

УДК 681.7: 621.396.25

Долгов А. И., Басиладзе Г. Д.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТВЕТВЛЕНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ РАЗВЕТВИТЕЛЕЙ 1×2 ДЛЯ СЕТИ С ОДНОВОЛОКОННОЙ ШИННОЙ

Рассмотрим локальную сеть шинной топологии (рис. 1), которая объединяет N рабочих станций с порядковыми номерами от 1 до N . Сеть содержит $N-1$ разветвителей конфигурации 1×2, с помощью которых рабочие станции подключены к объединяющему их оптическому волокну. При использовании волоконно-оптических разветвителей с 50% делением выходной мощности затухание оптического сигнала в сети между передающей и остальными станциями быстро возрастает с номером станции. Возможное количество станций в сети зависит от энергетического потенциала их прямо-передающих модулей. В такой сети он не может быть использован максимально рационально из-за значительного различия амплитуд на приемниках близлежащих и отдаленных от передатчика станций сети.

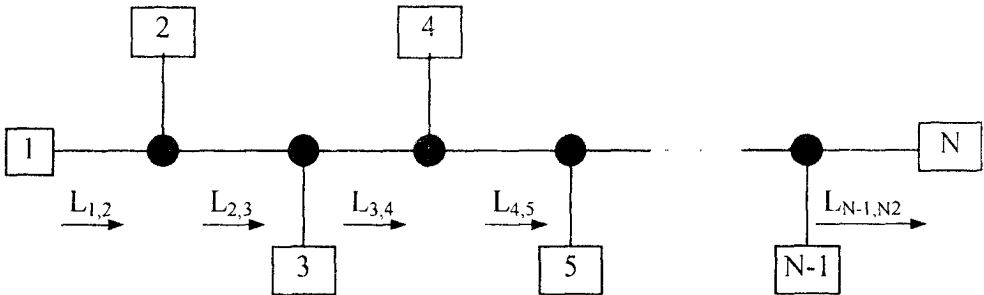


Рис. 1. Схема локальной сети одноволоконной шинной топологии

В [1] было рассмотрено энергетически более выгодное подключение станций к сети с помощью асимметричных разветвителей с одномодовым полюсом для подключения к станции и многомодовым -- к шине. Но их применение эффективно лишь в сети с многомодовой шиной. К тому же оснащение рабочих станций сетевыми адаптерами с одномодовым портом в настоящее время обходится гораздо дороже чем с многомодовым.

В статье предлагается методика расчета коэффициентов передачи разветвителей конфигурации 1×2 для подключения рабочих станций к сети шинной

**Оптимизация коэффициентов ответвления
волоконно-оптических разветвителей 1×2
для сети с одноволоконной шиной**

топологии. Разветвители с рассчитанными коэффициентами передачи могут изготавливаться как из одномодовых, так и из многомодовых волокон для подключения, соответственно, к одномодовой или многомодовой шине. В сравнении с разветвителями с 50 % делением в этом случае, за счет более рационального использования энергетического потенциала сети, возможно подключение большего количества станций. Кроме того, упрощается конструкция приемных модулей, которые не требуют устройств для компенсации значительной разницы в амплитудах оптического сигнала на приемниках станций.

На примере вещательной сети (станция № 1 -- транслятор, остальные -- приемники) рассчитаем оптимальные коэффициенты деления разветвителей для подключения принимающих станций сети.

Положим, что расстояние между точками ответвлений $L_{i-1,i}$ и коэффициент затухания на этом участке известен. Затуханием на участке от i -го узла разветвления до приемника i -й станции пренебрегаем (ввиду незначительного затухания в волокнах полюсов разветвителя). Будем характеризовать разветвители следующими параметрами: $k_{i,0} = P_{i,L}/P_{i,0}$ -- прямой коэффициент передачи, где $P_{i,L}$, $P_{i,0}$ -- мощности оптических сигналов на входе и выходе, Вт; $k_i = P_i/P_{i,0}$ -- коэффициент передачи разветвителя к i -й станции, где P_i -- мощность, поступающая к i -й станции, Вт.

Без учета потерь на рассеяние и поглощение в разветвителе справедливо выражение

$$k_{i,0} + k_i = 1. \quad (1)$$

При этом условии коэффициенты передачи ко всем N станциям можно записать в следующем виде

$$K_1 = 10^{\frac{-\alpha L_{0,1}}{10}} \cdot k_1, \quad (2)$$

$$K_2 = 10^{\frac{-\alpha L_{0,1}}{10}} \cdot 10^{\frac{-\alpha L_{1,2}}{10}} \cdot k_{1,0} \cdot k_2 = 10^{\frac{-\alpha L_{0,1}}{10}} \cdot 10^{\frac{-\alpha L_{1,2}}{10}} \cdot (1 - k_1) \cdot k_2, \quad (3)$$

$$K_j = \left[10^{\sum_{i=1}^j \frac{\alpha_i L_{i-1,i}}{10}} \cdot \prod_{i=1}^{j-1} (1 - k_i) \right] \cdot k_j, \quad (4)$$

$$K_{n-1} = \left[10^{\sum_{i=1}^{n-1} \frac{\alpha_i L_{i-1,i}}{10}} \cdot \prod_{i=1}^{n-1} (1 - k_i) \right] \cdot k_{n-1}, \quad (5)$$

$$K_n = 10^{\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i L_{i-1,i}}{10}} \cdot \prod_{i=1}^{n-1} (1 - k_i). \quad (6)$$

Для обеспечения равного соотношения сигнал/шум на входе всех станций необходимо, чтобы все коэффициенты $K_i = \text{const}$.

Рассмотрим возможность соблюдения этого условия.

Приравняем коэффициенты $K_n = K_{n-1}$. Тогда справедливо следующее

$$10^{\frac{-\alpha_n \cdot L_{n-1,n}}{10}} \cdot \frac{(1 - k_{n-1})}{k_{n-1}} = 1, \quad (7)$$

отсюда

$$k_{n-1} = \frac{1}{1 + 10^{\frac{\alpha_n \cdot L_{n-1,n}}{10}}}. \quad (8)$$

Если мы выберем два узла К и К-1 и также потребуем выполнения равенства $K_j = K_{j-1}$, то будет справедливо

$$10^{\frac{-\alpha_j \cdot L_{j-1,j}}{10}} \cdot \frac{(1 - k_{j-1})}{k_{j-1}} = 1. \quad (9)$$

Отсюда

$$k_{j-1} = \frac{k_j \cdot 10^{\frac{-\alpha_j \cdot L_{j-1,j}}{10}}}{1 + k_j \cdot 10^{\frac{-\alpha_j \cdot L_{j-1,j}}{10}}} = \frac{1}{1 + \frac{10^{\frac{\alpha_j \cdot L_{j-1,j}}{10}}}{k_j}}. \quad (10)$$

Последнее выражение можно рассматривать как рекуррентную формулу для расчета оптимального коэффициента передачи i-го разветвителя.

Если учесть потери, вносимые разветвителями α_i и соединениями между волокнами разветвителя и шины α_s , то

$$k_{i-1} = \frac{1}{1 + \frac{10^{\frac{\alpha_i \cdot L_{i-1,i} + \alpha_i + \alpha_s}{10}}}{k_i}}. \quad (11)$$

Максимальное затухание сигнала в такой сети составит

$$\alpha = 10 \cdot \log \left(\left(\prod_{j=1}^{n-1} (1 - k_j) \right) \cdot k_n \cdot 10^{\left(\frac{\alpha_j \cdot L_{j-1,j} + \alpha_i + \alpha_s}{10} \right) \cdot n} \right). \quad (12)$$

Если в сети применять разветвители с равномерным распределением, то максимальное затухание сигнала в такой сети составит

$$\alpha = 10 \cdot \log \left(0,5^n \cdot 10^{\left(\frac{\alpha_j \cdot L_{j-1,j} + \alpha_i + \alpha_s}{10} \right) \cdot n} \right). \quad (13)$$

На рис. 2 представлены границы затухания оптического сигнала α в сети с одноволоконной шиной в зависимости от числа разветвителей N с равномерным распределением (а) и специально рассчитанным распределением (б). Графики построены для следующих условий: длина соединительной линии между узлами от

**Оптимизация коэффициентов ответвления
волоконно-оптических разветвителей 1×2
для сети с одноволоконной шиной**

10 до 100 м, потери в волокне 0,5 дБ/км, вносимые потери разветвителей от 0,2 до 0,4 дБ, потери в соединениях между узлами от 0,3 до 0,5 дБ, число узлов от 2 до 20.

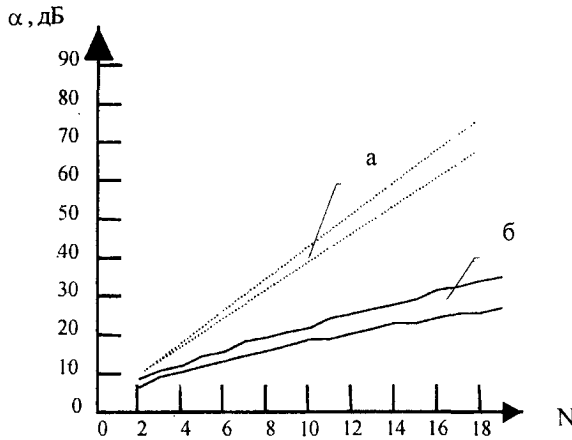


Рис. 2. Затухание α оптического сигнала в сети в зависимости от числа разветвителей N с 50 % делением мощности (область а) и специально рассчитанным делением (область б)

Как видно из рис. 2 при применении разветвителей с 50 % распределением мощности затухание оптического сигнала в сети уменьшается значительно быстрее, чем в случае применения разветвителей со специально рассчитанными коэффициентами деления выходной мощности. Например, для количества станций $N = 20$ максимальное затухание между ними в первом случае составит, примерно, 79 дБ, а во втором - примерно, 27 дБ.

В таблице 1 приведены значения коэффициентов ответвления разветвителей в сети с числом станций до 20. Из нее следует, что в сетях с различным числом станций коэффициенты ответвления разветвителей с одинаковыми порядковыми номерами совпадают и не зависят от числа станций в сети. То есть обеспечивается возможность наращивания числа станций в сети путем продления шины с установкой дополнительных разветвителей с приведенными в таблице коэффициентами деления.

Таблица 1. Коэффициенты ответвления разветвителей и затухания световой мощности в сети с одноволоконной шиной

Количество станций в сети (по рис. 1)	Максимальный коэффициент затухания в тракте, дБ	Номер разветвителя в тракте от 1 до N-2	Коэффициент ответвления разветвителя
1	2	3	4
3	4,0	N-2	0,500
4	6,4	N-3	0,287
5	8,2	N-4	0,187

1	2	3	4
6	9,8	N-5	0,131
7	11,2	N-6	0,095
8	12,4	N-7	0,071
9	13,6	N-8	0,054
10	14,7	N-9	0,042
11	15,9	N-10	0,032
12	17,0	N-11	0,025
13	17,9	N-12	0,020
14	18,9	N-13	0,016
15	19,8	N-14	0,013
16	21,0	N-15	0,010
17	21,9	N-16	0,008
18	23,2	N-17	0,006
19	24,0	N-18	0,005
20	25,0	N-19	0,004

Приведенный расчет справедлив и для случая, когда сеть на основе одноволоконной шины строится для работы в режиме приема информации первой станцией от всех остальных. Он применим также и для сетей на основе двухволоконной шины. На рис. 3 приведены примеры схем сетей, для которых эти расчеты справедливы. На рис. 3а - станция № 1 выполняет функцию ретранслятора, через который каждый из абонентов может взаимодействовать с любой из станций сети. В сети на рис. 3б вместо станции № 1 установлена соединительная перемычка, от которой ведется отсчет подключаемых к шине станций.

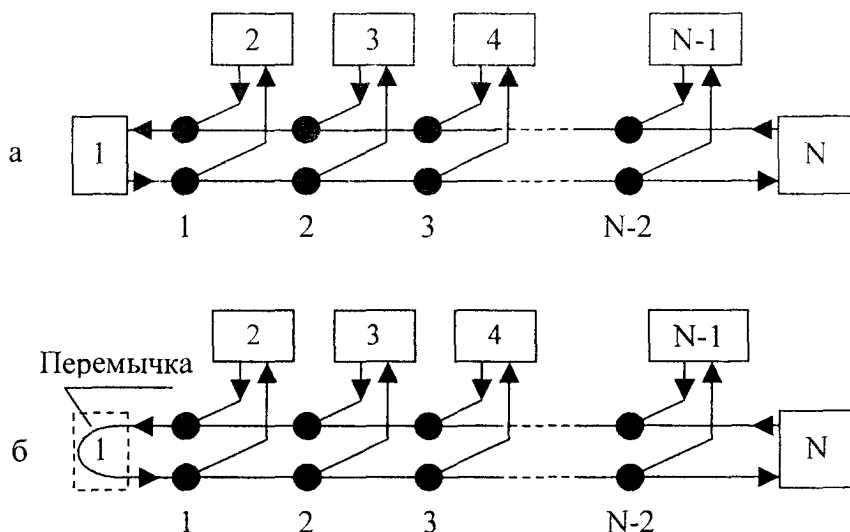


Рис. 3. Примеры сетей с двухволоконной шиной

**Оптимизация коэффициентов ответвления
волоконно-оптических разветвителей 1×2
для сети с одноволоконной шиной**

Данные таблицы 1 в этих двух примерах пригодны для распределяющей части шины, к которой подключены разветвители, работающие на прием сигналов от шины. К параллельному волокну шины разветвители, работающие на передачу, подключаются в том же порядке.

Например, для двухволоконной шины, объединяющей 11 станций, необходимо использовать в каждом волокне шины по девять разветвителей с коэффициентами ответвления пар разветвителей от девятой до первой, соответственно: 0,5; 0,287; 0,187; 0,131; 0,095; 0,071; 0,054; 0,042 и 0,032. Коэффициент затухания оптического сигнала между любыми узлами составит: $15,9 \cdot 2 = 31,8$ дБ.

Список литературы

1. Басиладзе Г.Д., Семов А.Е. Разветвитель с асимметричной оптической связью для волоконно-оптической локальной сети // Учёные записки Симферопольского государственного университета. - Симферополь. 1998. - N 7 (46). - С.113-115.

Статья поступила в редакцию 06.04.2001 г.