

Твердотельные СВЧ-переключатели средней и большой мощности

Часть 4

УДК 621.389 | ВАК 05.27.01

В. Кочемасов, к. т. н.¹, С. Дингес, к. т. н.², В. Шадский, к. т. н.³

В первых трех частях статьи, опубликованных в восьмом, девятом и десятом номерах журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес» за 2019 год, рассматривались особенности проектирования твердотельных СВЧ-переключателей средней и большой мощности и различные типы таких устройств. В данном номере речь пойдет о других типах твердотельных СВЧ-переключателей, выпускаемых рядом производителей.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЕВЫХ КМОП-ТЕХНОЛОГИЙ

Основной вклад в развитие переключателей этого типа внесли компании: pSemi, IDT, Skyworks Solutions, Analog Devices, Infineon, Mini-Circuits, Qorvo (табл. 13).

Наибольших успехов в этой области добилась компания pSemi, которая представляет на рынке широкую номенклатуру переключателей, отличающихся типом (SPST, SPDT, SPMT), разными видами исполнений (промышленное, военное, космическое), чрезвычайно высоким уровнем характеристик, особенно в части создания моделей с высокими рабочими частотами (PE42524, PE426525). Достигнутый в изделиях этой компании уровень допустимой коммутируемой мощности доходит до 30 Вт на низких частотах (PE42820, PE42650A) и единиц и долей ватта на частотах 48–60 ГГц (PE42542, PE42524, PE426525).

Упрощенные схемы SPST-, SPDT- и SP4T-переключателей (рис. 46), используемые в своих разработках компанией pSemi, применяются при создании переключателей и другими компаниями. Высокая стойкость к электростатическим воздействиям (≥ 2 кВ при испытаниях по модели HBM (Human Body Model)), достигаемая в этих переключателях, обеспечивается включением по всем портам специальных схем защиты (рис. 47), интегрированных в состав изделия. Отличительной особенностью компании pSemi является то, что она в своих технических решениях базируется на технологии кремний на сапфире (KNC). Такое решение обеспечивает высокую радиационную стойкость всех создаваемых в компании изделий.

Микросхема PE42524 представляет собой отражательный SPDT-переключатель, реализованный на сапфировой подложке с использованием технологии UltraCMOS. Этот

переключатель выполнен во flip-chip корпусе, имеет отличную линейность, низкие вносимые потери и идеально подходит для использования в тестовых и измерительных целях, в РЛС и военных системах связи. По всем портам переключатель не требует блокировочных конденсаторов. В пределах рабочего диапазона допустимые значения мощностей в 1-дБ точке компрессии $P_{1дБ}$, импульсной $P_{и}$ и непрерывной $P_{н}$ могут меняться в весьма широких пределах (рис. 48). Особо следует отметить значительное снижение допустимых входных мощностей в области низких частот и существенную их зависимость от напряжения питания (рис. 49). Наряду со снижением коммутируемых мощностей в области низких частот происходит увеличение уровней гармонических составляющих (рис. 50).

В линейке продукции компании pSemi имеется также переключатель PE42020, который работает от нулевых частот, пропуская через свои порты переменное и постоянное (± 10 В, ток до 80 мА) напряжения. Этот малогабаритный (в 20-выводном 4 × 4 мм QFN-корпусе) переключатель отличается высокой линейностью ($1P3 = 63$ дБм), большой развязкой (37 дБ на частоте 6 ГГц), значительной коммутируемой мощностью: 30 дБм при постоянном токе и 36 дБм на частоте 8 ГГц. Благодаря своим характеристикам это изделие идеально подходит для измерительных и тестовых задач.

В отличие от компании pSemi другие производители используют технологию кремний на изоляторе (КНИ). В качестве примера реализации такого изделия можно привести SPST-переключатель поглощающего типа QPC6014 компании Qorvo, предназначенный для использования в сотовых сетях связи. Этот переключатель отличается относительно низкими вносимыми потерями (рис. 51а), высокой, особенно на низких частотах, развязкой (рис. 51б), достаточно большой коммутируемой мощностью (рис. 51в) и исключительной линейностью

¹ ООО «Радиокомп», генеральный директор.

² МТУСИ, доцент.

³ АО «Микро-Вис», заместитель генерального директора по науке.

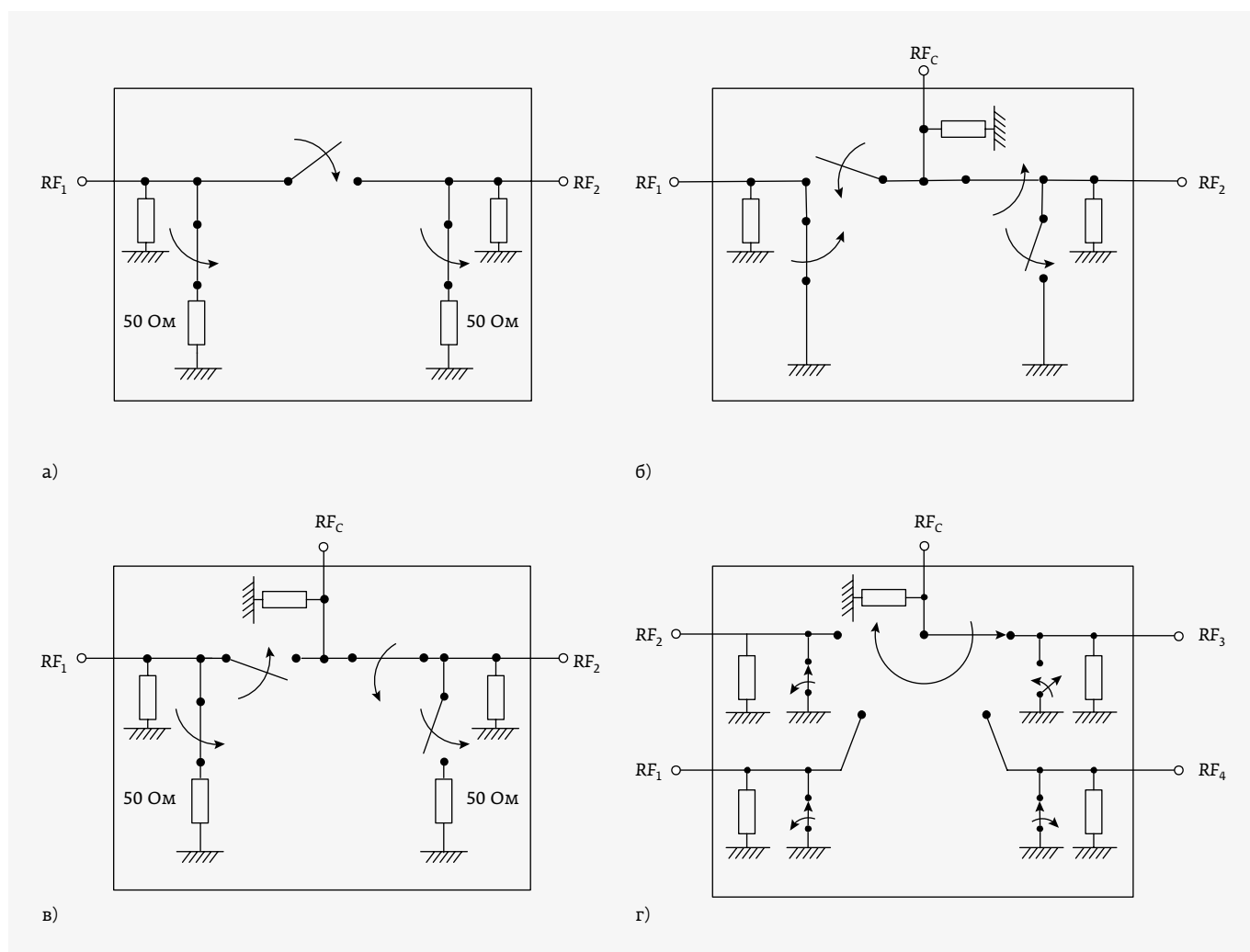


Рис. 46. Упрощенные схемы переключателей, используемые компаниями pSemi: а – SPST (модели PE4246, PE4270); б – SPDT (модели PE4272, PE4273, PE4283, PE9354, PE42424, PE42551, PE42820, PE42821, PE4259, PE4283); в – SPDT (модели PE42423, PE42742, PE42521); г – SP4T (модель PE42440)

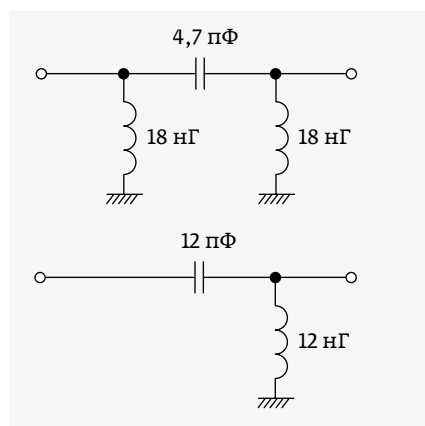


Рис. 47. Варианты реализации схем электростатической защиты, используемые в микросхеме SKY13525-6462F

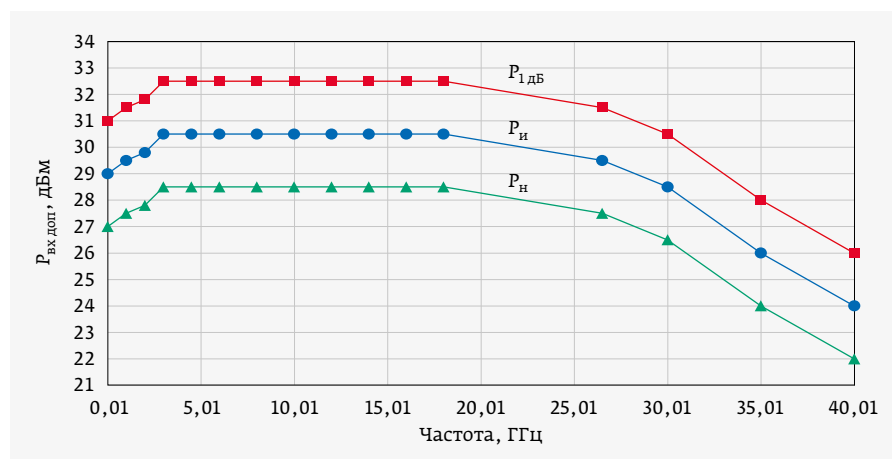


Рис. 48. Характер изменения допустимых значений мощностей P_{1dB} , P_n , P_n в широком диапазоне частот (модель PE42524, компания pSemi)

Таблица 13. Интегральные переключатели на основе кремниевых технологий

| Компания | Модель | Тип | Диапазон частот, ГГц | $P_{\text{доп}}$, дБм | IL , дБ | Iso , дБ | T_p , мкс |
|--------------------|----------------|-------|-------------------------|--|----------------------------------|--------------------|----------------|
| pSemi | PE42650A | SP3T | 0,03–1,0 | 45 (Tx) 27 (Rx) | 0,3 (Tx) 0,5 (Rx) | 33 (Tx) 38 (Rx) | 100 |
| pSemi | PE42850 | SP5T | 0,03–1,0 | 45 (Tx) 27 (Rx) | 0,25–0,45 (Tx) 0,50–0,70 (Rx) | 36–30 | 15 |
| Qorvo | QPC6742 | SP4T | 0,005–2,0 | 35 | 0,20–0,45 | 49–30 | 20,0 |
| Mini-Circuits | JSW5-23DR-75+ | SP5T | 0,005–2,0 | 5 Вт | 0,7–1,1 | 38–25 | 1,9 |
| Qorvo | QPC6762 | SP6T | 0,005–2,0 | 32 | 0,28–0,52 | 50–23 | 20,0 |
| Skyworks Solutions | SKY13525-646LF | SP6T | 0,4–2,7 | 34 | 0,45–0,60 | >30–20 | 2 |
| Infineon | BGS110MN20 | SP10T | 0,1–2,7 | 32 | 0,3–0,6 | 40–30 | 1,5 |
| Mini-Circuits | HSW2-272VHDR | SPDT | 0,03–2,7 | 35,5–28,2 Вт ($P_{0,1\text{дБ}}$) | 0,3–0,7 | 37–24 | 41 |
| Mini-Circuits | JSW3-272DR | SP3T | 0,005–2,7 | 5 Вт | 0,6 | 37–27 | 1,9 |
| Mini-Circuits | JSW6-33DR+ | SP6T | 0,005–2,7 | 5 Вт | 0,6 | 37–27 | 1,9 |
| Skyworks Solutions | SKY13396-397LF | DPDT | 0,7–3,0 | 39 | 0,4–0,6 | 25–17 | 3 |
| Skyworks Solutions | SKY13472-460LF | SPDT | 0,1–3,0 | 39 | 0,3–0,4 | 40–30 | 1,6 |
| Skyworks Solutions | SKY13405-490LF | SPDT | 0,1–3,0 | 40 | 0,3–0,4 | 37–27 | 2 |
| pSemi | PE42612 | SP4T | 0,1–3,0 | 38–36 | 0,55–1,05 | 39–28 | 2 |
| pSemi | PE42660 DIE | SP6T | 0,1–3,0 | 38 | 0,55–1,00 | 48–29 | 2 |
| pSemi | PE42672 DIE | SP7T | 0,1–3,0 | 38 | 0,5–1,0 | 44–23 | – |
| Mini-Circuits | JSW2-33DR-75+ | SPDT | 0,005–3,0 | 5 Вт, 35 ($P_{0,1\text{дБ}}$) | 0,38–0,53 | 45–31 | 1,9 |
| Qorvo | QPC3024 | SPDT | 0,005–3,0 | 36 | 0,38–1,40 | 75–56 | 1,5 |
| Analog Devices | ADRF5130 | SPDT | 0,7–3,5 | 46 ($P_{0,1\text{дБ}}$) | 0,6–0,7 | 50–41 | 0,75 |
| Infineon | BGSX212MA18 | DP12T | 0,1–3,8 | 32 | 0,3–0,9 | 48–21 | 1,5 |
| Analog Devices | ADRF5160 | SPDT | 0,7–4,0 | 49,7 | 0,7–0,9 | 53–35 | 1,2 |
| Qorvo | QPC3025 | SPDT | 0,03–4,2 | 45–44 | 0,35–0,41 | 47,5–29,0 | 8,58 |
| Analog Devices | ADRF5132 | SPDT | 0,7–5,0 | 43,0 | 0,5–0,9 | 50–35 | 0,55 |
| Infineon | BGS12PN10 | SPDT | 0,5–6,0 | 40 | 0,16–0,68 | 54–17 | 3,5 |
| Infineon | BGS14PN10 | SP4T | 0,5–6,0 | 40 | 0,18–1,90 | 50–18 | 2 |
| Analog Devices | HMC7992 | SP4T | 0,1–6,0 | 35 ($P_{1\text{дБ}}$) | 0,6–1,0 | 45–30 | 0,15 |
| Mini-Circuits | HSWA4-63DR+ | SP4T | 0,03–6,0 | 34 | 0,9–1,9 | 61–32 | 0,255 |
| Qorvo | QPC6014 | SPST | 0,005–6,0 | 37 | 0,63–1,05 | 70–43 | 0,165 |
| Qorvo | QPC6324 | SPDT | 0,005–6,0 | 37 | 0,9–1,1 | 61,5–50,0 | 0,417 |
| Qorvo | RFSW1012 | SPDT | 0,005–6,0 | 31–37 | 0,25–0,75 | 45–21 | 2 |
| Qorvo | RFSW6032 | SP3T | 0,005–6,0 | 35 | 0,35–1,20 | 40–15 | 2 |

Таблица 13. Продолжение

| Компания | Модель | Тип | Диапазон частот, ГГц | $P_{\text{доп}}$, дБм | IL , дБ | I_{so} , дБ | T_n , мкс |
|----------------|----------|------|----------------------|--------------------------------|-----------|----------------------|-------------|
| Qorvo | QPC6044 | SP4T | 0,005–6,0 | 37,5 | 0,87–1,20 | 66–42 | 0,15 |
| Qorvo | QPC6054 | SP5T | 0,005–6,0 | 37,5 | 0,95–1,90 | 70–44 | 0,15 |
| Qorvo | QPC6064 | SP6T | 0,005–6,0 | 37,5 | 1,02–2,02 | 72–40 | 0,15 |
| IDT | F2914 | SP4T | 0,05–8,0 | 37 | 0,9–1,8 | 62,2–35,7 | 0,285 |
| IDT | F2915 | SP5T | 0,05–8,0 | 37 | 0,93–2,30 | 62,0–36,5 | 0,285 |
| IDT | F2976 | SPDT | 0,005–10,0 | 30–34 | 0,2–0,8 | 77–18 | 1,5 |
| Analog Devices | HMC1118 | SPDT | 9 кГц – 13,0 ГГц | 37 ($P_{1\text{дБ}}$) | 0,5–1,3 | 50–25 | 2,7 |
| pSemi | PE42542 | SP4T | 9 кГц – 18,0 ГГц | 33 ($P_{0,1\text{дБ}}$) | 0,7–3,1 | 90–26 | 4,5 |
| pSemi | PE42522 | SPDT | 9 кГц – 26,5 ГГц | 33 ($P_{0,1\text{дБ}}$) | 0,7–5,3 | 80–20 | 4,5 |
| Analog Devices | ADRF5021 | SPDT | 9 кГц – 30,0 ГГц | 27 ($P_{0,1\text{дБ}}$) | 1,1–2,0 | 70–60 | 1,1 |
| pSemi | PE42524 | SPDT | 0,01–40,0 | 32,5–26,0 ($P_{1\text{дБ}}$) | 0,6–5,5 | 84–33 | 0,055 |
| Analog Devices | ADRF5024 | SPDT | 0,1–44,0 | 27,5 (ГП) | 1,0–1,7 | 47–35 | 0,022 |
| Analog Devices | ADRF5025 | SPDT | 9 кГц – 44,0 ГГц | 27,5 (ГП) | 0,9–2,2 | 48–35 | 4,2 |
| pSemi | PE426525 | SPDT | 9 кГц – 60,0 ГГц | 23–35 | 0,9–2,7 | 80–36 | 0,008 |

Примечание: ГП – горячее переключение.

(рис. 51г). Анализ этих зависимостей свидетельствует о весьма низкой их чувствительности к вариациям температуры. Заметим, что характер зависимостей $IL(P_{\text{вх}})$ и $P_{1\text{дБ}}(P_{\text{вх}})$ очень сильно меняется, если входная мощность превышает допустимые значения (рис. 52).

Другие SPST-переключатели MPS4101-012S и MPS4102-013S (компании Microsemi) обеспечивают 3-Вт входную

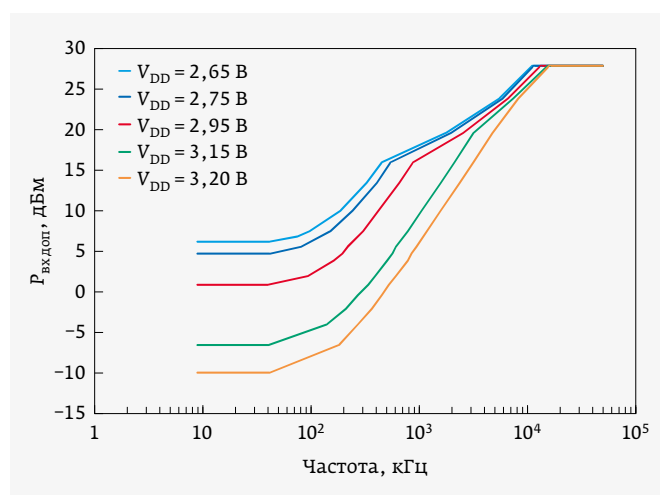


Рис. 49. Зависимость $P_{\text{вх доп}}(f)$ в нижнем диапазоне частот (модель PE42440, компания pSemi)

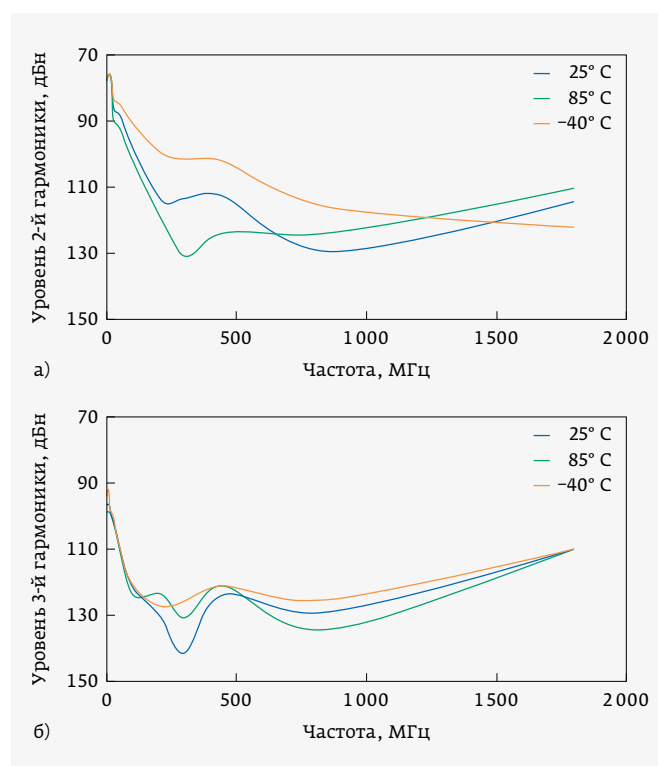


Рис. 50. Зависимость уровней 2-й гармоники (а) и 3-й гармоники (б) от частоты (модель QPC6742, компания Qorvo)

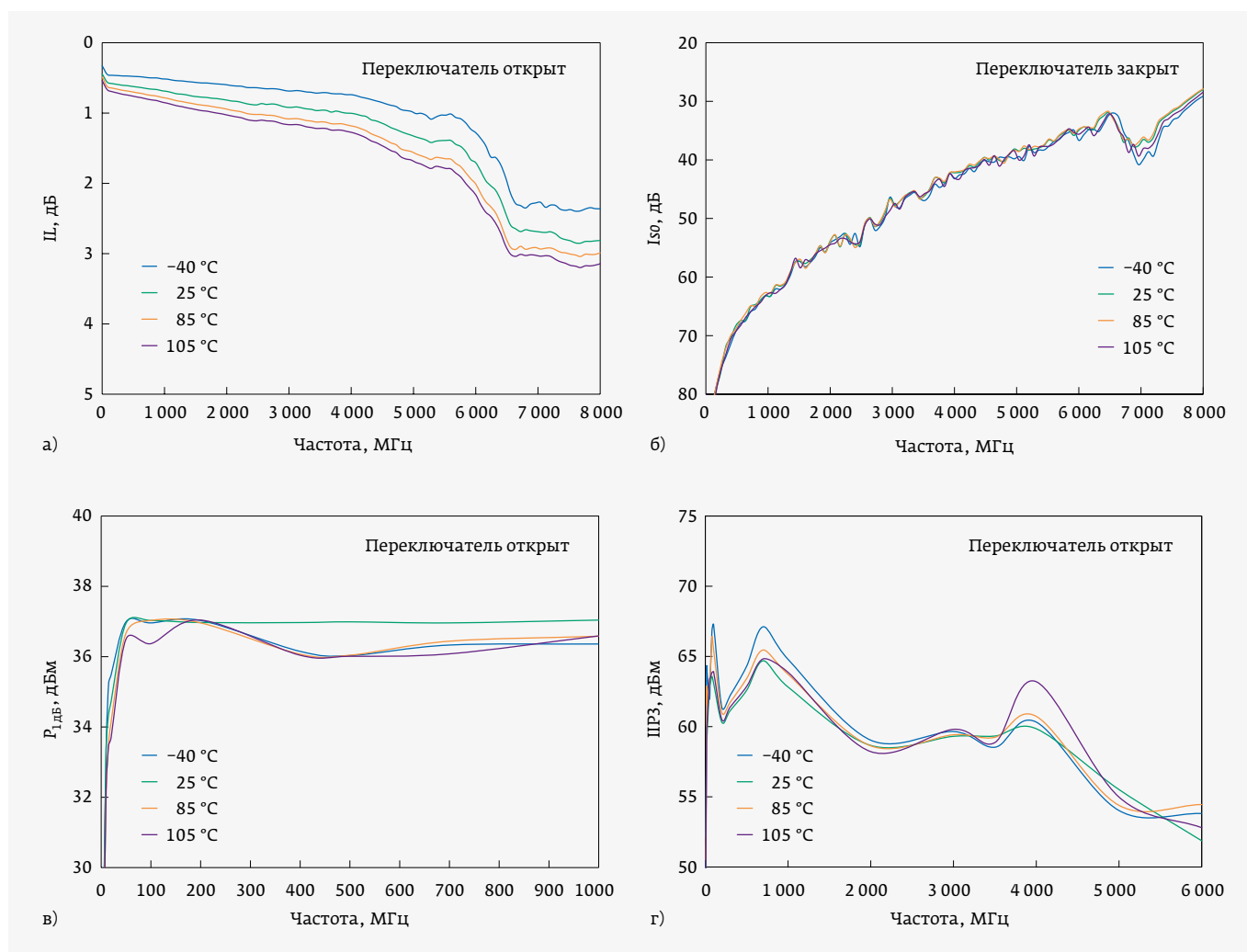


Рис. 51. Зависимости вносимых потерь IL (а), развязки Iso (б), входной мощности в 1-дБ точке компрессии P_{1dB} (в) и интермодуляционных искажений $IP3$ (г) от частоты (модель QRC6014, компания Qorvo)

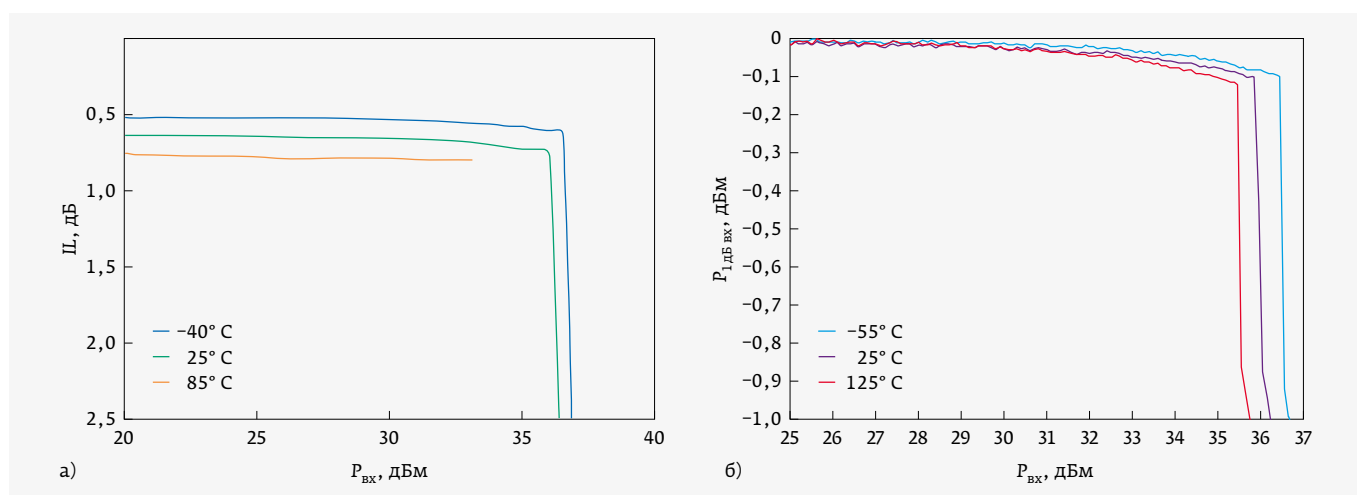


Рис. 52. Зависимости вносимых потерь IL (а) и мощности P_{1dB} (б) от входной мощности при различных значениях температуры окружающей среды: а – модель RFSW6224, компания Qorvo; б – модель F2932, компания IDT

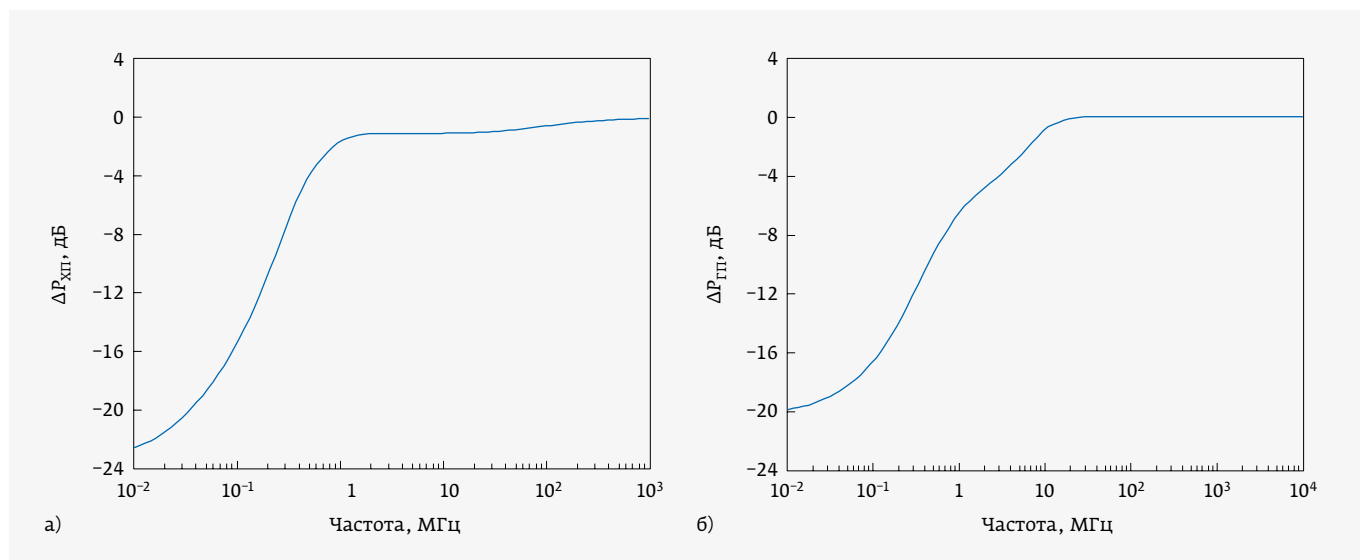


Рис. 53. Снижение мощности в низкочастотной области при холодном (а) и горячем (б) переключении (модель HMC1118, компания Analog Devices)

мощность в диапазоне частот 0,05–40 ГГц. Выполненные по последовательно-параллельной схеме эти переключатели обеспечивают приемлемые показатели во всем диапазоне рабочих частот (см. табл. 13). Особенно следует отметить, что все эти показатели гарантируются в диапазоне рабочих температур –55...150 °С. Напряжение пробоя в этих переключателях может превышать 80 В.

Значительных успехов в создании переключателей с широким диапазоном частот добилась компания Analog Devices, выпустившая несколько моделей для различных диапазонов частот: 9 кГц – 13 ГГц (HMC1118), 0,1–30 ГГц (ADRF5020), 9 кГц – 30 ГГц (ADRF5021), 0,1–44 ГГц (ADRF5024) и 9 кГц – 44 ГГц (ADRF5025). Переключатель HMC1118 обеспечивает коммутацию входных мощностей до 37 дБм при холодном и до 30 дБм при горячем переключении. В нижней части рабочего диапазона частот эти мощности снижаются относительно приведенных значений на 22,5 и 20 дБ соответственно (рис. 53). Переключатель ADRF5021 позволяет коммутировать сигналы с мощностью, не превышающей 0,5 Вт, но обеспечивает высокую развязку (70–60 дБ). В этом переключателе вариации температуры в границах ее рабочих значений незначительно влияют на основные характеристики изделия как в полном рабочем диапазоне частот (рис. 54а, б, в), так и в области низких частот (рис. 54г, д, е).

Переключатели ADRF5024, ADRF5025 даже на частотах до 44 ГГц обеспечивают вносимые потери менее 1,7 дБ (ADRF5024) и 2,2 дБ (ADRF5025), развязку более 35 дБ, время переключения 22 нс (ADRF5024) и 4,2 мкс (ADRF5025) и горячее переключение мощностей с уровнями 27,5 дБм. Сравнивая данные табл. 8 и 13, можно сделать вывод, что кремниевые изделия на высоких частотах по сравнению

с арсенид-галлиевыми обеспечивают больший уровень переключаемых мощностей.

Рекордные показатели по мощностным характеристикам в изделиях Analog Devices обеспечиваются и на относительно невысоких частотах. Так, используя наработанные технические решения (рис. 55), этой компании удалось получить в диапазоне частот 0,7–4,0 ГГц почти 100-Вт уровень входной мощности (см. табл. 13, модель ADRF5160).

Большинство компаний, выпускающих КМОП-переключатели, применяют в своих разработках запатентованные решения. К их числу относится и компания IDT, имеющая собственный патент*, применение которого позволяет поддерживать постоянный импеданс по входным портам, что дает возможность переключать каналы в горячем режиме. Отметим, что многие из переключателей, выпускаемых компанией IDT, работоспособны в диапазоне температур –55...125 °С.

По мере освоения в мобильной телефонии новых диапазонов частот и телекоммуникационных стандартов количество антенн и каналов приема-передачи увеличивается. Это приводит к необходимости использования многопозиционных переключателей с большим числом входов и выходов (рис. 56). В качестве примера можно назвать следующие многопозиционные переключатели: JSW6-23DR-75+ (SP6T), PE42672 DIE (SP7T), RF8889A (SPI0T), BGSX212MA18 (DPI2T). Разработанные многопозиционные переключатели обеспечивают высокую повторяемость характеристик при

* Патент США 6215355 В1. Constant impedance for switchable amplifier with power control.

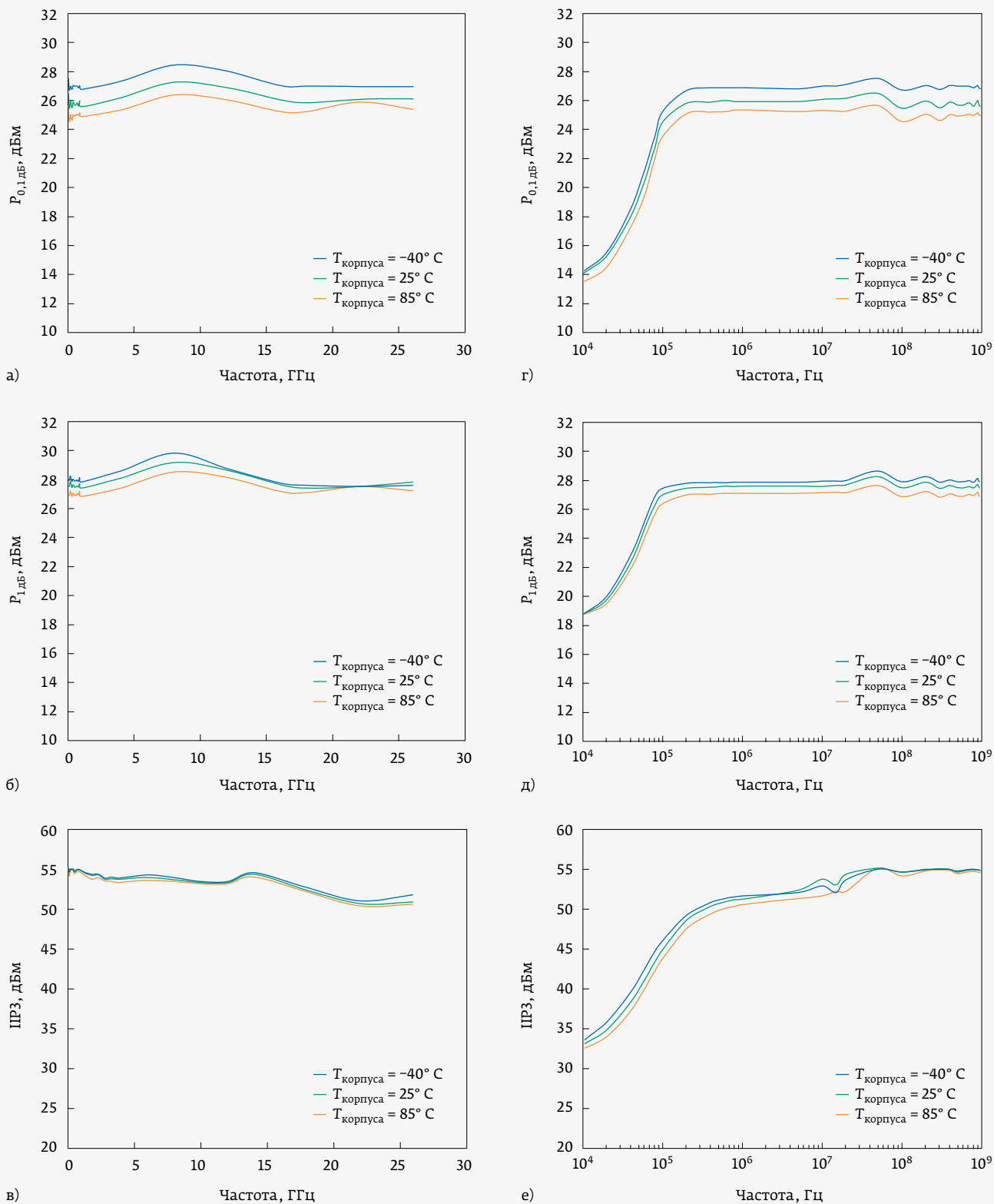


Рис. 54. Зависимости $P_{0,1\text{дБ}}$, $P_{1\text{дБ}}$ и ИПРЗ от частоты в диапазоне частот 0–30 ГГц (а, б, в) и в нижней части диапазона от 10 кГц до 1 ГГц (г, д, е) (модель ADRF5021, компания Analog Devices)

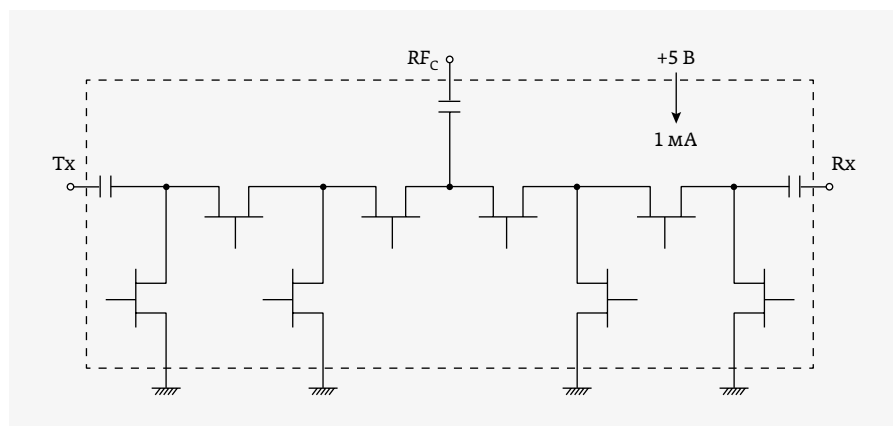


Рис. 55. Принципиальная схема SPDT-переключателя ADRF5160 (компания Analog Devices)

переключении каналов. Например, в переключателе ADRF5250 разброс вносимых потерь во всех пяти каналах становится заметным только в верхней части рабочего диапазона частот (рис. 57а). Развязка же между каналами в этом переключателе меняется по диапазону от 90 до 40 дБ, а от номера включенного канала практически не зависит (рис. 57б). Многие многопозиционные переключатели отличаются повышенной линейностью. Однако и среди них встречаются уникальные изделия. Так, 4-позиционный переключатель RF1604 имеет $IP2 > 120$ дБм.

Подводя итог рассмотрению переключателей, выполненных на основе кремниевых КМОП-технологий, отметим, что на сегодняшний день эти изделия являются наиболее перспективными не только в задачах мобильной телефонии, но и при создании РЛС и военных

систем связи. Переключатели этого вида легко могут быть интегрированы в более сложные КМОП-изделия, в рамках которых наряду с функцией переключения могут решаться задачи усиления, формирования и обработки сигналов при минимальном потреблении и высокой стойкости к электростатическим напряжениям. Самым ярким примером сказанного могут служить приемо-передающие модули, обеспечивающие наряду с функцией переключения каналов управление фазой и амплитудой поступающих на них сигналов.

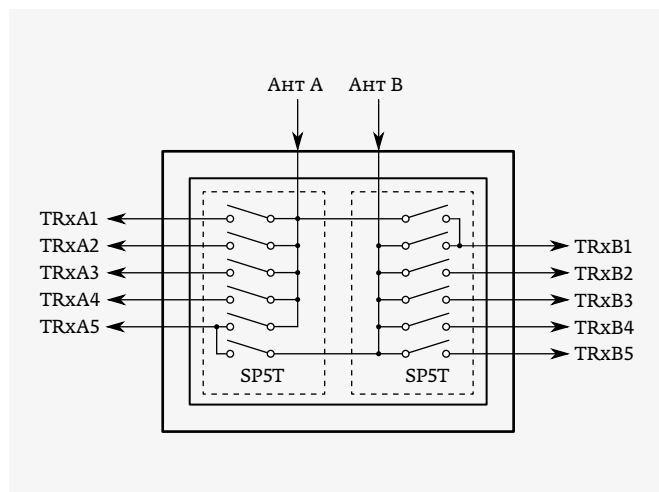


Рис. 56. Упрощенная структура DP10T-переключателя BGSX210MA18 (компания Infineon), используемого для подключения 10 передатчиков к двум антеннам

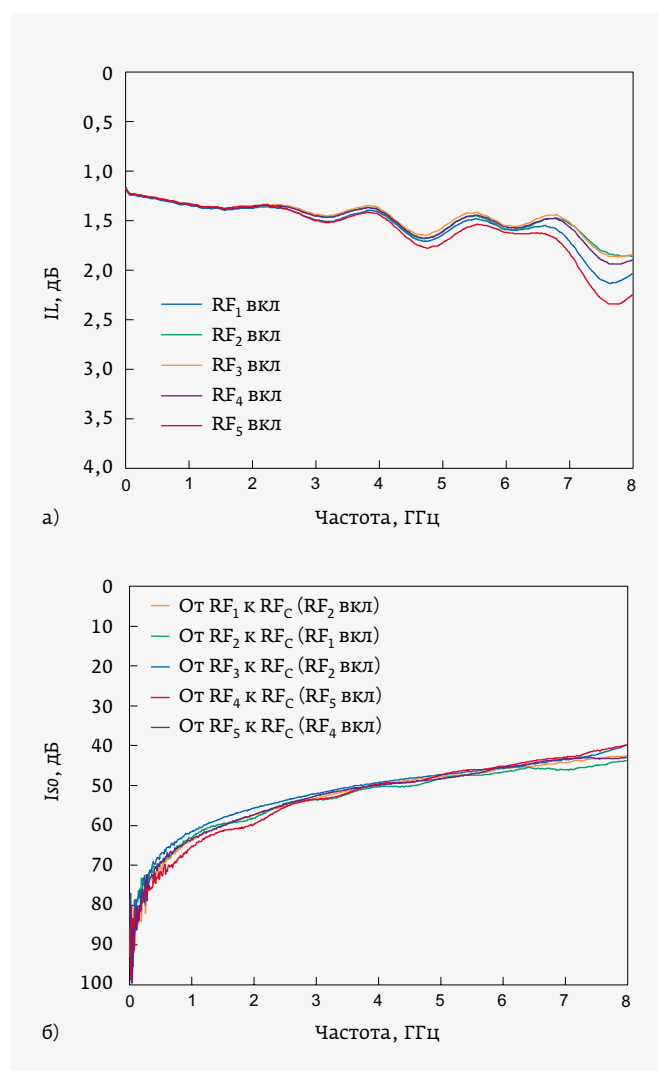


Рис. 57. Зависимости вносимых потерь и развязки от частоты в многопозиционном переключателе ADRF5250 (компания Analog Devices)

СВЧ-ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ ПО USB-ИНТЕРФЕЙСУ

К переключателям средней мощности (0,1–10 Вт) относятся дешевые изделия, управление и питание которых осуществляется по USB-интерфейсу. Такие переключатели, имеющие, как правило, небольшие габариты (рис. 58), незаменимы в лабораторных применениях, при тестировании различного рода радиокомпонентов и изделий, а также при проведении научных экспериментов.

На сегодняшний день подобные переключатели производят компании Vaunix, Telemakus, Pasternack, PMI, Mini-Circuits, Aeroflex Weinschel и Ranatec (табл. 14). Большая часть данных изделий конструктивно мало отличается друг от друга (см. рис. 58).

СВЧ-переключатели компании Vaunix выпускаются под торговой маркой Lab Brick в прочных алюминиевых корпусах в двух конфигурациях: SPDT и SP4T. 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 (GUI, graphical user interface). В переключателях обеспечивается достаточно большой уровень развязки (более 50–55 дБ), высокая скорость переключения (300 нс) и 10-Вт уровень допустимой входной мощности (см. табл. 14). Наряду с 50-Ом моделями (LSW-602PDT и LSW-602P4T) выпускаются и 75-Ом изделия (LSW-102PDT-75F и LSW-102P4T-75F).

Три модели SPDT-переключателей с USB-управлением производит компания Telemakus. Два из этих переключателей (TES3000-60 и TES7000-50) – поглощающие, а один (TES6000-30) – отражательный. Последняя цифра в названии всех трех моделей соответствует достигаемой развязке. Вносимые потери во всех переключателях находятся в пределах от 1 до 3 дБ (см. табл. 14). В состав поставляемых изделий входит флеш-память, используемая для инсталляции и хранения тестовых файлов и другой необходимой информации.

USB-переключатели, выпускаемые компаниями Pasternack и PMI, отличаются широким диапазоном рабочих частот (0,5–18,0 и 0,5–40,0 ГГц) и высокой (до 60 дБ) развязкой (см. табл. 14). Допустимые входные мощности в этих устройствах не превосходят 0,1 Вт.

Таблица 14. Переключатели, управляемые по USB- и SPI-интерфейсам

| Компания | Модель | Тип | Диапазон частот, ГГц | $P_{\text{доп}}$, Вт | IL, дБ | Iso, дБ | $T_{\text{п}}$, нс |
|---------------|-----------------|-------|----------------------|-----------------------|---------|---------|---------------------|
| Vaunix | LSW-102PDT-75F | SPDT | 0,01–1,0 | 10 | 3,5 | 65 | 300 |
| Telemakus | TES3000-60 | SPDT | 0,05–3,0 | 0,2 | <1,0 | 60 | 2000 |
| Ranatec | RI 2582 | DP8T | 0,1–4,8 | 0,4 | 3,8–6,0 | >70 | – |
| Telemakus | TES6000-30 | SPDT | 0,1–6,0 | 2,0 | <2,0 | 30 | 33 |
| Vaunix | LSW-602PDT | SPDT | 0,01–6,0 | 10 | 3,5 | 65 | 300 |
| Vaunix | LSW-602P4T | SP4T | 0,01–6,0 | 10 | 3,5 | 60 | 300 |
| Vaunix | LSW-102P4T-75F | SP4T | 0,01–6,0 | 10 | 3,5 | 60 | 300 |
| Mini-Circuits | USB-SP4T-63 | SP4T | 0,001–6,0 | 0,5 | 1,6 | 50 | 3000 |
| Mini-Circuits | SPI-SP10T-63 | SP10T | 0,001–6,0 | 0,5 | – | 80 | 6000 |
| Telemakus | TES7000-50 | SPDT | 0,1–7,0 | 0,25 | <3,0 | 50 | 33 |
| Pasternack | PE71S3900 | SPDT | 0,5–18,0 | 0,1 | <6,0 | >60 | <6000 |
| Pasternack | PE71S3901 | SPDT | 0,5–40,0 | 0,1 | <6,0 | >60 | – |
| PMI | P2T-500M40G-USB | SPDT | 0,5–40,0 | 0,1 | <6,0 | >60 | – |



Рис. 58. СВЧ-переключатели, управляемые по USB-интерфейсу: а – модель LSW-602PDT, компания Vaunix; б – модель LSW-602P4T, компания Vaunix; в – TES7000-50, компания Telemakus; г – модель PE71S3900, компания Pasternack; д – модель – P2T-500M40G-USB, компания PMI; е – модель USB-SP4T-63, компания Mini-Circuits; ж – модель PI2582, компания Ranatec

Компания Mini-Circuits производит SP4T-переключатели с USB-интерфейсом и SPI0T-переключатели с SPI-интерфейсом. Оба изделия предназначены для работы в диапазоне от 1 до 6 000 МГц. Особо следует отметить достигнутый в SPI0T-переключателе 80-дБ уровень развязки.

Высокими техническими характеристиками (см. табл. 14) обладает и DP8T-переключатель компании Ranatec, в котором каждый из двух входов может быть подключен к любому из восьми выходов. Применение

такого переключателя особенно эффективно при тестировании больших партий изделий.

В заключение отметим, что в статье приведена информация о характеристиках мощных переключателей, общее число которых превышает 200. Реально в США, Японии, Корее, Китае и Западной Европе число производимых мощных переключателей исчисляется тысячами. При этом количество интегральных и модульных изделий одинаково велико.

РАЗРАБОТКА
ПРОИЗВОДСТВО
ИСПЫТАНИЯ
ПОСТАВКА

РАДИОКОМП

Комплекс радиомониторинга на базе BB60C

www.radiocomp.ru

Signal Hound®

BB60C Real-Time Spectrum Analyzer & RF Recorder

Генератор сигналов + анализатор спектра

- Автоматический ввод резерва (ABP)
- Мощный инструмент анализа сигналов на базе ПК
- Полоса частот: от 9 кГц до 6 ГГц
- Скорость сканирования 24 ГГц/с
- Частота оцифровки: 27 МГц
- Интуитивно понятный GUI для быстрого обучения
- Питание по USB порту