

Лекция 3 Пассивные оптические компоненты

3.1. Оптические разветвители

Одним из наиболее важных устройств, относящихся к пассивным компонентам ВОЛС, является оптический разветвитель (coupler, другое название splitter). Разветвители широко используются при построении распределенных волоконно-коаксиальных сетей кабельного телевидения, а также в межгосударственных проектах полностью оптических сетей (all-optical networks). В обоих случаях сети без использования разветвителей были бы значительно дороже.

Оптический разветвитель представляет собой в общем случае многополюсное устройство, в котором излучение, подаваемое на часть входных оптических полюсов, распределяется между его остальными оптическими полюсами [1].

Различают направленные и двунаправленные разветвители, а также разветвители, чувствительные к длине волны и нечувствительные. В двунаправленном разветвителе каждый полюс может работать или на прием сигнала, или на передачу, или осуществлять прием и передачу одновременно, так что группы приемных и передающих полюсов могут меняться местами в функциональном смысле.

Основные категории оптических разветвителей следующие, древовидный разветвитель; звездообразный разветвитель; ответвитель.

Древовидный разветвитель (tree coupler)

Древовидный разветвитель осуществляет расщепление одного входного оптического сигнала на несколько выходных, или выполняет обратную функцию - объединение нескольких сигналов в один выходной (рис. 3.1 а). Обычно древовидные разветвители распределяют мощность в равной степени между всеми выходными полюсами. Конфигурация полюсов обозначается как $p \times m$, где p - число входных полюсов (для древовидного разветвителя $p = 1$), а m - число выходных полюсов, когда устройство работает в режиме расщепления. В поставляемых в настоящее время моделях количество выходных портов может находиться в пределах от 2 до 32. Большинство древовидных разветвителей полностью двунаправленные. Поэтому разветвитель может выполнять функцию объединения сигналов. Передаточные параметры для разных выходных полюсов разветвителя стремятся делать более близкими друг другу.

Звездообразный разветвитель (star coupler)

Звездообразный разветвитель обычно имеет одинаковое число входных и выходных полюсов. Оптический сигнал приходит на один из p входных полюсов и в равной степени распределяется между p выходными полюсами. Больше распространение получили звездообразные разветвители 2×2 и 4×4 .

Во избежание путаницы по входным и выходным полюсам, принято обозначать входные полюса латинскими буквами, а выходные полюса - цифрами, рис. 3.1 б. Звездообразные разветвители распределяют мощность в равной степени между всеми выходными полюсами.

Ответвитель (tap)

Ответвитель - это обобщение древовидного разветвителя, когда выходная мощность распределяется необязательно в равной пропорции между выходными полюсами, рис.2.1 в. Конфигурации ответвителей бывают 1x2, 1x3, 1x4, 1x5, 1x6, 1x8, 1x16, 1x32.

Некоторая доля (меньше 50%) выходной мощности идет на канал (каналы) ответвления, в то время как большая часть остается в магистральном канале. Выходные полюса нумеруются в порядке убывания мощности.

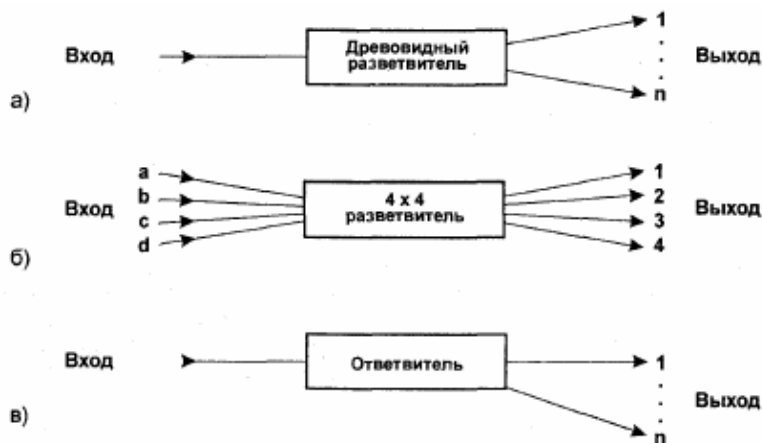


Рис. 3.1. Типы разветвителей: а) древовидный разветвитель; б) звездообразный разветвитель; в) Ответвитель

Наиболее общий способ представления данных о разветвителе основан на построении матрицы потерь. Для разветвителя $p \times p$ экспериментальным образом замеряются все приведенные выше коэффициенты, и строится матрица размером $2n \times 2n$. Пример матрицы разветвителя 4x4 (рис. 3.1 б) приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Типовая матрица потерь дБ

Вход (i)	Выход (j)							
	a	b	c	d	1	2	3	4
a	—45,5	—48,5	—47,2	—49,7	6,8	6,9	6,8	6,7
b	—47,6	—46,1	—47,4	—49,7	6,9	6,8	6,8	6,6
c	—49,8	—47,6	—45,9	—46,9	6,6	6,8	6,8	6,7
d	—50,5	—48,2	—48,9	—46,2	6,6	6,7	6,8	6,7
1	6,7	6,8	6,9	6,7	—47,1	—47,3	—48,9	—46,6
2	6,7	6,8	6,8	6,7	—47,8	—46,5	—49,7	—48,3
3	6,7	6,9	6,8	6,7	—48,3	—46,5	—47,7	—48,5
4	6,7	6,6	6,9	6,8	—47,3	—46,7	—49,1	—47,9

На диагонали матрицы стоят коэффициенты потерь на обратном рассеянии, где в качестве канала входной последовательно выбираются полюса от а до 4. Из оставшихся числа в диапазоне 6,6-6,9 дБ соответствуют коэффициентам передачи, остальные - коэффициентам направленности.

В табл. 3.2 приведена номенклатура оптических ответвителей, рассчитанных на одномодовое волокно, производства ADC Telecommunications.

Таблица 3.2. Номенклатура оптических ответвителей под одномодовое волокно [11]

Код ответвителя	Тип ответвителя	Соотношение разветвления (%)	Коэффициенты передачи (дБ, max)	Коэффициенты передачи (дБ, типовое)
200	1x2	50/50	3,7/3,7	3,1/3,1
201	(3) 1x2	(50/50) x3	(3,7/3,7) x3	(3,1/3,1) x3
210	1x2	55/45	3,2/4,1	2,7/3,6
220	1x2	60/40	2,7/4,7	2,3/4,1
230	1x2	65/35	2,3/5,3	2,0/4,7
240	1x2	70/30	2,0/6,0	1,7/5,4
250	1x2	75/25	1,6/6,8	1,4/6,2
260	1x2	80/20	1,3/7,8	1,1/1,7
270	1x2	85/15	1,0/9,2	0,8/8,4
280	1x2	90/10	0,8/11,2	0,6/10,2
290	1x2	95/5	0,5/14,4	0,4/13,2
305	1x3	70/15/15	2,0/9,7/9,7	1,7/8,5/8,5
310	1x3	60/20/20	2,7/8,4/8,4	2,3/7,2/7,2
320	1x3	55/25/20	3,2/7,3/8,2	2,7/6,3/7,2
330	1x3	50/30/20	3,7/6,4/8,4	3,1/5,4/7,2
340	1x3	50/25/25	3,7/7,4/7,4	3,1/6,2/6,2
350	1x3	40/40/20	5,0/5,0/7,3	4,2/4,2/7,1
360	1x3	40/35/25	5,0/5,3/7,0	4,3/4,7/6,1
370	1x3	40/30/30	4,7/6,4/6,4	4,1/5,4/5,4
380	1x3	35/35/30	5,7/5,7/6,0	4,8/4,8/5,4
390	1x3	33/33/33	5,9/5,9/5,9	5,0/5,0/5,0
391	(2) 1x3	(33/33/33) x2	(5,9/5,9/5,9) x2	(5,0/5,0/5,0) x2
410	1x4	40/30/15/15	4,7/6,4/10,1/10,1	4,1/5,4/8,5/8,5
420	1x4	40/25/20/15	4,9/7,0/8,2/10	4,2/4,3/7,3/8,8
430	1x4	40/20/20/20	4,9/8,4/8,4/8,4	4,2/7,2/7,2/7,2
440	1x4	35/35/15/15	5,7/5,7/9,7/9,7	4,8/4,8/8,5/8,5
450	1x4	35/25/25/15	5,7/7,4/7,4/9,7	4,8/6,2/6,2/8,5
460	1x4	35/25/20/20	5,4/7,4/8,4/8,4	4,6/6,4/7,2/7,2
470	1x4	30/30/20/20	6,4/6,4/8,4/8,4	5,4/5,4/7,2/7,2
480	1x4	30/25/25/20	6,4/7,4/7,4/8,4	5,4/6,2/6,2/7,2
490	1x4	25/25/25/25	7,4/7,4/7,4/7,4	6,2/6,2/6,2/6,2
510	1x5	25/25/20/15/15	7,4/7,4/8,4/10,1/10,1	6,2/6,2/7,2/8,5/8,5
520	1x5	25/20/20/20/15	7,0/8,6/8,6/8,6/10	6,1/7,3/7,3/7,3/8,8
530	1x5	20/20/20/20/20	8,6/8,6/8,6/8,6/8,6	7,3/7,3/7,3/7,3/7,3
610	1x6	20/20/15/15/15/15	8,4/8,4/10,1/10,1/10,1/10,1	7,2/7,2/8,5/8,5/8,5/8,5
800	1x8	12,5/12,5/...12,5	11,3/11,3/...11,3	9,5/9,5/...9,5
116	1x16	6,25/6,25/...6,25	14,9/14,9/...14,9	12,7/12,7/...12,7
132	1x32	3,13/3,13/...3,13	18,5/18,5/...18,5	15,8/15,8/...15,8

3.2. Устройства волнового уплотнения WDM

Устройство волнового (спектрального) уплотнения WDM - WDM фильтр - выполняет функции мультиплексирования MUX (объединения) или демультиплексирования DEMUX (выделения или фильтрации) оптических сигналов разных длин волн - *каналов* - а одно волокно из множества волокон или из одного волокна в несколько волокон. На передающей и приемной сторонах могут устанавливаться однотипные устройства, но работающие в режимах MUX и DEMUX соответственно. Сам факт существования устройств WDM основан на свойстве волокна пропускать множество каналов, которые распространяются по волокну, не взаимодействуя между собой, рис. 3.2.

Первые устройства WDM появились в начале 90-х годов. В основном это были широкозонные двухканальные системы с длинами волн 1310 им и 1550 им. В дальнейшем по мере все большего освоения окна 1550 им появляются прецизионные узкозонные WDM устройства с мультиплексируемыми длинами волн, полностью лежащими в окне 1550 им. Это позволяет строить протяженные магистрали с множеством каналов на волокно. Катализатором прогресса становятся оптические усилители EDFA. Практически вся рабочая область длин волн (pass-band), в которой усилитель EDFA имеет достаточно высокий коэффициент усиления и приемлемое отношение сигнал/шум (1530-1560 им), отводится в распоряжение систем волнового уплотнения. Термин DWDM (dense wavelength division multiplexer) плотное волновое мультиплексирование используется по отношению к WDM устройствам с расстоянием между соседними каналами 1,6 им и менее. Для построения многоканальных WDM систем наряду с пассивными WDM фильтрами также требуются узкополосные лазеры, стабильно выдерживающие нужную длину волны. Пока именно лазеры остаются наиболее дорогим элементом в таких системах, несколько сдерживая их развитие. В настоящее время поставляются системы с числом каналов 4, 8 и 16. Предполагается рост числа мультиплексных каналов до 32.



Рис. 3.2. Схема оптического сегмента, использующего передачу мультиплексного сигнала по волокну

Широкозонные и узкозонные WDM фильтры

Широкозонные WDM фильтры предназначены для работы с двумя, максимум с тремя длинами волн при расстоянии между каналами более, чем 70 им (1310, 1550, 1625 им). Они наиболее часто применяются в системах кабельного телевидения 1310/1550 им, или в цифровых телекоммуникационных системах передачи. Допускается также использование пары длин волн 1550/1625 им при осуществлении дистанционного мониторинга ВОЛС на длине волны 1625 им.

Приведем его основные технические параметры: длина волны 1310/1550 нм; режимы работы - мультиплексор, демультиплексор или двунаправленная передача сигнала; ближние переходные помехи - 60 дБ; дальние переходные помехи -40 дБ (по выходному порту 1) и -20 дБ (по выходному порту 2); вносимые потери не больше 1,0 и 0,7 дБ (в выходных портах 1 и 2 соответственно); обратные потери - 55 дБ; используется стандартное одномодовое волокно фирмы Coming SMF-28; поставка возможна как без разъемов (стандартный миникабель 0 3 мм, или волокно в буфере Ф 900 мкм), так и с разъемами в заказываемом сочетании.

Узкозонные WDM фильтры предназначены для мультиплексирования и демультиплексирования сигналов в многоканальных системах с расстоянием между каналами от минимального 1,6 нм (или еще меньше 0,8 нм) до 70 нм. Основные технические характеристики, за исключением рабочих длин волн, схожи с предыдущим типом. Основные области применения: волоконно-оптические системы с использованием оптических усилителей EDFA, мультиплексные системы "add/drop", полностью оптические сети.