

# СВЧ-переключатели, управляемые по интерфейсам USB, SPI и Ethernet

В. Кочемасов, к. т. н.<sup>1</sup>

УДК 621.389 | ВАК 2.2.2

Ряд компаний производит СВЧ-переключатели, которые управляются по интерфейсам USB, SPI и Ethernet. Подобные устройства находят применение при разработке, испытаниях и тестировании различного рода изделий в лабораторных, полевых и промышленных условиях. В статье рассматриваются особенности и характеристики СВЧ-переключателей с управлением по USB-, SPI- и Ethernet-интерфейсам, выпускаемых разными производителями.

СВЧ-переключатели, программируемые по интерфейсам USB, SPI и Ethernet, предлагают компании Vaunix, Telemakus, PMI, Pasternack, RF-Lambda, Qotana Technologies, Mini-Circuits, ETL, Corry Micronics, Ranatec (табл. 1, 2). Управление этими переключателями выполняется с помощью графического интерфейса пользователя (Graphic User Interface, GUI), совместимого с операционной системой Windows или другими специальными программами. Для хранения подобных программ используется флеш-память, объем которой, например в переключателях компании Telemakus, достигает 0,5 Гбайт. По интерфейсу USB на переключатели, кроме того, подается питающее напряжение. В настоящее время на рынке представлены устройства типа SPST, SPDT, SP3T, SP4T, SP5T, SP6T, SP7T, SP8T, SPI0T, SPI6T, DP8T (рис. 1).

Три модели SPDT-переключателей с USB-управлением производит компания Telemakus. Два из этих переключателей (TES3000-60 и TES7000-50 (рис. 1а)) – поглощающие, а один (TES6000-30) – отражательный. Последняя цифра в названии всех трех моделей соответствует достигаемой развязке (Iso). Вносимые потери (IL) во всех переключателях находятся в пределах от 1 до 3 дБ (табл. 1). В состав поставляемых изделий входит флеш-память, используемая для инсталляции и хранения тестовых файлов и другой необходимой информации.

В материалах компании приводится пример использования USB SPDT переключателя для формирования частотно-манипулированных сигналов на его общем выходе  $J_0$  при подаче на порты  $J_1, J_2$  различных по частоте колебаний (рис. 2а), а также для формирования на выходе  $J_2$  амплитудно-модулированных сигналов из колебания генератора, поступающего на порт  $J_0$  (рис. 2б). В паузе

между радиоимпульсами колебания через порт  $J_1$  подключаются к нагрузке НГ.

В числе первых на рынке появились USB-переключатели PE7IS3900 (компании Pasternack) и P2T-500M40G-USB (компании PMI), отличающиеся широким диапазоном частот (0,5–40,0 ГГц) и развязкой до 60 дБ (рис. 1б, в соответственно).

Управление через USB и Ethernet обеспечивается также в поглощающем переключателе DCR-8 компании Corry Micronics (табл. 1, рис. 1г), предназначенном для работы в диапазоне частот 0,02–18,0 ГГц. Вносимые потери и развязка составляют 4 и 80 дБ соответственно.

Два «умных» переключателя SP4T (рис. 1д) и SP8T с управлением по Ethernet разработаны английской компанией ETL. Эти изделия (табл. 1) предназначены для работы в диапазоне частот 850–2150 МГц.

Компания Mini-Circuits производит SPDT, SP4T, SP8T, SPI6T СВЧ-переключатели с управлением по USB и SPI0T-переключатели, управляемые по SPI (рис. 1е–к). Наиболее широкополосным среди выпускаемых Mini-Circuits USB/SPI СВЧ-переключателей является изделие USB-ISP2T-673 (табл. 1, рис. 1е), реализованное на отражательном SPDT-переключателе. Все порты переключателя  $J_0, J_1, J_2$  выполнены 50-омными. Вносимое ослабление и развязка в полном диапазоне частот 0,1–67,0 ГГц изменяются весьма существенно (рис. 3). Ряд USB-изделий компании Mini-Circuits реализованы на поглощающих переключателях, схемы которых отличаются только числом портов (рис. 4). В переключателе USB-ISP8T-183 вносимое ослабление и развязка с изменением частоты меняются весьма значительно (рис. 5а–г), а развязка в отдельных случаях зависит весьма сильно от температуры окружающей среды (рис. 5д, е).

Наиболее представительную линейку СВЧ-переключателей, управляемых по USB- и Ethernet-интерфейсам, производит компания RF-Lambda (табл. 2, рис. 1л–п). Общее число таких переключателей – 165 шт., в том числе

<sup>1</sup> ООО «Радиокомп», генеральный директор, vkochemasov@radiocomp.ru.

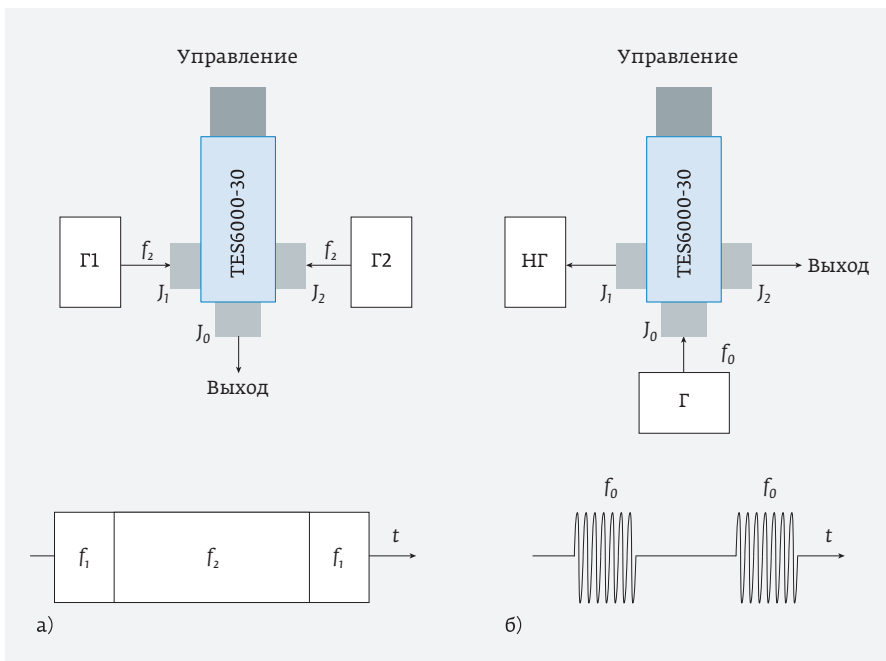


**Рис. 1.** Конструкции переключателей, управляемых по интерфейсам USB, SPI и Ethernet: а – TES7000-50 (Telemakus); б – PE71S3900 (Pasternack); в – P2T-500M40G-USB (PMI); г – DCR-8 (Corry Micronics); д – CST-POE-SW04-1082 (ETL); е–к – USB-1SP2T-673, USB-1SP4T-183, USB-1SP8T-183, SPI-SPI0T-63, USB-1SP16T-83H (Mini-Circuits); л–п – RFSP2TA3090GUSB, RFSP3TA0006GUSB, RFSP4TA0218GUSBK, RFSP6TA5M04GUSB, RFSP8TA0118GUSB (RF-Lambda); р – DBSA0802005000B (Qotana Technologies); с–у – LSW-602PDT, LSW-602P4T, LSW-802P4T (Vaunix); ф – RI 2582 (Ranatec)

SPST – 25 шт., SPDT – 29 шт., SP3T – 17 шт., SP4T – 26 шт., SP5T – 17 шт., SP6T – 17 шт., SP7T – 14 шт., SP8T – 19 шт., SPI0T – 1 шт. Границы рабочих частот этих изделий лежат в пределах от 0,015–0,035 ГГц (модель RFSP2TA1535MUSB) до 30,0–90,0 ГГц (модель RFSP2TA3090GUSB). Допустимая входная мощность этих переключателей находится в пределах 0,2–1,0 Вт, вносимое ослабление составляет 0,5–12,0 дБ, развязка 80–40 дБ, а время переключения в отдельных моделях не превышает 50 нс. Почти все переключатели, выпускаемые этой компанией, управляются по USB- и Ethernet-интерфейсам и лишь несколько моделей только по USB.

Близкие по исполнению и характеристикам переключатели выпускает также компания Qotana Technologies (табл. 1, рис. 1р), вышедшая на рынок с линейкой USB-переключателей SPST–SP8T конфигураций. Большая часть этих изделий обеспечивает малое (<500 нс) время коммутации, значительную (60–80 дБ) развязку, а в отдельных случаях и достаточно высокий (до 100 Вт) уровень коммутируемой мощности. Некоторые из этих моделей работают в диапазонах частот до 50 ГГц.

СВЧ-переключатели компании Vaunix (рис. 1с–у) выпускаются под торговой маркой Lab Brick в прочных алюминиевых корпусах в двух конфигурациях: SPDT и SP4T.



**Рис. 2.** Схемы включения и временные диаграммы, поясняющие работу программируемого по USB переключателя в режимах формирования частотно-манипулированных (а) и амплитудно-модулированных (б) сигналов

Через USB-порт на них подаются управляющие сигналы и напряжение питания. Управление этими переключателями может осуществляться вручную или с персонального компьютера с помощью прилагаемого программного обеспечения, реализующего графический пользовательский интерфейс.

В наиболее «продвинутом» СВЧ-переключателе LSW-802P4T (табл. 1, рис. 1у) обеспечивается значительный уровень развязки (90 дБ), малое время переключения (50 нс) и уровень допустимой входной мощности 8 Вт. Наряду с 50-Ом моделями LSW-502PDT, LSW-602PDT, LSW-502P4T, LSW-602P4T и LSW-802P4T выпускаются и 75-Ом изделия LSW-102PDT-75F и LSW-102P4T-75F. Вносимое ослабление и развязка между портами этих переключателей весьма сильно зависят от частоты входного сигнала (рис. 6а, б).

**Таблица 1.** Переключатели, управляемые по интерфейсам USB и SPI

Фирма	Модель	Тип	Диапазон частот, ГГц	$P_{вх.}$ , Вт	IL, дБ	Iso, дБ	$T_{п.}$ , мкс
Vaunix	LSW-102PDT-75F	SPDT	0,01-1,0	<10,0	3,5	65	<0,3
Telemakus	TES3000-60	SPDT	0,05-3,0	100,0	<1,0	60	2
Vaunix	LSW-502PDT	SPDT	0,1-5,0	15,8 ( $P_{1дБ}$ )	1,5	70	0,09
Telemakus	TES6000-30	SPDT	0,1-6,0	2,0 ( $P_{0,1дБ}$ )	<2,0	30	0,033
Vaunix	LSW-602PDT	SPDT	0,01-6,0	<10,0	3,5	65	<0,3
Telemakus	TES7000-50	SPDT	0,1-7,0	2,0 ( $P_{0,1дБ}$ )	<3,0	50	0,033
Pasternack	PE71S3900	SPDT	0,5-18,0	<0,1	<6,0	>60	6
Qotana Technologies	DBSA0200802000C	SPDT	0,8-20,0	1,0 ( $P_{0,1дБ}$ )	1,6-2,7	70-65	0,5
PMI	P2T-500M40G-USB	SPDT	0,5-40,0	<0,1	<6,0	>60	<6
Qotana Technologies	DBSA0200504350C	SPDT	0,5-43,5	0,2 ( $P_{1дБ}$ )	2,0-4,5	85-55	0,5
Mini-Circuits	USB-1SP2T-673	SPDT	0,1-67,0	0,5	1,1-5,1	45-27	2000
Vaunix	LSW-102P4T-75F	SP4T	0,01-1,0	<10,0	3,5	60	<0,3

Таблица 1. Продолжение

Фирма	Модель	Тип	Диапазон частот, ГГц	$P_{вх.}$ , Вт	IL, дБ	Iso, дБ	$T_n$ , мкс
ETL	CST-POE-SW04-1082	SP4T	0,85-2,15	<0,01	<5,0	>65	-
Vaunix	LSW-502P4T	SP4T	0,1-5,0	15,8 ( $P_{1дБ}$ )	1,5	60	<0,09
Vaunix	LSW-602P4T	SP4T	0,01-6,0	<10,0	3,5	60	<0,3
Vaunix	LSW-802P4T	SP4T	0,1-8,0	5,0	2,5-4,5	90	<0,05
Qotana Technologies	DBSA0402001800U	SP4T	2,0-18,0	1,0 ( $P_{0,1дБ}$ )	1,6-2,7	70-60	0,1
Mini-Circuits	USB-1SP4T-183	SP4T	0,1-18,0	0,5	2,5-4,5	70-60	2000
ETL	CST-POE-SW08-1083	SP8T	0,85-2,15	<0,01	<6,0	>65	-
Mini-Circuits	USB-1SP8T-63H	SP8T	0,01-6,0	3,1	3,2-5,8	100-60	2
Mini-Circuits	USB-1SP8T-183	SP8T	0,1-18,0	0,5	3,0-5,7	75-60	2000
Corry Micronics	DCR-8	SP8T	0,02-18,0	0,2	4,0	>80	1
Qotana Technologies	DBSA0802005000B	SP8T	2,0-50,0	0,2 ( $P_{0,1дБ}$ )	5,5-10,5	70-50	0,5
Mini-Circuits	USI-SP10T-63	SP10T	0,001-6,0	0,5	-	80	6
Mini-Circuits	USB-1SP16T-83H	SP16T	1,0-8,0	1,6	5,5-9,5	100-78	2
Ranatec	RI 2582	DP8T	0,1-4,8	0,4	<4,8	>70	-

Широкими функциональными возможностями обладает переключатель RI 2582 компании Ranatec (см. рис. 1ф), обеспечивающий подключение каждого из двух входов к любому из восьми выходов. Управление

переключателем осуществляется по интерфейсам USB, I<sup>2</sup>C и LAN.

В заключение отметим, что рассмотренные здесь переключатели отличаются относительно низкой стоимостью.

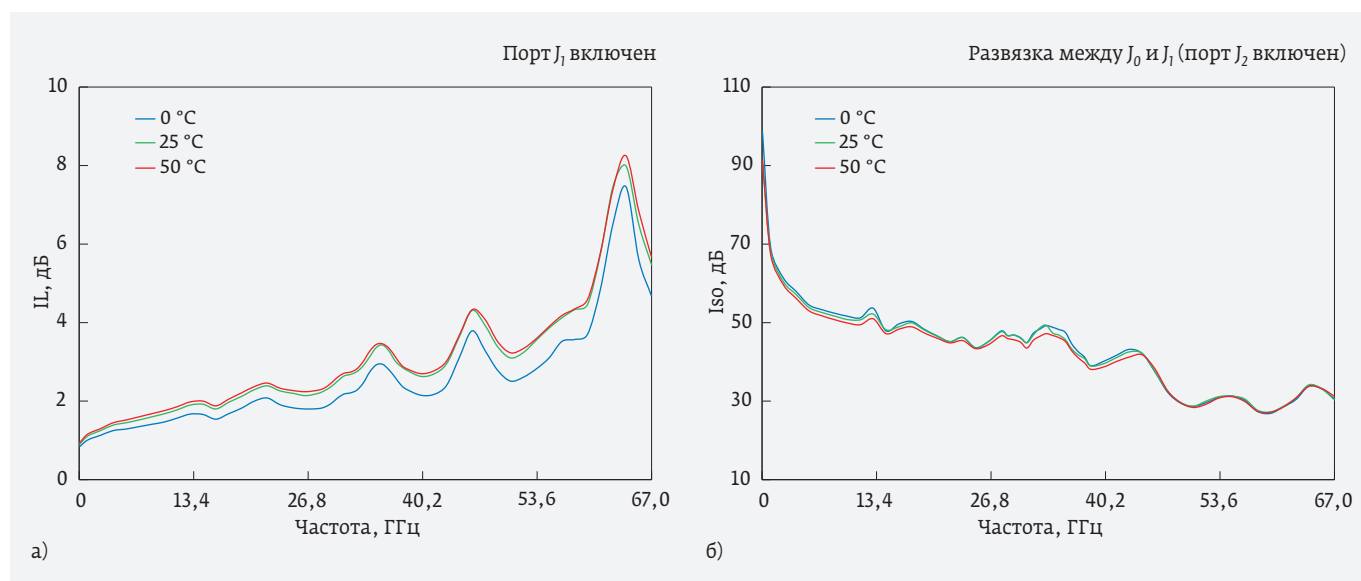


Рис. 3. Вносимые потери IL (а) и развязка Iso (б) в переключателе USB-1SP2T-673



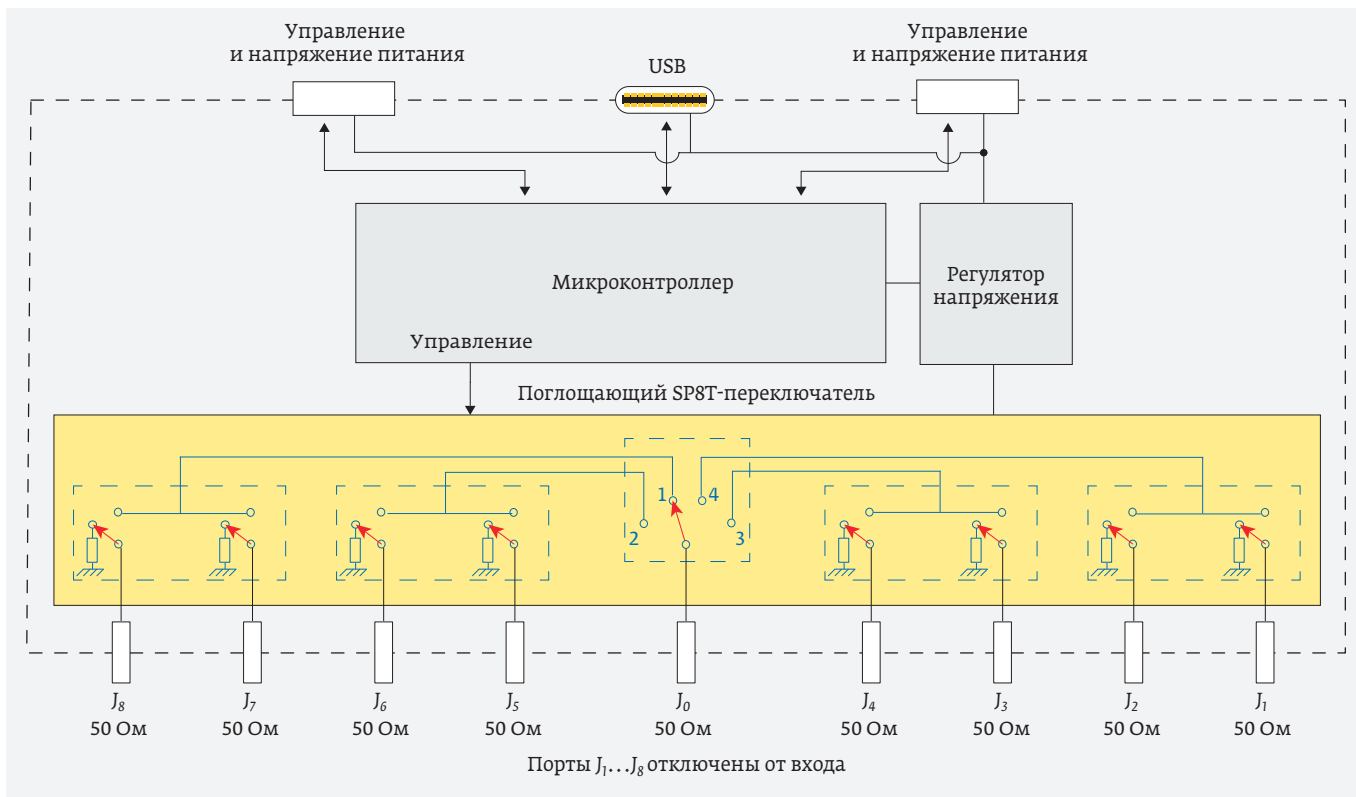


Рис. 4. Структурная схема переключателя USB-1SP8T-183

**Качество высокое  
Цены низкие**

Любые виды заказов:  
• СЧОКР • срочные заказы  
• единичные/крупносерийные заказы

[www.filin-rf.ru](http://www.filin-rf.ru)  
**ФИЛИН**  
filter innovations  
[www.radiocomp.ru](http://www.radiocomp.ru)  
[filin-rf@radiocomp.ru](mailto:filin-rf@radiocomp.ru)

**Фильтры на сосредоточенных элементах**

Диапазон частот, МГц	Полоса пропускания, %	КСВН в полосе пропускания	Гарантированное затухание, дБ	Вносимые потери в полосе пропускания, дБ
1 – 3 000	1 – 150	1,5 – 2,0	Определяется отстройкой от номинальной частоты и порядком фильтра	Зависят от порядка фильтра



**ZNNK-P1400-B/B**

- ФНЧ 3 порядка
- Частота среза 1400 МГц
- Сверхмалые потери в полосе пропускания (до 0,3 дБ)
- Допустимая мощность 125 Вт



**SCN7-525H250-4/4**

- ПФ 5 порядка
- Номинальная частота 525 МГц
- Негерметичный корпус
- Под поверхностный монтаж
- Масса изделия менее 5 г



**9NSG7-T530.5-8/8**

- ФНЧ 9 порядка
- Частота среза 530,5 МГц
- Герметичный корпус
- Под поверхностный монтаж
- Срок службы изделия – 20 лет

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

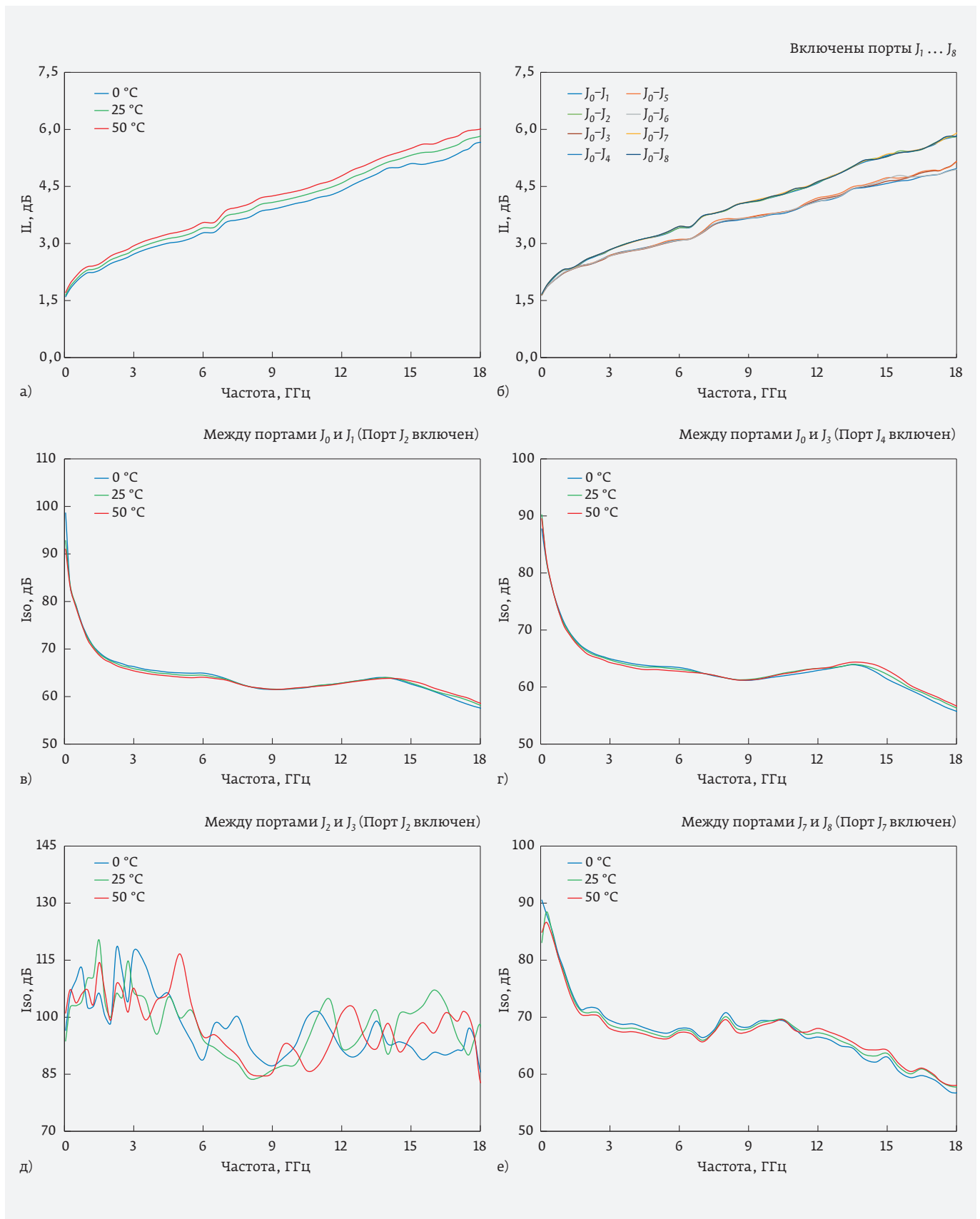
Рис. 5. Вносимые потери  $IL$  (а, б) и развязка  $Iso$  (в-е) в переключателе USB-1SP8T-183

Таблица 2. СВЧ-переключатели компании RF-Lambda с USB- и Ethernet-управлением

Модель	Тип	Диапазон частот, ГГц	$P_{вх.}$ , Вт	IL, дБ	Iso, дБ	$T_p$ , мкс
RFSPSTA0004GUSB	SPST	0,5-4,0	<1,0	<1,0	>80	0,1
RFSPSTA0220GUSB	SPST	2,0-20,0	<1,0	<2,0	>70	0,05
RFSPSTA5M50GUSB	SPST	0,05-50,0	<0,5	<4,0	>60	0,1
RFSP2TA0002MUSB	SP2T	0,001-0,2	<1,0	<1,3	>70	0,25
RFSP2TA0612GUSB	SP2T	6,0-12,0	<1,0	<1,5	>80	0,05
RFSP2TA3090GUSB	SP2T	30,0-90,0	<0,5	4,5	>40	0,1
RFSP3TA0106MUSB	SP3T	0,1-0,6	<1,0	<0,5	>70	0,2
RFSP3TA0220GUSB	SP3T	2,0-20,0	<1,0	<3,6	>60	0,05
RFSP3TA5M50GUSB	SP3T	0,05-50,0	<0,5	<4,5	>60	0,1
RFSP4TA0208GUSB	SP4T	2,0-8,0	<1,0	<2,4	>60	0,05
RFSP4TA3033GUSB	SP4T	30,0-33,0	<0,2	<5,0	>50	$2 \cdot 10^5$
RFSP4TA0250GUSB	SP4T	2,0-50,0	<0,5	<4,0	>50	0,05
RFSP5TA0002MUSB	SP5T	0,001-0,200	1,0	1,6	70	-
RFSP5TA0012GUSB	SP5T	0,02-18,00	1,0	2,0	60	-
RFSP5TA5M50GUSB	SP5T	0,1-50,0	0,5	7,0	60	-
RFSP6TA5M04GUSB	SP6T	0,5-6,0	<1,0	<2,5	>60	-
RFSP6TA50118GUSB	SP6T	1,0-18,0	<1,0	<3,7	>60	-
RFSP6TA5M50GUSB	SP6T	0,1-50,0	<0,2	<10,0	>50	-
RFSP7TA0204GUSB	SP7T	2,0-4,0	1,0	1,6	80	-
RFSP7TA0220GUSB	SP7T	2,0-20,0	1,0	4,4	60	-
RFSP7TA5M43GUSB	SP7T	0,5-43,5	0,5	7,0	60	-
RFSP8TA0408GUSB	SP8T	4,0-8,0	1,0	2,0	70	-
RFSP8TA0118GUSB	SP8T	1,0-18,0	<1,0	<4,0	>60	-
RFSP8TA5M43GUSB	SP8T	0,5-43,5	<0,2	<9,0	>60	-
RFSP10TA0250GUSB	SP10T	2,0-50,0	<0,2	<12,0	50-45	-

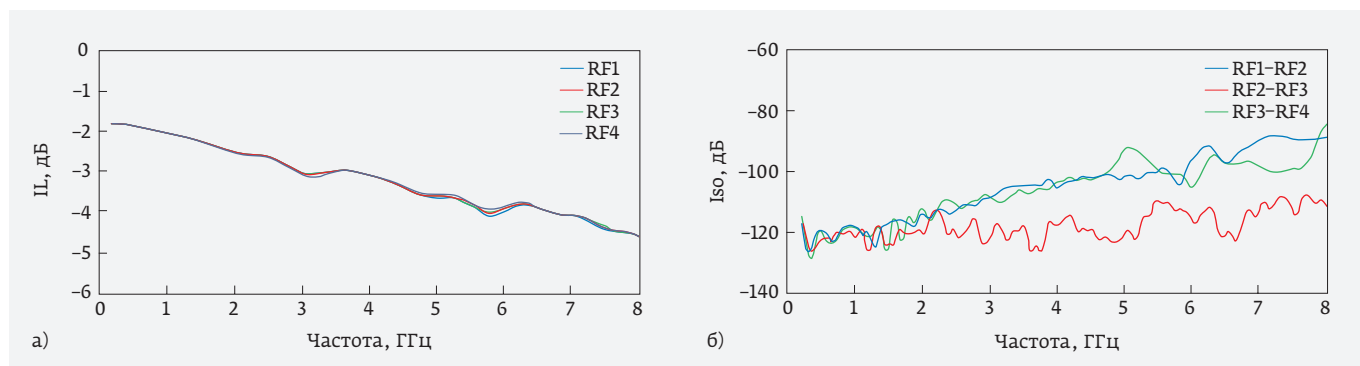


Рис. 6. Вносимые потери IL (а) и развязка Iso (б) в переключателе LSW-802P4T



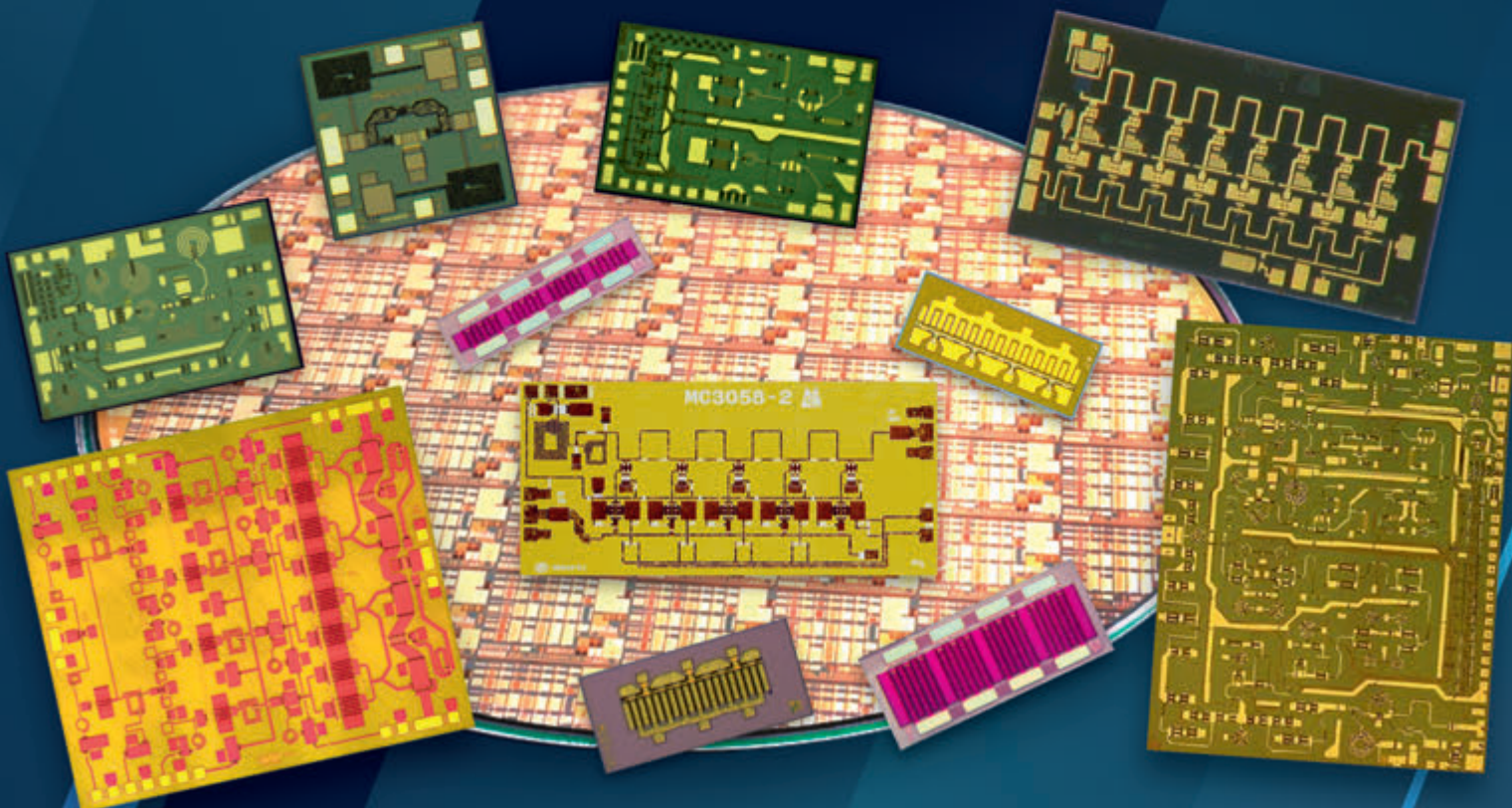


МИКРОВОЛНОВЫЕ  
СИСТЕМЫ

## 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](mailto:mwsystems@mwsystems.ru)

[www.mwsystems.ru](http://www.mwsystems.ru)