

## Высокочастотные сигнальные реле

Андрей ГУСЕВ  
chipcore@accent.ru

**В статье кратко рассмотрены электромагнитные реле, предназначенные для переключения сигналов высокой частоты: эти приборы являются в некотором роде новым витком «эволюционного» развития сигнальных реле.**

Один из «камней преткновения» высокочастотного оборудования — это элементы коммутации, потому что они подразумевают некое разделение сигнала и связанные с этим потери, особенно заметные по мере роста частоты. Что же предлагает нам рынок для реализации задачи переключения сигналов? Определенный интерес представляют твердотельные элементы на основе оптронов либо полупроводников, но неизбежная нелинейность  $p-n$ -перехода, либо канала сток-исток полевого фототранзистора будет вносить искажения сигнала, особенно критичные на высоких и сверхвысоких частотах. Наиболее оптимальным вариантом в данной ситуации будет являться чистый «металлический» контакт, имеющий только омическую составляющую сопротивления и не имеющий нелинейных участков, характерных для полупроводников. Теперь рассмотрим эти решения более подробно. Существует целый класс электромагнитных реле, предназначенных для переключения сигналов высокой частоты: эти приборы являются в некотором роде новым витком «эволюционного» развития сигнальных реле.

В данной публикации будут кратко рассмотрены реле компаний Nais, Cll, Axicom и некоторых других. Из особенностей, характерных именно для этого типа устройств, стоит отметить особый конструктив контактной группы и непосредственно выводов: реактивное сопротивление их сигналу и его затуха-

ние на высокой частоте должны быть минимальными. Реализуется «бережное отношение с сигналу» за счет применения бескорпусного монтажа, использования не только покрытия самой контактной группы редкоземельными и благородными металлами (Ag, Au, Ru), но и серебрение проводников, соединяющих выводы и группу контактов. Такое техническое решение обусловлено существенным влиянием скин-эффекта (когда высокочастотный сигнал распространяется в основном по поверхности проводника). Также используется экранирование самого реле и группы контактов. У таких реле могут быть дополнительные выводы, предназначенные для подключения экрана к «земле». Экранирующий проводник должен соединяться по кратчайшему пути с «землей», поэтому разработчики сделали дополнительный вывод (или несколько) для экрана.

Наибольшее развитие эта концепция получила у реле производства Axicom (рис. 1). У этой компании есть реле серии HF3, все выводы которого (включая даже те, на которые подается напряжение управления катушки) выполнены в виде квазикоаксиальных полосковых выводов. Выпускается две версии с различным волновым сопротивлением — 75 и 50 Ом (рис. 2). Стоит подробнее остановиться на этом реле, оно достаточно уникально само по себе: выпущенное по технологии поверхностного монтажа с полосковыми экранированными выводами (каждый вывод



Рис. 1. Корпуса реле Axicom HF3

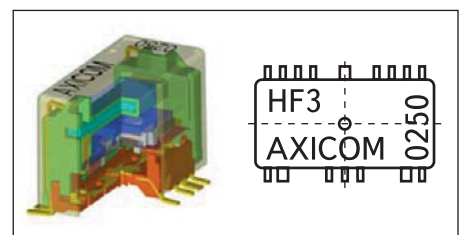


Рис. 2. Внешний вид квазикоаксиальных полосковых выводов

с обеих сторон окружен дополнительными выводами, которые соединены с землей таким образом, что они выполняют роль экрана по аналогии с экранирующей медной оплеткой коаксиального кабеля — поэтому подобное техническое решение часто именуется квазикоаксиальным экраном) и содержащее од-

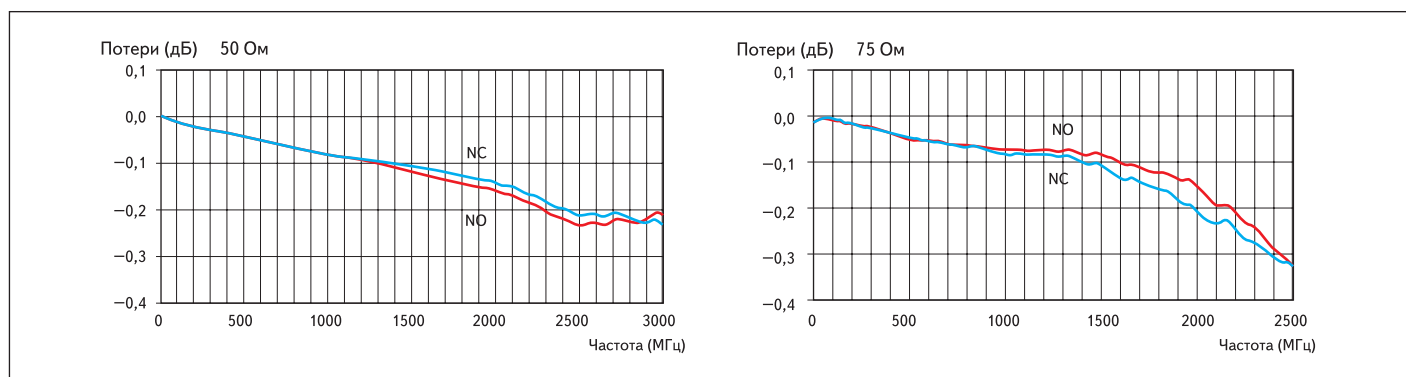














Рис. 3. График потерь у HF3

Таблица

Внешний вид												
Серия реле	HF3	MW6	RA	RE	RJ	RK	RX	ARD	ME-X	G6-Z	RF103	GRF180
Производитель	Тусо/Axiscom	Тусо/ClI	Nais	Nais	Nais	Nais	Nais	Nais	Nais	Omron	Teledyne	Teledyne
Исполнение	SMD	TNT	SMD	SMD/TNT	SMD/TNT	TNT	TNT	TNT	BGA	SMD	TNT	SMD
Максимальная частота, ГГц	3	6	1	2,6	8	1,5	3,0	27	6	2,6	6	6
Потери на СВЧ, дБ	0,3	0,25	0,3	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2–0,8	0,4	0,5	0,8	0,8
Конфигурация контактов	1 С/О	2 С/О	2 С/О	1С/О	2 С/О	2 С/О	1 С/О	5 С/О	1 NC + 1 NO	2 С/О	2 С/О	2 С/О

ну переключающую группу контактов оно может коммутировать сигнал с частотой до 3 ГГц. В серии HF3 применена поляризованная катушка с мощностью срабатывания не более 0,14 Вт. Есть версии с одной и двумя катушками для реле с фиксацией и без. Контактная группа реле выполнена из золота, что обеспечивает достаточный механический ресурс ( $10^7$  срабатываний) и неплохие электрические характеристики: максимальное коммутируемое напряжение до 125 В переменного тока и контактное сопротивление на постоянном токе не более 100 мОм. Потери на переменном токе высокой частоты не превышают 0,3 дБ и приведены на графике (рис. 3).

Несмотря на достаточно хорошие характеристики, такие реле, как HF3, рекомендуются для коммерческой аппаратуры: систем спутникового телевидения, базовых станций, видеооборудования и прочей аппаратуры, работающей в условиях помещений. А что же существует для более жестких условий? Компанией ClI, входящей в концерн Тусо Electronics, для военной и аэрокосмической техники производится очень интересное се-

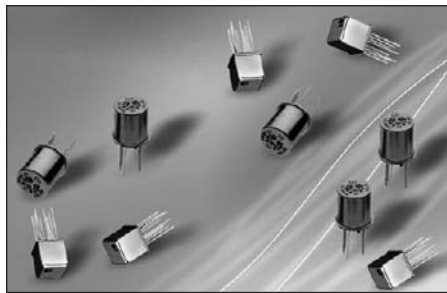


Рис. 4. Семейство реле MW3/6

мейство реле MW3/6 (рис. 4). Эти реле выпускаются в герметичных защищенных корпусах, рассчитанных на диапазон рабочих температур  $-65...+125$  °С, причем для снижения высокочастотных потерь эти корпуса достаточно компактны и соизмеримы по габаритам с корпусом микросхем операционных усилителей военной приемки. В отличие от реле Axiscom HF3 продукция ClI выпускается в исполнениях для монтажа с пайкой в отверстия и не оснащается экранировкой на каждый вывод, но зато корпус реле полностью выполнен из металла, заземлен, по-

крыт золотом и является сам по себе очень хорошим экраном, что позволяет достичь очень высокой частоты коммутируемого сигнала — 6 ГГц. Аналогичные реле устанавливаются в блоки связной техники вертолетов «Апач». Следует отметить довольно высокий ресурс реле MW3/6 (минимальное количество переключений — не менее десяти миллионов) и хорошую устойчивость к вибрации (реле выдерживают ускорение 30 g в диапазоне частот 10–3000 Гц). Таким образом, семейство MW3/6 может являться достойным выбором при разработке ответственных узлов аппаратуры, работающих в жестких условиях.

Впрочем, конкуренты Тусо Electronics не стоят на месте: один из лидеров в производстве компонентов коммутации, компания Nais, иначе известная как подразделение концерна Matsushita Electric, выпускает несколько серий электромагнитных реле, предназначенных для переключения высокочастотных сигналов. Данные реле отличаются от своих собратьев Axiscom и ClI более консервативным конструктивом: нет никаких квазикоаксиальных выводов для сигнала или позолоченных экранированных корпусов. Они больше похожи по своему исполнению на обычные низкочастотные сигнальные реле, но за счет оригинальных ноу-хау производителя частотные характеристики реле Nais приближаются к характеристикам реле Тусо Electronics. Из плюсов реле Matsushita Electric хотелось бы отметить наиболее широкий ассортимент конструктивных решений: моностабильные и бистабильные, для поверхностного монтажа и для пайки в отверстия. Существует несколько серий реле, отличающихся конструкцией корпуса, расположением и габаритами (см. таблицу). Дальнейшее развитие высокочастотных реле Nais привело к разработке мо-



Рис. 5. Коаксиальные коммутаторы

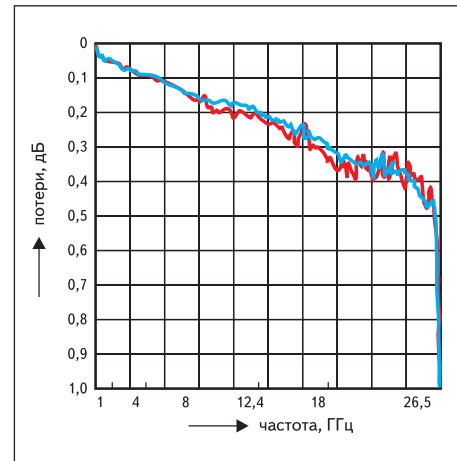


Рис. 6. Потери в коммутаторах

дулей коммутации высокочастотного сигнала. Физически эти модули представляют собой небольшой экранированный корпус с коаксиальными выводами (рис. 5), внешне отдаленно напоминающий ТВ-тюнер — внутри этого модуля находится несколько электромагнитных реле, осуществляющих непосредственное переключение сигналов. За счет применения полноценного коаксиала и качественной экранировки удалось существенно поднять частоту коммутируемого сигнала — до 27 ГГц (рис. 6). Подобные решения являются новинкой на рынке и, несомненно, будут представлять интерес для разработчиков высокочастотной аппаратуры, в особенности если идет речь о межблочной коммутации с применением коаксиальных разъемов, что

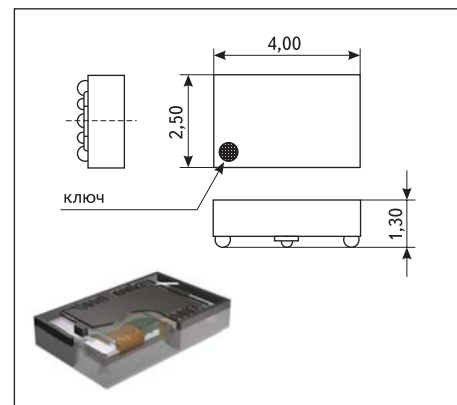


Рис. 7. Сверхминиатюрное реле ME-X

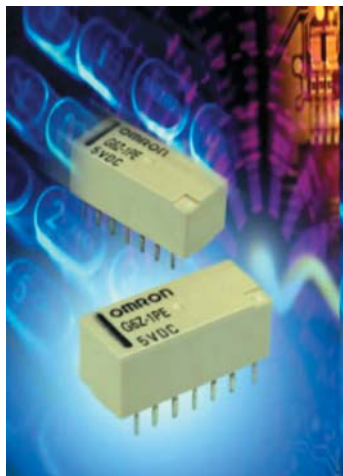


Рис. 8. СВЧ реле Omron



Рис. 9. Реле в «кварцевом» корпусе

не редкость в СВЧ-технике. Но Matsushita Electric никогда не была бы в лидерах индустрии электронных компонентов, если бы не предложила что-то на самом деле революционное. Их новейшая разработка — сверхминиатюрное реле серии ME-X (рис. 7) для коммутации ВЧ-сигнала с максимальной частотой 6 ГГц в безвыводном исполнении в BGA-корпусе, что положительно сказывается на частотных характеристиках группы контактов и обеспечивает минимальные потери сигнала. Для разработки этого реле используется запатентованная компанией Nais технология MEMS (<http://www.nais-e.com/pimites/>). Технологические ноу-хау производителем не раскрываются, но данная технология представляет собой итог разработок Matsushita в области микроминиатюрных и высокоскоростных устройств и компонентов. Уже сейчас MEMS применяется при изготовлении не только реле, но и датчиков ускорения и давления. Само реле имеет наименьшие габариты из всех конкурирующих продуктов (всего 2,5×4,0 мм) и содержит одну группу контактов на размыкание и одну на замыкание с золотым покрытием и потерями на высокой частоте не более 0,5 дБ.

Недавно к производству высокочастотных реле подключилась компания Omron, хо-

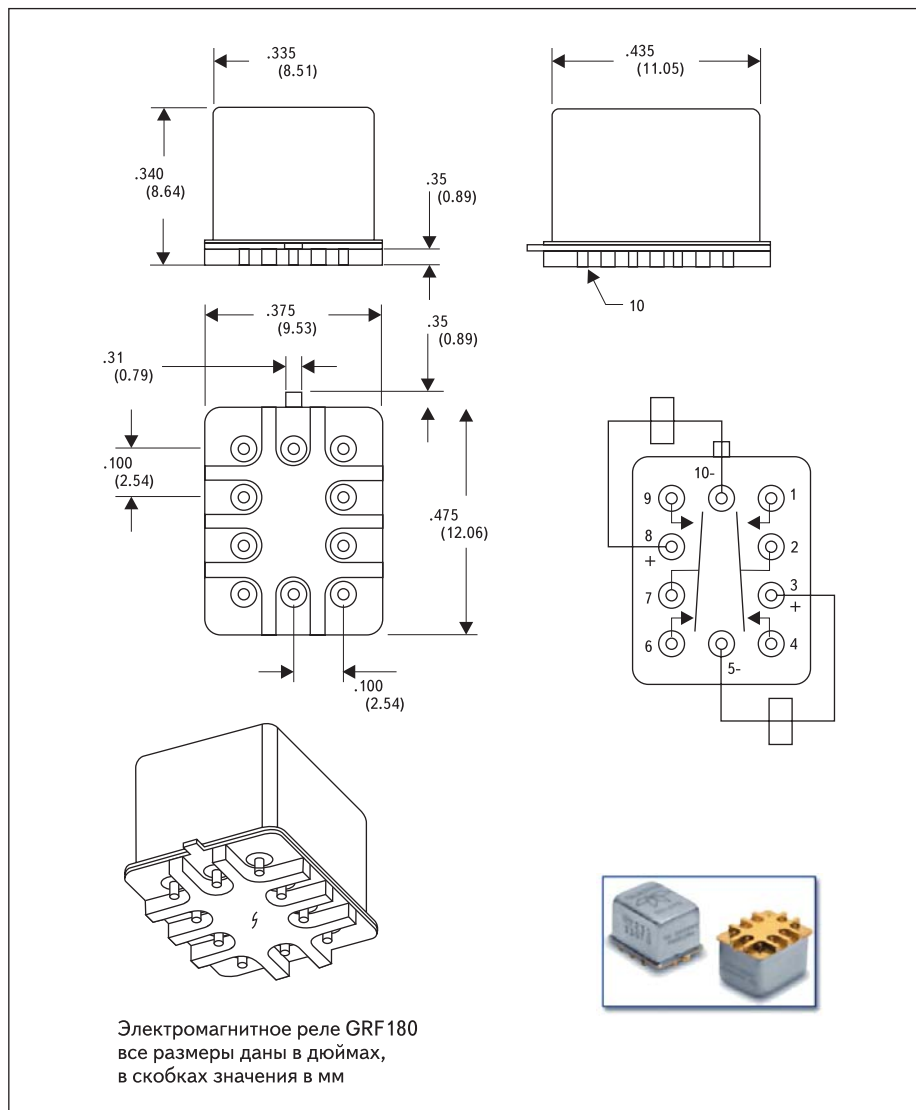


Рис. 10. Реле Teledyne GRF180

рошо известная как производитель средств автоматизации. Она выпустила на рынок серию реле G6Z (рис. 8), которая рассчитана на максимальную частоту до 2,6 ГГц и по многим параметрам схожа с реле серии RA производства Nais.

Компоненты, подобные продукции компании Tусо/СII, производит компания Teledyne, которая известна больше как производитель средств автоматизации. Teledyne выпускает компактные реле в миниатюрных корпусах в исполнении «Military». Как правило, эти компоненты помещаются в корпуса, похожие на корпуса кварцевых генераторов (рис. 9). В линейке этой компании есть несколько видов реле, рассчитанных на коммутацию сигналов высокой частоты. Например, реле серии RF100, содержащие две группы переключающих контактов, способны коммутировать сигнал с частотой до 6 ГГц и очень похожи по конструктиву на реле MW6 компании CII. Идя в ногу со временем, Teledyne стала производить новое реле GRF180 для SMD-монтажа (рис. 10), которое

также рассчитано на коммутацию сигнала частотой до 6 ГГц и разработано для использования в радиорелейных станциях, системах спутникового телевидения и точных измерительных приборах. GRF180 имеет улучшенную защиту от действия вибрации, благодаря чему выдерживает единичные удары с ускорением до 100 g и вибрационную нагрузку до 30 g при частоте до 500 Гц. Подобные реле можно рекомендовать для носимой аппаратуры и техники, работающей в жестких условиях эксплуатации, такой как автомобильная аппаратура, носимые СВЧ-устройства. ■

### Литература

1. <http://www.nais-e.com/pimites/>
2. <http://www.nais-e.com/relay/mems/>
3. <http://relays.tycoelectronics.com/cii.asp>
4. <http://relays.tycoelectronics.com/axicom/HF3.stm>
5. [http://www.europe.omron.com/en/cor/ecb/home/productselector/Relays/PCB\\_Signal\\_Relays/auto\\_G6Z.asp](http://www.europe.omron.com/en/cor/ecb/home/productselector/Relays/PCB_Signal_Relays/auto_G6Z.asp)
6. <http://www.macom.com/Tech%20Apps/index.htm>