



Коаксиальные переходы серии ADP1A

Владимир Губа (vovg80@gmail.com), Олеся Быкова, Ольга Мосина (Томск)

Томская компания «НПК ТАИР» наладила серийное производство коаксиальных переходов ADP1A собственной разработки. Переходы являются прецизионными, относятся к измерительному классу и имеют специальную конструкцию соединителей с увеличенным ресурсом. В статье рассматриваются основные характеристики переходов и особенности их применения.

В случае необходимости приобретения переходов в короткие сроки нередко возникают проблемы, связанные с длительной поставкой или отсутствием необходимой номенклатуры. Компанией «НПК ТАИР» разработана линейка наиболее распространённых коаксиальных переходов измерительного класса и налажено их серийное производство. При разработке изделий особое внима-

ние было уделено унификации основных частей, что позволило сократить время производства каждого перехода и повысить стабильность получаемых характеристик. Непрерывная работа предприятия по обеспечению постоянного наличия продукции на складе позволяет выполнять отгрузку в день оплаты заказа.

В статье представлено описание особенностей конструкции, технических

характеристик, выполняемых функций и способов применения коаксиальных переходов серии ADP1A. Понимание того, какие из характеристик определяют качество соединения, какой перечень параметров обеспечит оптимальное решение поставленной задачи, как снизить риск поломки и повреждений совместно используемых устройств, позволит правильно выбрать переходы, укомплектовать рабочие места и спрогнозировать необходимость покупки новых изделий.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Переходы предназначены для соединения устройств в коаксиальных волноводах с диаметрами поперечных сечений 7,0/3,04 мм и 3,5/1,52 мм и типом соединителей N, III, 3,5 мм и IX. Верхняя граница диапазона рабочих частот составляет 32 ГГц. Внешний вид переходов показан на рисунке 1. Переходы рассчитаны на ежедневное применение при разработке, производстве и проверке различных радиотехнических устройств и систем, включая обеспечение их работоспособности во время эксплуатации, в условиях промышленного производства, лабораторий и в полевых условиях.

Переходы являются прецизионными и относятся к измерительному классу (в английской терминологии – precision instrument grade adapters). В связи с этим при их изготовлении предъявляются повышенные требования к:

- материалам деталей, свойствам и составу покрытий;
- геометрическим и механическим параметрам всех деталей переходов;
- ресурсу соединителей, при котором изменение характеристик переходов не превышает пределы допускаемых значений;
- коэффициенту отражения или КСВН;
- повторяемости коэффициента отражения при повторном подключении переходов;
- вносимым потерям;
- стойкости к внешним воздействующим факторам.



Рис. 1. Переходы серии ADP1A

Таблица 1. Особенности конструкции переходов серии ADP1A

Характеристика перехода	Определяющие конструктивные и технологические особенности
КСВН	Отклонение от номинальных значений геометрических размеров, влияющих на характеристический импеданс перехода – единицы микрон
	Шероховатость поверхностей не хуже, чем Ra 0,63 у внешних проводников и Ra 0,4 у центральных проводников
Потери	Уникальная патентованная конструкция опорной диэлектрической шайбы, обеспечивающая оптимальную эффективную диэлектрическую проницаемость
	Присоединительный размер не более 100 мкм
Повторяемость, ресурс	Воздушное заполнение, наличие только опорной диэлектрической шайбы
	Низкое переходное сопротивление за счёт обработки и покрытий проводников
Условия эксплуатации	Конструкция гнездового контакта с шестью ламелями щётчного типа
	Плоскостность и шероховатость контактных поверхностей внешнего проводника
	Износостойкое покрытие центрального проводника
	Соосность проводников
	Циклические испытания на автоматической установке с заданным количеством сочленений пары переходов по определённой программе
	Изготовление изолятора из полиэфиримида, что сохраняет геометрические размеры и диэлектрические характеристики практически неизменными в широком диапазоне температур



Рис. 2. Маркировка переходов серии ADP1A

Соответствие предъявляемым требованиям достигается благодаря применению ряда технологических и конструктивных решений (см. табл. 1).

Каждый переход имеет цветовую идентификацию согласно схеме, разработанной группой Р287 Института инженеров электротехники и электроники (IEEE). Кроме цветовой идентификации, переходы имеют особые маркеры в виде дополнительной проточки на корпусе или рифления на гайке для отличия метрических соединителей III и IX от дюймовых N и 3,5 мм соответственно. Наименование перехода, содержащее информацию о типах соединителей, выгравировано на его корпусе. Наличие трёх видов идентификации (буквен-

Таблица 2. Основные характеристики переходов серии ADP1A

Характеристика	Переходы в тракте 7,0/3,04 мм	Переходы между трактами 7,0/3,04 мм и 3,5/1,52 мм	Переходы в тракте 3,5/1,52 мм
Диапазон рабочих частот, ГГц	0...18	0...18	0...32
Вносимые потери, не более, дБ	0,10	0,10	0,15
КСВН, не более	1,05		
Повторяемость коэффициента отражения, дБ	-60		
Сопротивление изоляции, не менее, МОм	1000		
Рабочее напряжение, не более, В	1000	335	335
Количество сочленений (ресурс)	5000	3000	3000
Момент вращения гайки при сочленении:			
N и III, Н-м	1,1...1,7	1,1...1,7	-
3,5 мм и IX, Н-м	-	0,8...1,0	0,8...1,0
Рабочие условия эксплуатации			
Температура окружающего воздуха, °С	-60...+110		
Относительная влажность воздуха при температуре +25°С, не более, %	90		
Атмосферное давление, кПа	70...106,7		

ная, цветовая и маркерная) упрощает определение типа соединителей переходов при эксплуатации и делает процесс подключения более безопасным. (см. рис. 2)

В таблице 2 приведены основные характеристики переходов серии ADP1A. Более подробные характеристики переходов представлены в руководстве по их эксплуатации, которое можно найти на сайте изготовителя [1]. На рисунках 3–6 представлены графики типичных зависимостей коэффициентов передачи и отражения от частоты.

НАЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕХОДОВ

Переходы измерительного класса предназначены для выполнения целого ряда функций.

1. Соединение радиотехнических устройств и кабелей. Это применение является типичным и наиболее распространённым.
2. Работа в качестве защитных устройств (в английской терминологии – savers). При подключении к портам измерительных приборов, тестируемых модулей или к СВЧ-кабелям во время измерений или испытаний переходы предохраня-

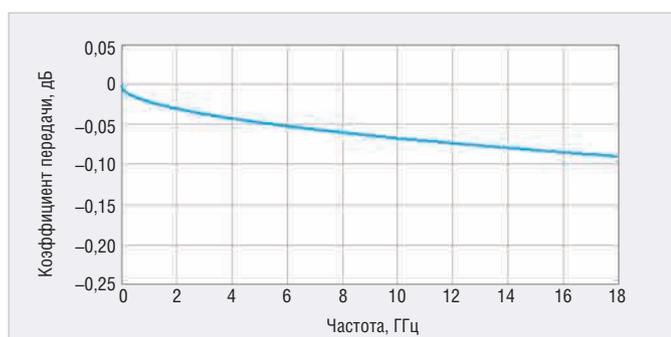


Рис. 3. Коэффициент передачи (вносимые потери) переходов в тракте 7,0/3,04 мм



Рис. 4. КСВН переходов в тракте 7,0/3,04 мм

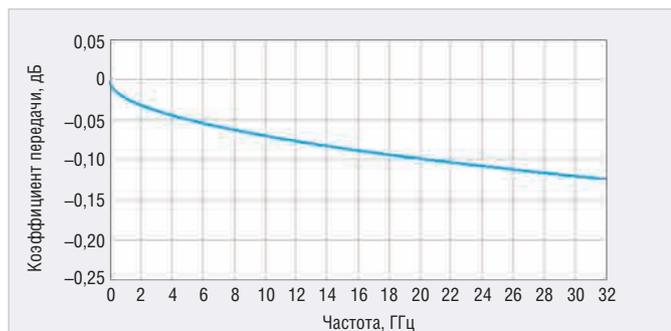


Рис. 5. Коэффициент передачи (вносимые потери) переходов в тракте 3,5/1,52 мм



Рис. 6. КСВН переходов в тракте 3,5/1,52 мм



Рис. 7. Использование переходов совместно с кабелем СВЧ

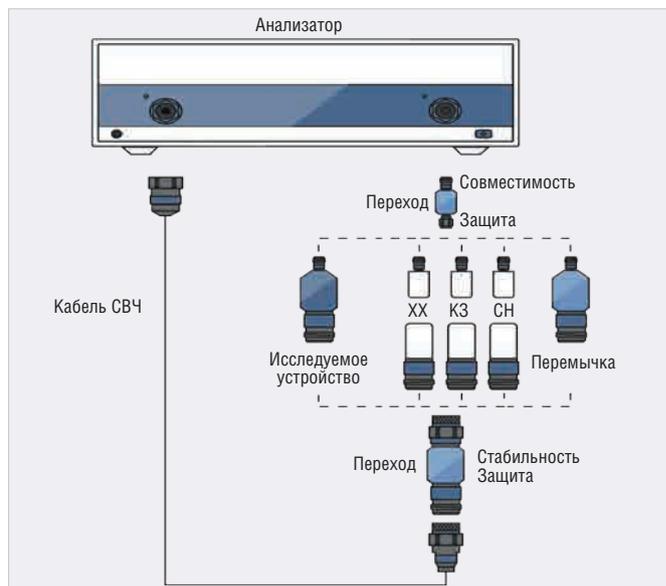


Рис. 8. Схема калибровки и измерений

ют их входы/выходы от повреждений и тем самым продлевают срок службы устройств. Поскольку переходы относятся к измерительному классу, они не приводят к ухудшению характеристик приборов даже самого высокого метрологического уровня. Переходы серии ADP1A имеют специальную конструкцию соединителей с увеличенным ресурсом, что обеспечивает защиту портов устройств в течение длительного времени. Эта особенность является наиболее актуальной при работе с измерительными приборами, стоимость которых достаточно высока и количество которых на предприятии, как правило, ограничено. Переходы серии ADP1A защищают порты, продлевают срок их службы и не искажают результаты измерений.

3. Улучшение параметров радиочастотных кабелей. При использовании совместно с СВЧ-кабелями переходы серии ADP1A защищают, как указано выше, и повышают стабильность соединителей. Требования к соосности проводников и качеству изготовления контактных поверхностей у соединителей переходов измерительного класса гораздо жестче, чем у соединителей кабельных сборок. Практически любой СВЧ-кабель, даже самого высокого класса, чувствителен к изгибу. В момент изгиба происходит смещение центрального проводника, которое приводит к изменению его электрических характеристик, в частности S-параметров. Чем выше класс кабеля, тем меньше подобное смещение, тем стабильнее

амплитудно- и фазочастотные характеристики кабеля в целом. Например, в системах на основе векторного анализатора цепей (ВАЦ) даже незначительное изменение электрических характеристик кабеля отражается на стабильности плоскости «калибровки», т.е., другими словами, на погрешности измерений S-параметров исследуемых устройств. Существует и ряд других приложений, где качество измерений параметров сигналов или цепей напрямую зависит от стабильности параметров кабеля при изменении его положения, поэтому для дополнительной механической развязки центрального проводника кабеля относительно плоскости подключения к нему какого-либо устройства или прибора рекомендуется использовать переходы измерительного класса (см. рис. 7). Таким образом, применение переходов измерительного класса позволяет повысить качество измерений в системах, неотъемлемой частью которых являются СВЧ-кабели, оказывающие непосредственное влияние на результаты.

4. Переходы самостоятельно выступают в качестве мер коэффициентов передачи и отражения и используются в процессе калибровки или проверки радиотехнических средств измерений, если это установлено в их документации. Для переходов как средств измерений или эталонов единицы величины устанавливается прослеживаемость результатов измерений к государственному первичному эталону ГЭТ 75. Перехо-

ды серии ADP1A на выходе из производства могут быть дополнительно проверены на векторном анализаторе цепей высокой точности. На основании проверки выдается сертификат заводской калибровки и s2p-файл, содержащий значения комплексных коэффициентов передачи и отражения перехода в диапазоне рабочих частот.

5. Переходы входят в состав измерительных приборов, расширяя их функциональные возможности.

ВЕКТОРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ

Для измерения S-параметров многополюсников чаще всего используют векторные анализаторы цепей как средства, обладающие самой высокой точностью. ВАЦ представляет собой систему, состоящую из компаратора, кабелей и переходов, наборов мер коэффициентов передачи и отражения и управляющего программного обеспечения.

Для того чтобы обеспечить соответствие системы заявленным характеристикам, её необходимо правильно сконфигурировать, используя необходимые кабели и переходы для подключения исследуемых устройств, и выполнить «калибровку». В данном случае под термином «калибровка» подразумевается штатная процедура настройки ВАЦ перед использованием, схожая по назначению с установкой нуля и проверкой диапазона для некоторых радиоизмерительных приборов. «Калибровку» можно считать реальным способом управления

точностью проводимых измерений. К этой процедуре следует относиться с особой тщательностью и пониманием. Для проведения «калибровки» используют специальные наборы мер, состоящие из нагрузок, максимально перекрывающих комплексную плоскость S-параметров, а также отрезков линий передачи и переходов. Переходы в такой системе могут выполнять несколько функций (см. рис. 8):

1. Обеспечение совместимости соединителей измерительных портов и исследуемых устройств. Для расширения типов соединителей, поддерживаемых ВАЦ, в первую очередь в его состав должны быть включены прецизионные переходы класса не ниже измерительного. Используемые для этой цели переходы должны не только обеспечивать механическую совместимость портов ВАЦ и исследуемых устройств, но и не приводить к ухудшению электрических параметров портов.
2. Мера «перемычка» при выполнении «калибровки». Для проведения полной двухпортовой «калибровки» ВАЦ, обеспечивающей максимальную точность при одновременном измерении коэффициентов передачи и отражения исследуемого устройства, требуется мера «перемычка». Функцию перемычки может выполнять переход:
 - переходы могут выступать в качестве меры «неизвестная перемычка» при тестировании устройств, например, с разными типами соединителей;
 - при наличии описания в виде S-параметров переходы могут применяться в качестве меры «известная перемычка», если векторный анализатор цепей не поддерживает режим «калибровки» с «неизвестной перемычкой».
3. Смещение плоскости «калибровки». В процессе измерений может возникнуть ситуация, когда «калибровка» уже проведена и требуется подключить исследуемое устройство с другими соединителями. В этом случае измерение параметров устройства обычно проводят совместно с подключёнными переходами. Для компенсации влияния переходов на результаты измерений S-параметров осуществляют перенос плоскости «калибровки»:
 - с помощью функций встраивания или исключения электрических це-

Таблица 3. Отличительные особенности соединителей в метрическом и дюймовом исполнении

Тип соединителя	Диаметр штыря центрального проводника соединителя «вилка», d, мм	Диаметр отверстия в гнездовом контакте соединителя «розетка», D, мм	Тип резьбы
N	1,651±0,013	1,600...1,676	5/8"-24UNEF
III	1,700 _{-0,025}	1,675...1,700	M16×1
3,5 мм	0,927±0,008	0,902...0,940	1/4"-36UNS
IX	0,900 _{-0,025}	0,875...0,900	M6×0,75

- пей, если известны S-параметры перехода;
- с помощью функции «удлинение порта», если S-параметры перехода являются неизвестными (для этого в номенклатуре технических характеристик переходов серии ADP1A дополнительно представлена электрическая длина).
4. Защита соединителей различных устройств и обеспечение повторяемости результатов измерений при многократном подключении. Для предотвращения поломки соединителей измерительных портов ВАЦ рекомендуется использовать переходы. Качество переходов должно быть таким, чтобы при многократном подключении к ним исследуемых устройств параметры ВАЦ оставались на должном уровне в течение длительного времени.

ВАТТМЕТРЫ СВЧ

Ваттметры предназначены для измерений мощности непрерывных и модулированных СВЧ-колебаний в различных трактах. Приборы обеспечивают максимальную точность измерений в широком диапазоне частот и мощностей. По принципу действия они делятся на ваттметры поглощаемой мощности и ваттметры проходного типа.

В целях расширения области применения ваттметров в их состав добавляются переходы измерительного класса, обеспечивающие проведение измерений с разными типами соединителей. Для достижения согласования измерительного тракта с номинальным характеристическим импедансом линии передачи 50 Ом КСВН переходов должен быть как можно ниже. За счёт этого снижается основная погрешность измерений СВЧ-мощности, вызванная эффектом несогласования между источником сигнала и ваттметром.

Если переходы используются в процессе измерений мощности СВЧ с пределами допустимой относительной погрешности более 6% (класс б и

хуже по ГОСТ 8.569), то допускается не учитывать их параметры, но рекомендуется убедиться, что неисклѳенная систематическая погрешность, обусловленная влиянием перехода, его S-параметрами, в реальных условиях применения ваттметра менее заданного уровня.

Тем не менее для получения более точных результатов измерений S-параметры переходов необходимо учитывать. Программное обеспечение большинства современных ваттметров имеет функцию автоматической компенсации S-параметров устройств, подключённых к их входу. Достаточно лишь загрузить файл описания перехода в программное обеспечение ваттметра, и оно автоматически пересчитает результат измерений в зависимости от коэффициентов передачи и отражения перехода. Если в процессе измерений известен коэффициент отражения выхода источника сигнала, то производители ваттметров рекомендуют использовать функцию гамма-коррекции, которая учитывает несогласование в тракте, делая результат измерений мощности ещё более точным. Стоит отметить, что гамма-коррекция работает совместно с функцией исключения S-параметров, если эти параметры известны и корректно загружены в программное обеспечение ваттметра.

ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ, ЧАСТОТОМЕРЫ, АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА И ПРОЧИЕ ПРИБОРЫ

Для данных приборов самыми важными функциями переходов являются уже рассмотренные выше соединения и защита. При совместном использовании зарубежных и отечественных радиотехнических устройств и приборов существует проблема соединения их между собой. Отличия отечественных соединителей от зарубежных заключаются в резьбе элементов соединения внешнего проводника и в диаметре контактов центрального проводника (см. табл. 3).



Так, например, проблема совместимости резьбы заключается в том, что внешний диаметр метрической резьбы М6×0,75 равен 6 мм (тип соединителя IX), а у дюймовой резьбы 1/4"-36UNS диаметр составляет 6,35 мм (тип соединителя 3,5 мм). По этой причине метрический соединитель «вилка» невозможно накрутить на дюймовый соединитель «розетка». Подобная ситуация возникает с резьбами М16×1 и 5/8"-24UNEF: внешний диаметр резьбы М16×1 равен 16 мм (тип соединителя III), а внешний диаметр резьбы 5/8"-24UNEF составляет 15,87 мм (тип соединителя N) – поэтому дюймовый соединитель «вилка» невозможно накрутить на метрический соединитель «розетка».

Существует возможность совмещения метрических и дюймовых соединителей в некоторых комбинациях: розетка типа N с вилкой типа III и вилка типа 3,5 с розеткой типа IX при условии, что длина резьбы не будет превышать 3–4 витка. При таком соединении не обеспечивается качественный электрический контакт по внешнему проводнику, что может привести к механиче-

скому повреждению центрального проводника.

При подключении несоответствующих друг другу контактов происходит соединение с повышенным усилием включения и выключения. Это может привести к преждевременному стиранию покрытия штыревого контакта, поломке ламелей гнездового контакта, смещению центральных проводников вдоль оси и повреждению диэлектрических опор. В связи с этим подключать устройства с разными типами соединителей запрещается. Соединение таких устройств между собой является одной из причин ухудшения надёжности радиотехнических устройств, сокращения срока их службы или выхода из строя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компания «НПК ТАИР» наладила серийное производство переходов измерительного класса с самыми востребованными типами соединителей, включая метрическое и дюймовое исполнение.

Предлагаемые переходы являются прецизионными, имеют низкий КСВН

и малые вносимые потери. Соединители имеют повышенный ресурс, а их конструкция обеспечивает высокую повторяемость и воспроизводимость результатов измерений при повторном подключении. Применяемая маркировка соответствует международной системе идентификации типов соединителей и позволяет избежать ошибок при подключении. На этапе выхода из производства характеристики переходов могут быть измерены на векторном анализаторе цепей высокой точности с выдачей сертификата заводской калибровки и файла с описанием частотных зависимостей коэффициентов передачи и отражения. Область применения переходов охватывает процессы разработки и производства любых устройств в радиотехнике, в том числе приложения с повышенными требованиями к метрологическому обеспечению. Переходы серии ADP1A могут отгружаться со склада готовой продукции в самые короткие сроки.

ЛИТЕРАТУРА

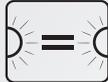
1. ООО «НПК ТАИР»: www.npktair.com
2. ООО «Планар»: www.planarchel.ru





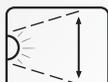
МОЩНЫЕ СВЕТОДИОДЫ LUXEON



- 

Однородность цветовых характеристик
- 

Высокий индекс цветопередачи
- 

Стабильность цветовой температуры
- 

Постоянство углового распределения спектра
- 

Постоянство характеристик во времени



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIP.RU ▪ WWW.PROCHIP.RU





ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

100% РОССИЙСКАЯ КОМПАНИЯ



ЗАКАЗНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Разработка электронного оборудования по ТЗ заказчика в кратчайшие сроки

- Модификация КД существующего изделия
- Разработка спецвычислителя на базе СОМ-модуля
- Конфигурирование модульного корпусированного изделия
- Сборка магистрально-модульной системы по спецификации заказчика
- Разработка изделия с нуля



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Контрактная сборка электроники уровней: модуль / узел / блок / шкаф / комплекс

- ОКР, технологические консультации и согласования
- Макеты, установочные партии, постановка в серию
- Полное комплектование производства импортными и отечественными компонентами и материалами
- Поддержание складов, своевременное анонсирование снятия с производства, подбор аналогов
- Серийное плановое производство
- Тестирование и испытания по методикам и ТУ
- Гарантийный и постгарантийный сервис