

工作点偏移对光纤 AM CATV 外调制 传输性能的影响

蒋洪涛

(中国矿业大学信电学院 徐州 221008)

查开德

(清华大学电子工程系 北京 100084)

毕立波

(中国矿业大学北京研究生部 北京 100084)

提要 对于光纤 AM CATV 外调制传输,调制器的偏置工作点设置是非常重要的。通过理论分析得出:当工作点偏离最佳偏置点时,主要对系统的组合二次失真 CSO(Composite Second Order distortion)产生影响,并导出相应的公式。对于 PAL/D 制 550MHz CATV 系统,要保证 CSO 小于-70 dBc,工作点的偏移不能大于 10 mV;实验结果和理论分析一致。

关键词 AM CATV, 外调制, 偏置点

1 引 言

由于巨大的市场需求,近几年,光纤 CATV 的发展十分迅速^[1]。虽然采用数字调制比模拟调制有很大的优越性,但由于目前家用电视接收机都是基于 AM 型的,因而客观条件决定了在较长一段时间内,CATV 传输仍以 AM 方式为主。但毫无疑问的是,数字调制将是发展方向。目前有两种类型的光发射机:直接调制型和外调制型,由于直接调制型存在输出功率小、对链路光反射敏感等缺点,因而具有输出功率大、对链路的光反射不敏感、可提供双纤输出以及可本征消除组合二次失真(CSO)等优点的外调制方式^[1]引起人们的研究兴趣。特别是调制器存在一个最佳偏置点,在该点处可本征消除 CSO,这一特性对于 AM CATV 传输十分重要,这意味着不要通过补偿即可得到很高的 CSO 指标,一般 CSO 小于-70 dBc,这个指标对于直接调制即使经过补偿也是非常困难的。但是最佳偏置点是不稳定的,当偏置点变化时,将对系统的传输性能产生影响。本文对此进行了理论分析,并从实验上加以验证。

2 理论分析

BBI(Balanced Bridge Interferometer)平衡桥干涉调制器的归一化传输特性可表示为^[2]

$$p = \sin \left[\frac{\pi}{V_{\pi}} [V_B + V(t)] + \phi_0 \right] \quad (1)$$

* 现通信地址:深圳市福田区燕南路汽车大厦 A 座 402 室博康通信设备有限公司,邮政编码:518031。

式中 V_π 为半波电压, V_B 为直流偏置, $V(t)$ 为外加交流调制信号, Φ 为本征相位, 其值与调制器结构、二臂的平衡程度有关, 并随温度和应力的变化而变化^[2]。设输入信号 $V(t)$ 为 N 个幅度相同、相位彼此无关的载波, 则

$$V(t) = \sum_{n=1}^N V_0 \cos(\omega_n t + \Phi_n) \quad (2)$$

代入(1)式, 得

$$p = \sin(\theta + \Phi) = \cos\Phi \sin\theta + \sin\Phi \cos\theta \quad (3)$$

式中

$$\theta = \sum_{n=1}^N \beta \cos(\omega_n t + \Phi_n) \quad (4)$$

$$\beta = \frac{\pi V_0}{V_\pi} \quad (5)$$

$$\Phi = \Phi_0 + \frac{\pi V_B}{V_\pi} \quad (6)$$

其中 β 为单个载波的调制度。利用台劳级数展开(3), 并保留到三次项, 得

$$p = \cos\Phi \left[\beta \sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \Phi_n) - \frac{\beta^3}{6} \left[\sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \Phi_n) \right]^3 \right] + \sin\Phi \left[1 - \frac{\beta^2}{2} \left[\sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \Phi_n) \right]^2 \right] \quad (7)$$

上式中 β^2 是 CSO 项, β^3 为组合三次差拍 CTB(Composite Triple-Beat) 项。显然, 如果 $\Phi = 0$, 则 $\sin\Phi = 0$, CSO 项消失。

此时

$$\Phi = \Phi_0 + \frac{\pi V_B}{V_\pi} = 0 \quad (8)$$

因而

$$V_B = -\frac{\Phi_0 V_\pi}{\pi} \quad (9)$$

可见如果直流偏压 V_B 满足上式的话, 可消除 CSO, 此时的偏置点为最佳偏置点。由于本征相位是不稳定的, 它随应力、环境温度等变化, 因而最佳偏置点也是不稳定的。下面分析最佳偏置点变化会对系统性能产生什么影响: 如果影响很小, 则可容忍这种变化; 否则必须采取相应措施。

在最佳偏置点, 归一化传输函数(1)式变为

$$p = \sin\left[\frac{\pi}{V_\pi} V(t)\right] \quad (10)$$

如果最佳偏置点变化 ΔV_B , 则相当于引入了一个附加相位 $\Delta\Phi$

$$\Delta\Phi = \pi \frac{\Delta V_B}{V_\pi} \quad (11)$$

此时传输函数为

$$p = \sin\left[\frac{\pi}{V_\pi} V(t) + \Delta\Phi\right] \quad (12)$$

把 $V(t)$ 的表达式(2) 带入上式, 并用级数展开

$$\begin{aligned} p &= \sin\left[\frac{\pi}{V_\pi} V(t) + \Delta\Phi\right] = \sin\left[\beta \sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \Phi_n) + \Delta\Phi\right] = \\ &\left\{ \beta \sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \Phi_n) - \frac{\beta^3}{6} \left[\sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \Phi_n) \right]^3 \right\} \cos\Delta\Phi + \\ &\left\{ 1 - \frac{\beta^2}{2} \left[\sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \Phi_n) \right]^2 \right\} \sin\Delta\Phi = \end{aligned}$$

$$\left\{ \beta \sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \varphi_n) - \frac{\beta^3}{24} \sum_{\pm} \sum_{n_1=1}^N \sum_{n_2=1}^N \sum_{n_3=1}^N \cos[(\omega_{n_1} \pm \omega_{n_2} \pm \omega_{n_3})t + (\varphi_{n_1} \pm \varphi_{n_2} \pm \varphi_{n_3})] \right\} \cos\Delta\Phi + \left\{ 1 - \frac{\beta^2}{4} \sum_{\pm} \sum_{n_1=1}^N \sum_{n_2=1}^N \cos[(\omega_{n_1} \pm \omega_{n_2})t + (\varphi_{n_1} \pm \varphi_{n_2})] \right\} \sin\Delta\Phi \quad (13)$$

累加符号中的“±”表示对“+”，“-”所有可能求和。上面推导过程中忽略了级数展开三次以上的成份，这是合理的，因为实用中单路调制度一般不大于 5%。由于输入的 N 个幅度相等的载波相位是彼此独立的，进而在接受端得到的电信号相位也是彼此无关。据此可得出 CSO, CTB 的表达式

$$CSO = N_2 \frac{[(\beta^2(\sin\Delta\Phi)/4)]^2}{(\beta\cos\Delta\Phi)^2} = \frac{N_2}{16} \beta^2 \text{tg}^2 \Delta\Phi \approx \frac{N_2}{16} \beta^2 \Delta\Phi^2 \quad (14)$$

$$CTB = N_3 \frac{[\beta^3(\cos\Delta\Phi)/24]^2}{(\beta\cos\Delta\Phi)^2} = \frac{N_3}{576} \beta^4 \quad (15)$$

式中 N_2 和 N_3 为落入某频道内的组合二次、三次失真项数目。由于落入某频道内的组合二次失真频率不是全部集中在某一频率点上，而是绝大多数集中在某一频率点上，因而严格地讲， N_2 和 N_3 应是最大频率点的数目，但对于 N_2 来说，这种近似误差是很小的。

从 (14)、(15) 式可以看出：最佳偏置点的漂移主要影响 CSO，对 CTB 在近似的条件下没有影响。对 59 个 PAL/D 制频道传输，其最大组合二次失真项数目为 48^[3]，设单路调制度为 4%，半波电压 V_{π} 取 6 V。图 1 给出了 CSO 随偏置电压变化的曲线，从图上可以看出：要保证 CSO 小于 -70 dBc，工作点偏移不能大于 10 mV。

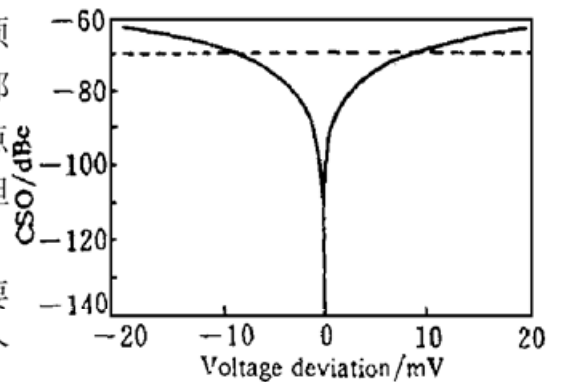


图 1 传输 PAL/D 550 MHz CATV 信号时工作点漂移最佳偏置点导致的 CSO
Fig. 1 Bias point drifting induced CSO for PAL/D 550MHz transmission

3 实验结果

实验装置如图 2 所示。光源为 DFB 激光器，偏振控制器用于调整入射到调制器上的偏振态，调制器选用清华大学电子工程系研制的平衡桥 LiNbO₃ 调制器。实验中调整入射偏振为 TE 模，实测半波电压为 6 V。射频信号源输出 100 MHz 单频正弦波，单路调制度为 52%。

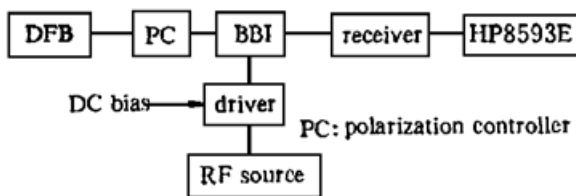


图 2 实验装置图
Fig. 2 Experimental setup

图 3 是实验结果。其中 (a) 2HD/C 代表二次谐波(Second-order Harmonic Distortion)与基波(Carrier)之比，(b) 3HD/C 代表三次谐波与基波之比。在本

实验中，二次谐波、三次谐波分别为 200 MHz 和 300 MHz。从图 3 可以看出，实验结果和理论分析比较一致。其误差是由于推导中假设调制度很小，而实验中取为 52% 造成的。

4 结 论

通过理论分析与实验得出以下结论：对光纤 AM CATV 传输，调制器的工作点偏离最佳偏置点对系统的 CSO 产生很大的影响，对 CTB 没有影响。对 PAL/D 550 MHz CATV 系统，

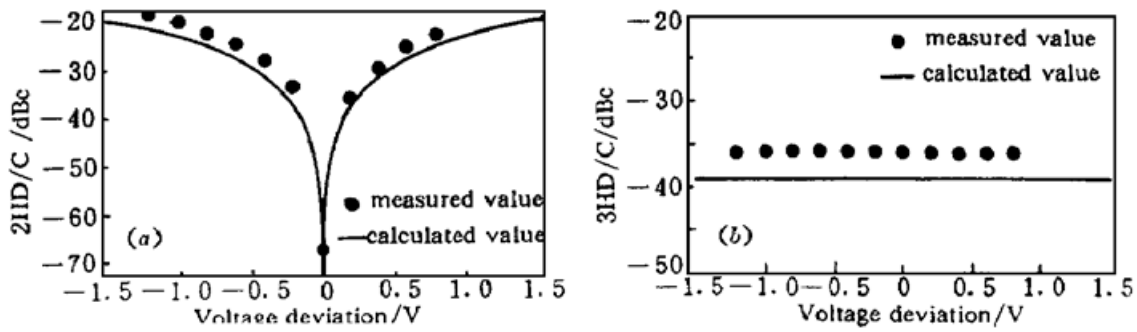


图3 2HD/C (a) 和 3HD/C (b) 的实验结果与理论分析比较

Fig. 3 Comparison of the measured and calculated values for 2HD/C (a) and 3HD/C (b)

要保证 CSO 小于 -70 dBc, 最大偏移不能大于 10 mV。因而对于一个实用的外调制发射机, 必须对工作点进行控制^[2,4]。最后需指出: 虽然本文是针对 BBI 调制器进行分析, 但这种分析方法完全适用于电吸收(Electro-Absorption)型调制器。

参 考 文 献

- 1 T. E. Darcie. Subcarrier multiplexing for lightwave networks and video distribution systems. *IEEE J. on Selected Areas in Communications*, 1990, **8**(7): 1240~ 1248
- 2 M. Nazarthy, J. Berger, A. J. Ley *et al.*. Progress in externally modulated AM CATV transmission systems. *J. Lightwave Technol.*, 1993, **11**(1): 82~ 105
- 3 Lin Rujian. Optical fiber CATV transmission. *International Cable TV Information* (世界有线电视信息), 1995, **2**(10): 43~ 45 (in Chinese)
- 4 Q. Jiang, M. Kavehrad. A subcarrier-multiplexed coherent FSK system using a Mach-Zehnder modulator with automatic bias control. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1993, **5**(8): 941~ 943

Influence of Bias Point Drifting on Optical Fiber AM CATV Externally Modulated Transmission

Jiang Hongtao¹ Zha Kaide² Bi Libo³

¹Faculty of Information & Electrical Engineering, China Univer. of Mining & Technol., Xuzhou 221008

²Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084

³Graduate School, China University of Mining & Technology, Beijing 100084

Abstract The Modulator's bias point setting is very important for optical fiber AM CATV externally modulated transmission. In this paper it is concluded that when the bias point drifts away from the best bias point, CSO (Composite Second Order distortion) is influenced severely, whereas CTB (Composite Triple Beat distortion) is not influenced. The related formulas were deduced for PAL/D 550 MHz CATV transmission, the maximum voltage deviation from the best bias point is less than 10 mV. The experimental results agree well with the theoretical analysis.

Key words AM CATV, externally modulated transmission, bias point