемников, могут быть использованы в антенных переключателях, при различного рода измерениях и в трансиверах для обеспечения режимов прием/передача. Допустимый уровень входной мощности в SPST-переключателях QSS-серии может достигать 1 Вт непрерывной и 10 Вт импульсной мощности.

Компания Pasternack выпускает четыре волноводных отражательных переключателя: PE7IS9001 (SPST), PE7IS9002 (SPDT), PE7IS9003 (SPST) и PE7IS9004 (SPDT), работающих в диапазонах частот 60–90 ГГц и 75–110 ГГц. Время переключения во всех этих изделиях не превышает 300 нс (рис. 4).

Вносимое ослабление не превосходит 5,5 дБ в SPST-изделиях и 7 дБ в SPDT-изделиях. Минимальная развязка во всех переключателях равна 20 дБ. Переключатели изготавливаются по военным стандартам и рассчитаны

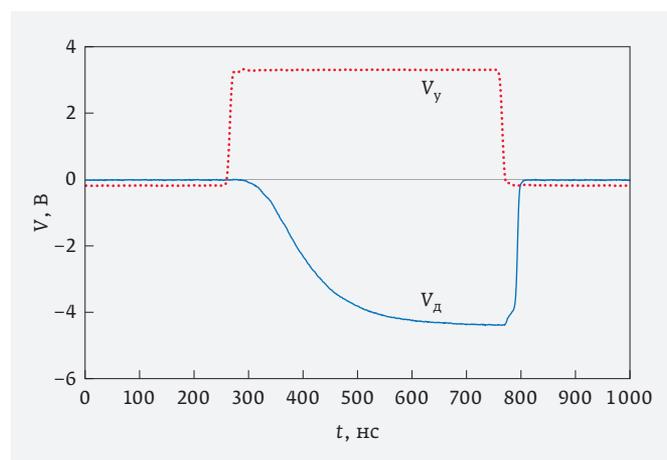


Рис. 4. Оциллограммы управляющего (V_y) и продектированного выходного (V_d) сигналов в волноводном переключателе PE7IS9004 (компания Pasternack)

на диапазон рабочих температур $-55...85^{\circ}\text{C}$. Отметим, что точно такие же переключатели, но с другими названиями (FMSW9001, FMSW9002, FMSW9003 и FMSW9004) продвигает на рынок компания Fairview Microwave.

По рекламным данным компания Pasternack выпускает также волноводные DPDT-переключатели. Однако data sheets на эти изделия на сайте компании отсутствуют.

Для систем РЭБ, связанных и радиолокационных военных комплексов выпускает волноводные SPST-, SPDT- и SPMT-переключатели компания CPI. В состав переключателей при необходимости может входить встроенный драйвер. Режим переключения в этих изделиях может быть как холодным, так и горячим. Входная мощность в этих переключателях достигает весьма больших значений (табл. 1). Так, в волноводном SPDT-переключателе BLP2084 пиковое значение входной мощности может достигать 3000 Вт при условии, что длительность входных импульсов не превосходит 40 мкс при скважности $Q < 10\%$. В узком диапазоне рабочих частот переключатели компании обеспечивают вносимые потери менее 1,2 дБ и развязку 70 дБ.

Большое число отражательных и поглощающих волноводных переключателей различных конфигураций (SPDT, SP3T, ..., SP8T и др.), работающих на частотах от 18 до 110 ГГц, производит компания CERNEX. В К- и Ка-диапазонах рабочая полоса частот совпадает с границами этих диапазонов, а в Q-, U-, V-, E- и W-диапазонах не превосходит 10 ГГц. Вносимое ослабление меняется от 1,2 до 2,5 дБ в SPST-переключателях и от 1,8 до 3,0 дБ в SPDT-изделиях. Стандартное значение развязки равно 20 дБ, но при заказе могут быть поставлены изделия с развязкой до 100 дБ. Время переключения составляет 100–250 нс.

В семи волноводных диапазонах (18–110 ГГц) выпускает SPST- и SPDT-переключатели компания MRI. В пяти из них продукция поставляется для полных волноводных диапазонов, а в диапазонах 60–90 и 75–110 ГГц полоса рабочих частот не превышает 15% от ширины диапазона. Изделия компании MRI отличаются малыми вносимыми ослаблениями от 1,0 до 3,5 дБ. Время переключения во всех моделях составляет 250 нс.

Наряду с широкой номенклатурой коаксиальных СВЧ-переключателей компания RF-Lambda производит модель волноводного pin-диодного переключателя, рассчитанного на использование в диапазоне 60–90 ГГц. В этом диапазоне достигаются: вносимое ослабление 4,0–5,5 дБ, развязка 35–27 дБ, входная мощность 0,2 Вт, ИРЗ = 45 дБм и время переключения 100 нс. При этом в широком диапазоне температур зависимости $IL(f)$ и $Iso(f)$ остаются практически неизменными (рис. 5). При необходимости производитель обеспечивает герметичность изделий. Отметим, что практически такой же переключатель поставляет и китайская компания Qotana Technologies.

В девяти волноводных диапазонах (18–150 ГГц) SPST-переключатели, обеспечивающие работу в 10%-ной полосе



22-31
десятилетие
науки и технологий

23—26 апреля 2024

СВЯЗЬ

36-я международная
выставка «Информационные
и коммуникационные технологии»

Экспозиция «Навитех» —
«Навигационные системы, технологии и услуги»

www.sviaz-expo.ru



Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



12+

Реклама

Организатор



При поддержке



Под патронатом



В рамках



Таблица 1. pin-диодные волноводные переключатели

Компания	Модель	Тип ПК	Диапазон частот, ГГц	$P_{вх. н.},$ Вт	$P_{вх. имп.},$ Вт	IL, дБ	Iso, дБ	$T_{п},$ нс	$T_{г},$ нс	$T_{г},$ нс
CPI	MA32032	SPST	10,25-10,50	0,35	-	<1,2	70	<250	-	-
HXI	HSWM24201	SPST	18,0-26,5	1,00	-	1,5	30	-	3	3
MRI	SPSTK	SPST	18,0-26,5	-	-	<1,0	>20	250	-	-
QuinStar Technology	QSS-серия	SPST	33,0-50,0	1,0	10	<10	>2,3	250	-	-
Ducommun	CPS-63253025-01	SPST	50,0-75,0	0,50	-	3,0	25	<100	-	-
Pasternack	PE71S9001	SPST	60,0-90,0	-	-	<4,5	>20	<300	-	-
Eravant	SKS-9031042825-1010-R1	SPST	90,0-100,0	0,25	-	2,8	25	100	-	-
ELVA-1	SPST-10/94	SPST	75,0-110,0	-	1	1,0	30	4-6	-	-
Smiths Microwave	PSP-10	SPST	75,0-110,0	0,25	4	<2,2	>20	-	20	150
ELVA-1	SPST-06	SPST	110,0-150,0	<0,80	-	1,5	>30	4-6	-	-
CPI	BLP2084	SPDT	9,2-9,8	-	3000	1,0	40	$3 \cdot 10^4$	-	-
HXI	HSWM22801	SPDT	26,5-40,0	<1,00	-	2,0	28	-	3	3
Eravant	SKD-4535532525-1919-R1	SPDT	45,0-55,0	0,25	-	2,5	25	100	-	-
QuinStar Technology	QSD-серия	SPDT	50,0-75,0	0,50	-	<2,5	>20	250	-	-
RF-Lambda	RFSP2TR6090GW12	SPDT	60,0-86,0	0,20	-	4,5-5,5	35-27	100	-	-
Smiths Microwave	PDT-12-075B0	SPDT	60,0-89,0	-	-	2,5	30	-	10	10
Qotana Technologies	DBSR0250009000A	SPDT	60,0-90,0	<0,20	-	3,5-5,5	35-27	100	-	-
CERNEX	C2TR901003525S	SPDT	90,0-100,0	0,25	-	2,5-3,0	>20	<100	-	-
Pasternack	PE71S9004	SPDT	75,0-110,0	-	-	5,5	>20	<300	-	-
Ducommun	CPD-93355025-01	SPDT	75,0-110,0	<0,50	-	5,0	25	<100	-	-
MRI	SPDTW	SPDT	75,0-110,0	-	-	<3,5	>19	250	-	-
CERNEX	C3TR74805024TY	SP3T	74,0-90,0	0,20	-	2,5-3,0	20	100-250	-	-
Smiths Microwave	PS3-12	SP3T	60,0-90,0	0,50	10	2,5	20	-	20	300
CERNEX	C4TR33505030S	SP4T	33,0-50,0	0,25	-	1,8-2,2	20	100-250	-	-
Smiths Microwave	PS4-19	SP4T	40,0-60,0	0,50	10	2,4	20	-	20	300
Eravant	SK4-5536536535-1515-R1	SP4T	55,0-65,0	0,10	-	6,5	35	100	-	-
Ducommun	CP4-77305030-D2	SP4T	75,0-78,0	-	-	<6,5	>30	<150	-	-
Ducommun	CP10-77308030-D2	SP10T	75,0-78,0	-	-	<10,0	>30	<150	-	-
HXI	HBSW94	-	93,0-95,0	10	1000	1,0	35	-	-	-



МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2024

29 мая – 1 июня
ПАТРИОТ ЭКСПО

ОРГАНИЗАТОР
САЛОНА



МЧС РОССИИ

ОПЕРАТОР
САЛОНА



МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ

www.isse-russia.ru



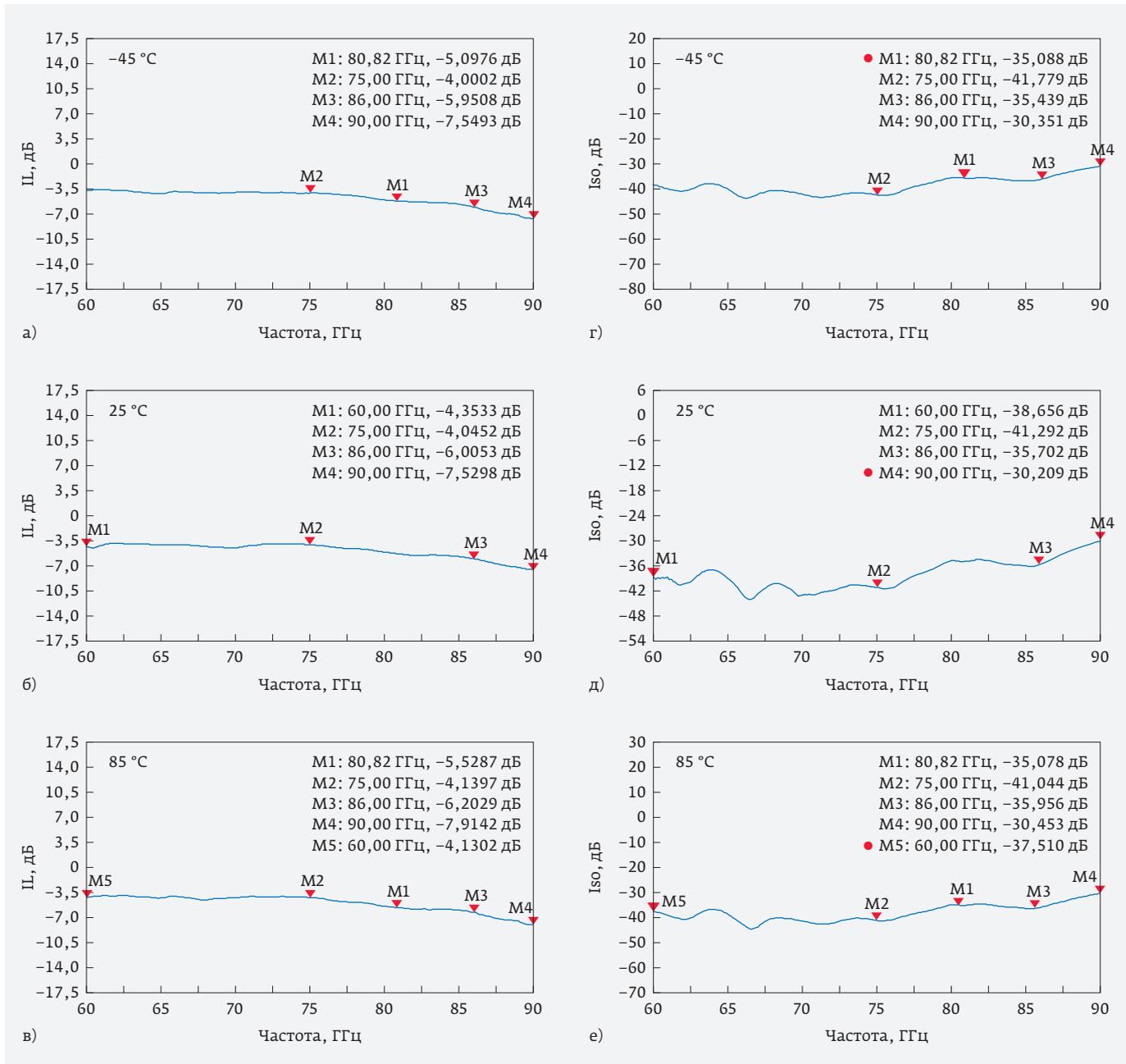


Рис. 5. Зависимости вносимых потерь IL (а, б, в) и развязки Iso (г, д, е) от частоты при различных температурах окружающей среды в волноводном переключателе RFSP2TR6090GW12 (компания RF-Lambda): а, г – -45 °C; б, д – 25°C; в, е – 85 °C

относительно центральной частоты, производит компания ELVA-1. Низкие вносимые потери и достаточно высокая развязка (рис. 6) свидетельствуют о высоком качестве изделий. Встроенные драйверы обеспечивают время переключения 4–6 нс. Развязка в 60 дБ за счет увеличения числа ступеней (рис. 16) может быть реализована по желанию заказчика.

Чрезвычайно широкие полосы рабочих частот (35–50, 40–60, 50–75, 60–90, 75–110, 90–140, 110–170, 140–220 ГГц)

обеспечивают волноводные pin-диодные переключатели, производимые компанией ZAX Millimeter Wave Corp. Линейка продукции, выпускаемой этой фирмой, включает и многопозиционные переключатели (рис. 1ш). Время переключения в этих изделиях не превышает 100 нс.

Волноводный SPST-переключатель на pin-диодах, отличающийся оригинальным конструктивным исполнением (рис. 1к), предлагает компания Mercury Systems.

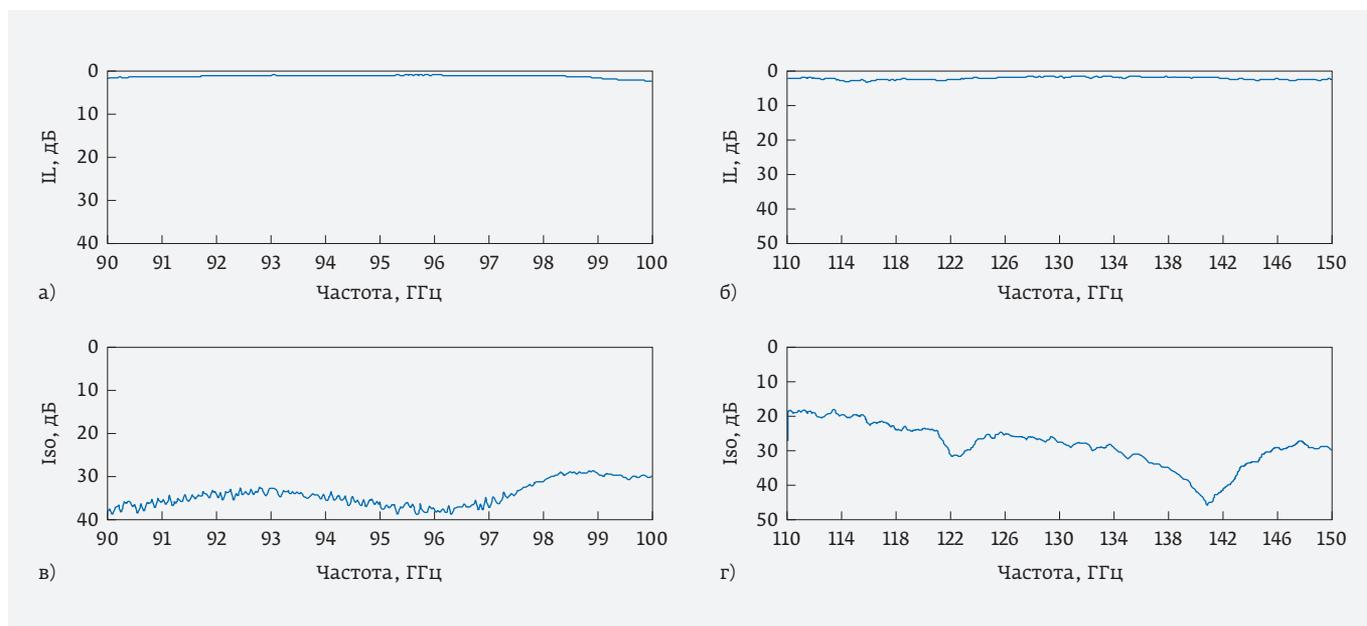
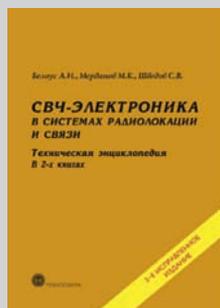


Рис. 6. Зависимости вносимых потерь IL (а, б) и развязки Iso (в, г) в SPST-переключателях SPST-10/94 (а, в) и SPST-06 (б, г), выпускаемых компанией ELVA-1

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена за два тома
2420 руб.

СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМАХ РАДИОЛОКАЦИИ И СВЯЗИ. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

Издание 3-е, исправленное. В 2-х книгах

Белоус А. И., Мерданов М. К., Шведов С. В.

Впервые в отечественной научно-технической литературе в объеме одной книги детально рассмотрены теоретические основы, физические механизмы и принципы работы всех известных СВЧ-приборов и типовых устройств на их основе, методы расчета и конструирования, базовые технологические, схмотехнические и конструктивные особенности каждого класса СВЧ-приборов, а также наиболее распространенных технических решений радиоэлектронных систем на их основе – от РЛС и телекоммуникационных устройств различного назначения до СВЧ-оружия наземного и космического применения. Энциклопедия оформлена в двух книгах и содержит 18 глав.

Книга 1.
М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. — 782 с.,
ISBN 978-5-94836-605-0
Цена 1210 руб.

Книга 2. М.:
ТЕХНОСФЕРА, 2021. — 702 с.,
ISBN 978-5-94836-606-7
Цена 1210 руб.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru