

一种新的光二分路器规格体系的构思与设计

赵长水

(陕西理工学院 物理与电信工程学院,陕西 汉中 723003)

摘要:分析了光二分路器常规体系存在的问题,给出了解决的办法与思路,推出了一种新的光二分路器规格体系,详细介绍了这种规格体系的构建方法和设计过程。这种新的光二分路器规格体系,相邻规格型号的适用范围之间既没有重叠也没有断带情况,在每一种规格型号不同的适用范围内,都能保证光节点电平的变化量始终在相同的允许范围内。而且在选择规格型号时,不用计算网络所需分光比,而是直接根据两路光纤长度的差值,由规格表选择合适的规格型号,所以使用起来非常方便。

关键词:光二分路器;分光比;光纤长度差值;规格值;适用范围;带宽

中图分类号:TN256 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-8788(2012)04-0045-04

A new specification system of two-output optical distributor

Zhao Changshui

(School of Physics and Telecommunication Engineering, Shanxi University of Technology, Hanzhong 723003, China)

Abstract: This paper analyzes the defects of the conventional systems of two-output optical distributors and gives the ideas and solutions. Specifically, it presents a new specification system and elaborates on its establishing method and design process. In this system, the application scopes between adjacent specifications are neither overlapped nor broken and the variations of the optical node levels of every specification always remain within the same allowable scope in different application scopes. The specifications are not chosen by calculating the splitting ratio that the network needs, but by the specification table directly according to the two-output fiber length differences. Therefore, it is very simple and convenient for the designers to use this system.

Key words: two-output optical distributor; optical splitting ratio; optical fiber length difference; specification value; application scope; bandwidth

0 引言

光二分路器是最基本也是最常用的一种光分路器,可以做成不同的规格型号,通常光二分路器是按分光比等量递变来划分规格型号的^[1-5],但这种规格体系存在一些明显的问题。本文将对这种常规体系所存在的问题进行分析,然后给出解决问题的办法与思路,最终推出一种新的光二分路器规格体系。

1 常规体系问题分析

表1是最常见的一种光二分路器规格表^[1],相邻规格型号间分光比规格值的递变量均为5%, K_1 和 K_2 分别为两路分光比的规格值(标称值), K_1 较小,权且称分光比低端, K_2 较大,权且称分光比高端。下面来分析这种规格表存在的问题。

(1) 这种规格表只给出了各种规格型号的分光比规格值,而没有给出允许的分光比偏差,或者说适用范围,网络设计者往往会误以为每种规格的分光比最大允许偏差为±2.5%,事实上,如果两路分光

比差别较大,而且分光比网络设计值处在某两个相邻规格的规格值的中点或稍微左右一点,那么无论选择哪一种规格,分光比低端光路的光节点电平都会偏离设计值很远,而无法满足要求。比如,分光比

表1 一种常见的光二分路器规格表

规格型号	K_1 (%)	K_2 (%)
F50/50	50	50
F45/55	45	55
F40/60	40	60
F35/65	35	65
F30/70	30	70
F25/75	25	75
F20/80	20	80
F15/85	15	85
F10/90	10	90
F5/95	5	95

网络设计值为 $K_{01}=7.5\%$, $K_{02}=92.5\%$,无论选择规格型号F10/90或F5/95,其分光比偏差均为2.5%。假若选择规格型号F10/90,则分光比低端规格值比需要值高2.5%,实际分光损耗将减小,由 $\Delta F_1=$

收稿日期:2012-03-16
基金项目:陕西省教育厅专项科研计划资助项目(11JK0930);陕西省科技厅基础研究项目(2011JM1016)
作者简介:赵长水(1956-),男,陕西华县人,高级工程师,主要研究方向为光纤电视网络的构建与设计。

$-10\lg K_{01} + 10\lg K_1$ 计算出减小量为 1.25 dB,光节点电平将会上升 1.25 dBm,这明显超出了允许范围,使非线性失真指标严重恶化;在分光比高端,规格值比需要值低 2.5%,实际分光损耗将增大,由 $\Delta F_2 = -10\lg K_2 + 10\lg K_{02}$ 计算出增大量为 0.119 dB,则节点电平将下降 0.119 dBm,这个值很小,在允许范围内。如果选择规格型号 F5/95,则分光比低端规格值比需要值低 2.5%,实际分光损耗将增大,由 $\Delta F_1 = -10\lg K_1 + 10\lg K_{01}$ 计算出增大量为 1.76 dB,则光节点电平将会下降 1.76 dBm,这明显也超出了允许范围,使载噪比指标严重下降;在分光比高端,规格值比需要值高 2.5%,实际分光损耗将减小,由 $\Delta F_2 = -10\lg K_{02} + 10\lg K_2$ 计算出减小量为 0.116 dB,则节点电平将上升 0.116 dBm,这个值很小,在允许范围内。由此看来,由分光比规格值与需要值所造成的偏差对光节点电平的影响主要表现在分光比低端的光路,两路分光比差别越大,或者说分光比低端值越小,对低端光路电平的影响越严重。所以,当两路分光比差别较大时,要保证分光比小的光路节点电平的变化量在正常允许范围内,则要求与分光比设计值的允许偏差范围很窄,因此规格表中将找不到符合要求的规格型号。

(2) 事实上,按分光比等量均匀递变划定规格本身就不合理。因为相同的分光比偏差对不同的分光比规格值所造成的分光损耗的改变量不同,因而导致光节点电平的改变量也就不同。所以,为了使光节点电平的改变量始终在相同的允许范围内,不同规格型号的分光比允许偏差,或者说适用范围应该不同,故相邻规格型号分光比规格值的递变量也应该不同。

(3) 选择起来不方便。网络设计者先要算出实际需要的分光比,然后再与规格表进行比对,最终才能找到与分光比需要值最接近的规格型号。

2 解决办法与思路

根据上述分析,光二分路器分光比的规格值和递变量是不能随意给定的,因为不同规格值的允许偏差,或者说适用范围跟规格值和光节点电平允许的最大改变量有关。当光节点电平允许的最大改变量一定时,若两路分光比差别越大,或者说分光比低端值越小,则允许的分光比偏差越小,或者说适用范围越窄,因此相邻规格型号间规格值的递变量应该越小。相反,若两路分光比差别越小,或者说分光比低端值越大,则允许的分光比偏差越大,或者说适用

范围越宽,因此相邻规格型号间规格值的递变量应该越大。在划定分光比规格时,应以分光比低端为准,只要低端满足要求,高端必定满足要求。具体设计思路和方法如下:

$$K_{01} = K_1 10^{\Delta P/10},$$

(1)

$$K_1 = K_{01} 10^{-\Delta P/10},$$

(2)

式中, ΔP 为光节点电平最大允许改变量; K_1 为分光比低端规格值; K_{01} 表示分光比低端适用范围的最大值($\Delta P > 0$ 时)或最小值($\Delta P < 0$ 时)。

与表 1 一样,第 1 个规格型号的分光比低端规格值 K_1 取最大值 50%,然后由式(1)可以算出在 ΔP 一定时的分光比适用范围的最大值和最小值,然后将该最小值作为下一个规格型号的最大值代入式(2)便可求得第 2 个规格值;依此类推,就可以求得各种规格型号的规格值和适用范围。表 2 就是按照这种方法设计出来的 $\Delta P = \pm 0.3$ dB 时的规格表(部分)。表中, $K_{1\sim}$ 表示分光比低端适用范围, ΔK_1 表示分光比低端带宽。

表 2 一种按分光比非等量递变设计的光二分路器规格表(部分) ($\Delta P = \pm 0.3$ dB)

规格型号	K_1 (%)	$K_{1\sim}$ (%)	ΔK_1 (%)	K_2 (%)
F2-0	50.00	46.66~53.58	6.92	50.00
F2-1	43.55	40.64~46.66	6.02	56.45
F2-2	37.93	35.40~40.64	5.24	62.07
F2-3	33.04	30.84~35.40	4.56	66.96
F2-4	28.78	26.86~30.84	3.98	71.22
F2-5	25.06	23.39~26.86	3.47	74.94
F2-6	21.83	20.37~23.39	3.02	78.17

可以发现,分光比低端规格值 K_1 较大时,适用范围 $K_{1\sim}$ 和带宽 ΔK_1 较宽,相邻规格型号间分光比递减量也较大;相反, K_1 较小时, $K_{1\sim}$ 和 ΔK_1 较窄,相邻规格型号间分光比递减量也较小。规格表 2 已经解决了前两个问题,要解决第 3 个问题,也就是说不用计算实际需要的分光比,而是直接根据两路光纤长度就能选择合适的规格型号,这是完全可以实现的,因为光二分路器的分光比其实就是由两路光纤长度的差值决定的^[5]。所以,光二分路器规格型号就可以直接以两路光纤长度的差值为参数来划定。下面介绍这种规格体系的构思方法与设计过程。

3 新规格体系的构建与设计

事实上,光二分路器中两路分光比和两路光纤的长度无关,而是与二者长度的差值有关^[5],其数学公式演化如下:

$$K_1 = \frac{10^{aL_1/10}}{10^{aL_1/10} + 10^{aL_2/10}} = \frac{1}{1 + 10^{a\Delta L/10}},$$

$$K_2 = \frac{10^{aL_2/10}}{10^{aL_1/10} + 10^{aL_2/10}} = \frac{1}{1 + 10^{-a\Delta L/10}},$$

式中, L_1 和 L_2 分别为两路光纤的长度; $\Delta L = L_2 - L_1$, 表示两路光纤长度的差值, 设定 $\Delta L \geq 0$, 即 $L_2 \geq L_1$, 则 $K_2 \geq K_1$, 即 K_1 为分光比低端, K_2 为分光比高端; α 为光纤损耗系数, 对 1 310 nm 光纤, $\alpha = 0.4$ dB/km (含熔接损耗), 对 1 550 nm 光纤, $\alpha = 0.25$ dB/km (含熔接损耗)。

在构思和设计规格体系时, 只需要考虑分光比低端 K_1 即可。设定 K_1 和 F_1 分别表示分光比低端规格值与相应的分光损耗; K_{01} 表示分光比低端适用范围的最大值或最小值, F_{01} 表示相应的最大分光损耗或最小分光损耗; 令 $\Delta F = F_1 - F_{01} = \Delta P$, ΔF 和 ΔP 分别表示允许的分光损耗最大改变量和允许的光节点电平最大改变量; ΔL 表示两路光纤长度差值的规格值, ΔL_a 表示两路光纤长度差值的适用范围的最大值或最小值。则有

$$K_1 = (1 + 10^{a\Delta L/10})^{-1}, \quad K_{01} = (1 + 10^{a\Delta L_a/10})^{-1},$$

$$F_1 = 10 \lg K_1^{-1}, \quad F_{01} = 10 \lg K_{01}^{-1},$$

于是

$$F_1 - F_{01} = 10 \lg \frac{K_{01}}{K_1} = 10 \lg \frac{1 + 10^{a\Delta L/10}}{1 + 10^{a\Delta L_a/10}} = \Delta P,$$

即

$$\frac{1 + 10^{a\Delta L/10}}{1 + 10^{a\Delta L_a/10}} = 10^{\Delta P/10}.$$

当 ΔP 确定后, 可由上式求得 ΔL 与 ΔL_a 的关系为

$$\Delta L_a = \frac{10}{\alpha} \lg[(1 + 10^{a\Delta L/10})10^{-\Delta P/10} - 1], \quad (3)$$

$$\Delta L = \frac{10}{\alpha} \lg[(1 + 10^{a\Delta L_a/10})10^{\Delta P/10} - 1]. \quad (4)$$

若已知两路光纤长度差值的规格值 ΔL , 可由式(3)求得适用范围的最大值(当 $\Delta P < 0$ 时)与最小值(当 $\Delta P > 0$ 时); 若已知两路光纤长度差值适用范围的最大值或最小值, 可由式(4)求得两路光纤长度差值的规格值。

下面以 $\Delta P = \pm 0.3$ dB 为例介绍规格表设计方法, 其步骤如下:

步骤(1): 分别将 $\alpha = 0.4$ dB/km 与 $\alpha = 0.25$ dB/km 以及 $\Delta P = \pm 0.3$ dB 代入式(3), 化简 1 310 和 1 550 nm 光纤长度差值范围的最大值 $\Delta L_{\max}$ 与最小值 $\Delta L_{\min}$ 的具体算式, 得到:

$$\Delta L_{1\,310\,\text{nm-max}} = 25 \lg[(1 + 10^{0.04\Delta L})10^{0.03} - 1], \quad (5)$$

$$\Delta L_{1\,310\,\text{nm-min}} = 25 \lg[(1 + 10^{0.04\Delta L})10^{-0.03} - 1]; \quad (6)$$

$$\Delta L_{1\,550\,\text{nm-max}} = 40 \lg[(1 + 10^{0.025\Delta L})10^{0.03} - 1], \quad (7)$$

$$\Delta L_{1\,550\,\text{nm-min}} = 40 \lg[(1 + 10^{0.025\Delta L})10^{-0.03} - 1]. \quad (8)$$

步骤(2): 分别将 $\alpha = 0.4$ dB/km 与 $\alpha = 0.25$ dB/km 以及 $\Delta P = \pm 0.3$ dB 代入式(4), 进行化简得:

$$\Delta L_{1\,310\,\text{nm}} = 25 \lg[(1 + 10^{0.04\Delta L_a})10^{\pm 0.03} - 1], \quad (9)$$

$$\Delta L_{1\,550\,\text{nm}} = 40 \lg[(1 + 10^{0.025\Delta L_a})10^{\pm 0.03} - 1]. \quad (10)$$

当 $\Delta L_a = \Delta L_{\max}$ 时, $\Delta P = -0.3$ dB, 式(9)和(10)分别变为

$$\Delta L_{1\,310\,\text{nm}} = 25 \lg[(1 + 10^{0.04\Delta L_{1\,310\,\text{nm-max}}})10^{-0.03} - 1], \quad (11)$$

$$\Delta L_{1\,550\,\text{nm}} = 40 \lg[(1 + 10^{0.025\Delta L_{1\,550\,\text{nm-max}}})10^{-0.03} - 1]. \quad (12)$$

当 $\Delta L_a = \Delta L_{\min}$ 时, $\Delta P = 0.3$ dB, 式(9)和(10)分别变为

$$\Delta L_{1\,310\,\text{nm}} = 25 \lg[(1 + 10^{0.04\Delta L_{1\,310\,\text{nm-min}}})10^{0.03} - 1], \quad (13)$$

$$\Delta L_{1\,550\,\text{nm}} = 40 \lg[(1 + 10^{0.025\Delta L_{1\,550\,\text{nm-min}}})10^{0.03} - 1]. \quad (14)$$

若已知最大值 $\Delta L_{\max}$, 可由式(11)和(12)求规格值 ΔL ; 若已知最小值 $\Delta L_{\min}$, 可由式(13)和(14)求规格值 ΔL 。

步骤(3): 确定第 1 个规格型号的规格值 ΔL 。 $\Delta L_{1\,310\,\text{nm}}$ 和 $\Delta L_{1\,550\,\text{nm}}$ 均取 0 km, 然后将该值分别代入式(5)和(7), 求出 1 310 和 1 550 nm 时的最大值为 $\Delta L_{1\,310\,\text{nm-max}} = 1.451\,5$ km 和 $\Delta L_{1\,550\,\text{nm-max}} = 2.322\,4$ km。因为设定 $\Delta L \geq 0$, 所以, 最小值 $\Delta L_{1\,310\,\text{nm-min}}$ 和 $\Delta L_{1\,550\,\text{nm-min}}$ 为 0, 若由式(6)和(8)计算最小值必定为负数而无意义。

步骤(4): 计算第 2 个规格型号的规格值。以步骤(3)中算得的第 1 个规格型号的最大值 $\Delta L_{1\,310\,\text{nm-max}} = 1.451\,5$ km 和 $\Delta L_{1\,550\,\text{nm-max}} = 2.322\,4$ km 作为第 2 个规格型号的最小值, 由式(13)和(14)即可求得第 2 个规格值为 $\Delta L_{1\,310\,\text{nm}} = 2.818$ km 和 $\Delta L_{1\,550\,\text{nm}} = 4.508$ km。

步骤(5): 由第 2 个规格值按式(5)和(7)计算该型号的最大值, 再以该最大值作为第 3 个规格型号的最小值计算出第 3 个规格型号的规格值, 依此类推, 规格表如表 3 所示。

在表 3 中, $\Delta L_{1\,310\,\text{g}}$ 和 $\Delta L_{1\,550\,\text{g}}$ 分别表示 1 310 和 1 550 nm 光纤长度差值的规格值; $L_{1\,310\sim}$ 和 $\Delta L_{1\,550\sim}$

分别表示 1 310 和 1 550 nm 光纤长度差值的适用范围; $L_{1\ 310b}$ 和 $L_{1\ 550b}$ 分别表示 1 310 和 1 550 nm 光纤长度差值的带宽; K_1 和 K_2 是对应规格值 $\Delta L_{1\ 310g}$ 和

$\Delta L_{1\ 550g}$ 时的 L_1 光路与 L_2 光路的分光比。可以发现,表 3 与表 2 中的值是一致的,应用表 3 选择规格型号时不用考虑 K_1 和 K_2 值。

表 3 一种新的光二分路器规格设计表 ($\Delta P = \pm 0.3\text{ dB}$)

规格型号	$\Delta L_{1310g}/\text{km}$	$\Delta L_{1310\sim}/\text{km}$	$\Delta L_{1310b}/\text{km}$	$\Delta L_{1550g}/\text{km}$	$\Delta L_{1550\sim}/\text{km}$	$\Delta L_{1550b}/\text{km}$	$K_1(\%)$	$K_2(\%)$
F2-0	0	0~1.452	1.452	0	0~2.322	2.322	50	50
F2-1	2.818	1.452~4.113	2.662	4.508	2.322~6.580	4.258	43.5	56.5
F2-2	5.348	4.113~6.532	2.419	8.556	6.580~10.450	3.870	37.9	62.1
F2-3	7.672	6.532~8.774	2.242	12.274	10.450~14.037	3.587	33.0	67.0
F2-4	9.842	8.774~10.881	2.107	15.746	14.037~17.408	3.371	28.8	71.2
F2-5	11.894	10.881~12.884	2.003	19.029	17.408~20.612	3.204	25.1	74.9
F2-6	13.853	12.884~14.803	1.919	22.162	20.612~23.683	3.071	21.8	78.2
F2-7	15.737	14.803~16.656	1.853	25.177	23.683~26.647	2.964	19.0	81.0
F2-8	17.561	16.656~18.454	1.798	28.095	26.647~29.524	2.877	16.5	83.5
F2-9	19.336	18.454~20.207	1.753	30.934	29.524~32.328	2.804	14.4	85.6
F2-10	21.069	20.207~21.922	1.715	33.707	32.328~35.073	2.745	12.5	87.5
F2-11	22.768	21.922~23.607	1.685	36.426	35.073~37.768	2.731	10.9	89.1
F2-12	24.439	23.607~25.265	1.658	39.099	37.768~40.421	2.653	9.5	90.5

4 结束语

理论和实际证明,这种新的光二分路器规格体系更具科学性与合理性,相邻规格型号的适用范围之间既没有重叠也没有断带情况,在每一种规格型号的适用范围内,都能保证光节点电平的变化量始终在相同的允许范围内。而且在选择规格型号时,不用计算实际网络分光比的需要值,而是直接根据两路光纤长度的差值,在规格表中选择合适的规格型号,所以使用起来非常简单方便。规格表 3 是按光节点电平最大允许变化量为 $\Delta P = \pm 0.3\text{ dB}$ 设计的,实际中可以根据不同的要求设计出满足不同要

求的规格表。

参考文献:

[1] 迟长春,黄民德,陈冰.有线电视系统工程设计 [M].天津:天津大学出版社,2009.

[2] 王慧玲.现代电视网络技术—有线电视技术与新技术 [M].北京:人民邮电出版社,2005.

[3] 王福豹.现代广播电视网络技术 [M].西安:西安电子科技大学出版社,2001.

[4] 林如俭.光纤电视传输技术 [M].北京:电子工业出版社,2001.

[5] 赵长水.一种设计光二分路器分光比的简便方法 [J].电视技术,2007,(5):72-74.

(上接第 18 页)

参考文献:

[1] 泰尔网.用户驻地网建设模式和发展趋势 [DB/OL].
<http://www.cww.net.cn/zhuanti/html/2011/8/3/2011831120511680.htm>, 2011-08-03.

[2] PAN Z H, NIE J, LIU W P. Design and implementation of automatic topology discovery for EPON_EOC unified management system [A]. Proceedings of ES-EP [C]. United Kingdom: Elsevier Ltd, 2011. 2909-2915.

[3] Ying K J, Li L, Wang C H, et al. A novel access strategy for bidirectional full-service CATV network

[A]. Proceedings of CCWMC [C]. United Kingdom: Institution of Engineering and Technology, 2009. 507-510.

[4] Ji W. The VoD services carried by hybrid PON+EoC networking [A]. Proceedings of IC-BNMT [C]. United States: IEEE Computer Society, 2009. 467-471.

[5] Ji W, Cui W. The design of PON+EoC access networking and home gateway system [A]. Proceedings of ICOCN [C]. United Kingdom: Institution of Engineering and Technology, 2010. 148-150.