

Высокочастотные переключательные матрицы компании Dow-Key

Николай ЕГОРОВ,
к. т. н.

Для коммутации сигналов в радиотехнике и телекоммуникациях широко используются высокочастотные переключательные матрицы. Они применяются при разработке радиоэлектронной аппаратуры для тестирования и измерений, в качестве составных частей различных радиоэлектронных систем и комплексов, во время научных исследований и экспериментов. В данной статье рассматриваются соответствующие изделия компании Dow-Key — одного из ведущих производителей в этой сфере.

Введение

Американская компания Dow-Key [1], ведущий мировой производитель переключателей и матриц ВЧ/СВЧ-диапазона, начала свою деятельность в 1945 году. Компания уже достаточно давно зарекомендовала себя как передовой разработчик электромеханических переключателей многих типов, отличающихся высокой эффективностью и надежностью в работе и обеспечивающих число циклов переключения свыше 1 млн. Принципы функционирования и особенности высокочастотных электромеханических переключателей различных производителей были подробно рассмотрены в [2].

Компания Dow-Key также значительно продвинулась по другим направлениям и предлагает более сложные средства для переключения сигналов, выполненные с использованием разнообразных электронных технологий и предназначенные как для гражданских, так и для специальных приложений. В настоящее время компания разрабатывает и выпускает электромеханические, твердотельные и волоконно-оптические ВЧ/СВЧ переключательные матрицы. Данные изделия отличаются общим значительным диапазоном рабочих частот, широкополосным и узкополосным исполнением, разнообразием конфигураций, многими алгоритмами переключения каналов, высокой коммутируемой мощностью, длительным жизненным циклом.

В статье представлен обзор различных групп переключательных матриц и других изделий.

Модули со многими электромеханическими переключателями

Электромеханические переключательные устройства — это самая большая группа изделий, существенно различающихся по структуре, алгоритмам функционирования и характеристикам.

Переключательные решения серии MS представляют собой модули с множеством отдельных переключателей. Данные модули являются логическим продолжением отдельных высокочастотных переключателей и могут рассматриваться как переходное звено к матрицам. Эти решения компании позволяют устанавливать в стандартные корпуса для 19-дюймовых приборных стоек со стороны задней панели группу коаксиальных переключателей, при этом может использоваться широкий перечень переключателей SPDT–SP12T (табл. 1). В модулях предусмотрены как нормально разомкнутые (normally open), так и переключатели с фиксацией положения (latching). Контакты первых при снятии управляющего напряжения возвращаются в ис-

ходное состояние, контакты вторых остаются в замкнутом состоянии. Переключатели могут быть как с нагрузкой, так и без нее, применяемые соединители — SMA female или N female.

Приведенные в таблице 1 данные наглядно показывают, как с увеличением рабочей частоты снижается допустимая входная мощность для переключателей.

Для всех моделей время переключения составляет 50 мс, минимальный жизненный цикл — 1 млн переключений, диапазон рабочих температур 0...+50 °С, то есть устройства используются только внутри отапливаемых помещений, электропитание осуществляется от сети переменного тока 110–240 В, 50–60 Гц (такие параметры температурного режима и электропитания характерны и для изделий других групп, которые рассмотрены в следующих подразделах).

Размеры модулей существенно различаются в зависимости от типов устанавливаемых переключателей (рис. 1): так, высота может изменяться в пределах 1–4U (U — юнит, единица измерения высоты оборудования, равная 44,45 мм).

Локальное управление модулями происходит либо с помощью LCD-дисплея и клавиатуры, либо с помощью сенсорного LCD-дисплея, которые расположены на передней панели.

Таблица 1. Характеристики модулей с переключателями разных типов

Типы переключателей, особенности	Диапазон рабочих частот, Гц	КСВН	Развязка, дБ	Вносимые потери, дБ	Максимальная непрерывная входная мощность, Вт
SPDT / DPDT, с фиксацией, без нагрузки	DC–1	1,1	85	0,1	200
	1–4	1,2	80	0,2	100
	4–8	1,3	70	0,3	50
	8–12	1,4	65	0,4	35
	12–18	1,5	60	0,5	25
SP3T–SP6T, нормально разомкнутые, без нагрузки	DC–3	1,2	80	0,2	125
	3–8	1,3	70	0,3	90
	8–12,4	1,4	60	0,4	75
	12,4–18	1,5	60	0,5	60
SP8T, с фиксацией, с нагрузкой	DC–4	1,2	80	0,2	100
	4–8	1,3	75	0,3	90
	8–12,4	1,4	70	0,4	75
	12,4–18	1,5	60	0,5	60
	18–26,5	1,8	55	0,8	45
SP10T, нормально разомкнутые, без нагрузки	DC–4	1,2	70	0,2	100
	4–8	1,3	65	0,3	70
	8–12,4	1,4	60	0,4	60
	12,4–18	1,6	55	0,6	50
SP12T, нормально разомкнутые, без нагрузки или с фиксацией и с нагрузкой	DC–4	1,2	70	0,2	100
	4–8	1,4	65	0,4	50
	8–12,4	1,5	60	0,6	35
	12,4–18	1,8	60	0,8	25



Рис. 1. Внешний вид модулей с переключателями серии MS с высотой 1, 2 и 3U

Для удаленного управления модулями применяются интерфейс Ethernet (TCP/IP), 10/100 BASE-T, интерфейс GPIB (IEEE-488) и порты RS-232 и USB.

В дополнение к готовым модулям с переключателями в данной серии изделий компания предлагает контроллер MS-6101, позволяющий пользователям создать собственное решение. Контроллер предусматривает установку со стороны задней панели до 24 переключателей разного типа, управляемых с помощью интерфейса CAN и соединителей RJ11. Размеры контроллера 1U×15,25"×19", масса 4,54 кг. При необходимости установки большего числа переключателей контроллер может расширяться.

Мультиплексоры

Мультиплексоры серии MP — это устройства, позволяющие подключать один вход к одному из многих выходов. Устройства являются двунаправленными. Они выпускаются с конфигурацией от 1×13 до 1×143 (табл. 2).

Мультиплексоры для разных конфигураций имеют высоту корпуса 1–4U (рис. 2).

В мультиплексорах применяются только многопозиционные переключатели типов

Таблица 2. Характеристики мультиплексоров с различными конфигурациями

Конфигурация	Типы используемых переключателей, соединители	Диапазон рабочих частот, ГГц	КСВН	Развязка, дБ	Вносимые потери, дБ	Максимальная непрерывная входная мощность, Вт
От 1×13 до 1×84	SP10T и/или SP12T, без нагрузки, SMA female	DC–4	1,3	70	1,0	100
		4–8	1,35	65	1,5	70
		8–12,4	1,5	60	1,5	60
От 1×85 до 1×120	SP10T и/или SP12T, без нагрузки, SMA female	DC–4	1,3	70	2	100
		4–8	1,35	65	3	70
		8–12,4	1,5	60	4	60
От 1×21 до 1×143	SP12T, без нагрузки, SMA female	DC–4	1,3	70	2	100
		4–8	1,45	65	3,5	70
		8–12,4	1,6	60	4,5	60
		12,4–18	2	55	5,5	50



Рис. 2. Мультиплексор серии MP с высотой корпуса 3U

SP10T и/или SP12T, помимо соединителей SMA female могут применяться соединители N female.

Матрицы с динамической многоканальной коммутацией

Для сложных измерительных задач и комплексных измерительных установок компания разработала переключательные матрицы с динамической многоканальной коммутацией (они носят обозначение crossbar — с перекрестным подключением). Эти матрицы позволяют тестировать группу устройств со многими входами и выходами без необходимости проводить постоянную перекоммутацию высокочастотных кабелей

в измерительной установке. Данные матрицы позволяют направлять любой входной сигнал на любой выходной порт, при этом картина подключения входных и выходных портов изменяется и является уникальной для каждого момента времени.

Данная группа устройств представлена матрицами серии СВ. Они выпускаются с конфигурациями от 2×2 до 12×12 (табл. 3).

В этих матрицах в переключателях используются соединители SMA- или N-типа. Как видно, матрицы серии СВ изготавливаются для большего числа частотных поддиапазонов, чем рассмотренные ранее устройства, они также характеризуются высокой развязкой. В зависимости от конфигурации матрицы серии СВ имеют размеры (1–2)U×15,25"×19" и (3–4)U×18,5"×19".

Широкополосные распределительные матрицы

В распределительных матрицах серий 4601 и 4701 сигнал с любого входного порта может разделяться и одновременно транслироваться на множество выходных портов (принцип действия fan-out). Входные радиочастотные сигналы вначале усиливаются с помощью высоколинейных усилителей для компенсации потерь, и уже потом они разделяются и подаются на разные выходы. Это однонаправленные матрицы, они могут функционировать в очень широкой полосе частот 1–18 ГГц. Их характеристики приведены в таблице 4.

Таблица 3. Характеристики матриц серии СВ

Конфигурация	Типы используемых переключателей	Диапазон рабочих частот, ГГц	КСВН	Развязка, дБ	Вносимые потери, дБ	Максимальная непрерывная входная мощность, Вт
От 2×2 до 10×10	SP10T, нормально разомкнутые, без нагрузки	DC–4	1,3	80	2	100
		4–8	1,35	80	3	90
		8–12	1,45	80	3,5	75
		12–16	1,55	80	4	65
		16–18	1,8	80	5	60
От 11×11 до 12×12	SP12T, нормально разомкнутые, без нагрузки	DC–4	1,3	80	2	100
		4–8	1,45	80	3,5	90
		8–12	1,55	80	4	75
		12–16	1,8	80	4,5	65
11×11, 12×11, 11×12	SP10T и/или SP12T, нормально разомкнутые или с возвратом в исходное положение (failsafe), с нагрузкой	DC–4	1,3	80	2,0	100
		4–8	1,45	80	3,5	90
		8–12	1,55	80	4	75
		12–16	1,8	80	4,5	65
		16–18	2	80	5,5	60

Таблица 4. Характеристики широкополосных распределительных матриц

Серия, конфигурация	Тип используемых переключателей	КСВН	Развязка вход/выход, дБ	Коэффициент усиления, дБ	Коэффициент шума, дБ	Точка пересечения по интермодуляции 3-го порядка, дБм	Максимальная входная мощность, дБм	Размеры
4601, от 4×4 до 8×8	SP8T, с фиксацией положения, с нагрузкой	2,5	60	0 ±2	11	10	20	3U×20"×19"
4701, от 9×9 до 12×12	SP12T, с фиксацией положения, с нагрузкой	2,5	60	0 ±2	11	10	15	4U×20"×19"

Таблица 5. Характеристики твердотельных распределительных матриц

Серия, конфигурация	Входные/выходные соединители	Диапазон рабочих частот, ГГц	КСВН	Развязка вход/выход, дБ	Коэффициент усиления, дБ	Коэффициент шума, дБ	Точка пересечения по интермодуляции 3-го порядка, дБм	Максимальная входная мощность, дБм
3202, от 6×6 до 12×12	SMA female	0,8–2,5	1,8	55	0 ±2	15	25	20
3203, от 8×8 до 8×16	BNC female	0,02–1,1	1,8	55	0 ±2	14	25	25
3204, от 6×6 до 12×12	SMA female	0,02–0,2	1,5	55	0 ±1	15	20	15
3205, от 6×6 до 12×12	SMA female	0,002–0,032	1,8	50	0 ±2	10	30	25

Таблица 6. Характеристики волоконно-оптических матриц

Серия, конфигурация матрицы	Конфигурация сегментов: crossbar / деление сигналов	Длина волны в оптическом диапазоне, нм	Вносимые потери для двух сегментов, дБ	Развязка между каналами, дБ	Обратное отражение, дБ	Потери в зависимости от времени, дБ	Максимальная входная оптическая мощность, мВт
7001, 16×16	8×14/2 сегмента 1×4	1530–1565	2/1,6	70	–50	0,3	500
7002, 16×16	14×15/1 сегмент 1×2	1530–1560	2/5,4	70	–47	0,4/0,55	500

Таблица 7. Характеристики крупногабаритных переключательных систем

Серия, тип системы, особенности	Конфигурация	Диапазон рабочих частот, ГГц	КСВН	Развязка между входом и выходом, дБ	Коэффициент усиления, дБ	Точка пересечения по интермодуляции 3-го порядка, дБм	Коэффициент шума, дБ	Размеры; вес, кг
5096, распределительная, однонаправленная, одна стандартная стойка	16×32, расширяется до 32×64	3,4–4,2	1,3:1	60	–14 ±2	4 (выход)	17	34U×21"×19"; 133,8 (32×64)
5190/5191, комбинирующая/распределительная, приемная и передающая стандартные стойки	48×12 — приемная часть с комбинированием; 12×48 — передающая часть с распределением	0,950–2,05	1,8:1	60	0 ±2,5	21 (выход)	17 (12×48), 21 (48×12)	по 16U×21"×19" передающая и приемная части и другие модули
5230, комбинирующая/распределительная, выполненная в виде нестандартного блока	48×4 — комбинирующая часть; 4×48 — распределительная часть	0,95–2,05	1,8:1	60	0 ±2	24 для распределит. части, 17 для комбинирующей	18 распределительная часть, 20 комбинирующая часть	9U×21"×19"

Время переключения для обеих матриц составляет 300 мс, их масса — 22,68 кг. Используемые соединители для входов и выходов различаются: N(f) и SMA(f) соответственно.

Матрицы оборудованы компьютерными блоками на основе Windows и съемными носителями для жестких дисков. Локальное управление матрицами обеспечивается с помощью сенсорного экрана, удаленное управление осуществляется с помощью интерфейса Ethernet (TCP/IP, 10/100/1000 BASE-T).

Твердотельные распределительные матрицы

Твердотельная технология является второй основой для изготовления переключательных матриц компании Dow-Key. На ее базе компания выпускает распределительные матрицы четырех серий для разных частотных диапазонов. Матрицы являются однона-



Рис. 3. Внешний вид твердотельных распределительных матриц

правленными. Их характеристики приведены в таблице 5.

Как видно, эти матрицы отличаются от других тем, что здесь, помимо относительно высокочастотных моделей (серия 3202), присутствуют и низкочастотные модели (серии 3204 и 3205), так, рабочие частоты матриц серии 3205 составляют 2–32 МГц.

Время переключения каналов для твердотельных матриц составляет 100 мс. Размеры данных матриц — 3U×21"×19", масса 18,1 кг (рис. 3).

Твердотельные матрицы также оборудованы компьютерными модулями на базе ОС Windows и устройствами для жестких дисков.

Данные матрицы оптимальны для спутниковых систем связи с относительно низкими рабочими частотами и значительной интенсивностью переключения каналов.

Волоконно-оптические матрицы

Интересную группу представляют собой матрицы, в которых используются волоконно-оптические технологии. В матрицах этого типа применяются одномодовый волоконно-оптический кабель, оптические МЭМС-переключатели и делители мощности. Используются МЭМС-переключатели без фиксации замкнутого состояния (non-latching). Также эти матрицы отличаются от других алгоритмами коммутации: они комбинируют методы динамической многоканальной коммутации (crossbar) и методы

распределения входных сигналов. В группу входят модели двух серий (табл. 6).

Комбинирование различных сегментов в матрицах происходит, к примеру, следующим образом. В модели 7001 сигналы с двух выходов (15 и 16) перенаправляются в обратную сторону — на входы 9–12 и 13–16 соответственно, что таким образом формирует два сегмента деления сигналов.

Время переключения для этих моделей составляет 35 мс, жизненный цикл 1 млрд переключений, что существенно лучше, чем в электромеханических и твердотельных матрицах. Размеры матриц 3U×20"×19", масса 13,61 кг.

Модели оборудованы компьютерными модулями, при этом локальное управление осуществляется с помощью сенсорного LCD-экрана и графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface — GUI). Для удаленного управления применяется интерфейс Ethernet.

Крупногабаритные переключательные системы

Помимо относительно компактных переключательных матриц, компания разрабатывает крупногабаритные переключательные системы с большим числом каналов (integrated systems). Они изготавливаются с помощью твердотельной технологии. Системы формируются объединением коммутационных и управляющих модулей на базе стандартных приборных стоек или специальных блоков. В группу входят системы трех серий, использующие разные алгоритмы коммутации каналов (табл. 7).

Первые две переключательные системы выполнены на основе стандартных, высоких приборных стоек. Удаленное управление ими осуществляется с помощью интерфейса RS-422. Третья модель изготовлена в виде относительно невысокого блока (рис. 4), для удаленного управления применяются два порта Ethernet.

Все переключательные системы оснащены встроенными компьютерными модулями на базе Windows и носителями для жестких дисков. При локальном управлении помимо



Рис. 4. Переключательные системы 5096 (слева) и 5230 (справа)

сенсорного экрана может применяться клавиатура или манипулятор мышь, подключаемые через порт USB. Крупногабаритные переключательные системы предназначены для наземных комплексов спутниковой связи.

Высокоэффективные переключательные матрицы и системы компании Dow-Key могут быть успешно использованы многими предприятиями и организациями России, работающими в сфере ВЧ- и СВЧ-радиотехники и радиоэлектроники. ■

Представителем компании Dow-Key в России является ООО «Радиокомп» [3].

Литература

1. www.dowkey.com
2. Кочемасов В. Н. Электромеханические переключатели ВЧ/СВЧ-сигналов — основные типы и производители. Части 1–3 // Электроника: НТБ. 2016. № 7–9.
3. www.radiocomp.ru