

文章编号: 1005-0523(1999)02-0066-06

如何保证 CATV 系统的三大指标

许 飞¹, 周蕾蕾²

(华东交通大学 1. 现代教育技术中心 2. 工会, 江西 南昌 330013)

摘要: 以华东交通大学 CATV 系统为实例, 讨论了保证 CATV 系统三大指标的设计方法以及干线、分配系统放大器的类型及工作环境的选择¹⁹。这三大指标就是系统的输出电平、载噪比和非线性失真¹⁹。

关键词: CATV 系统; 三大指标

中图分类号: TN 943 **文献标识码:** A

0 引 言

CATV 系统性能的好坏, 由收视效果、可靠性及系统的诸多技术指标来决定¹⁹。主要是: 系统输出电平、载噪比、非线性失真、相互隔离、微分增益、微分相位、回波值、信号交流声比、色/亮时延差、频率稳定度及辐射干扰等¹⁹。其中系统输出电平、载噪比和交互调等非线失真与系统设计的关系最为密切, 其它一些系统指标主要依赖于系统设备的性能和良好施工¹⁹。所以说, 系统输出电平、载噪比和非线性失真是系统设计应考虑的首要和基本问题¹⁹。

1 系统总体设计依据

华东交通大学地处江西省南昌市昌北经济技术开发区, 1995 年我校的闭路电视系统进行了重建工作, 现已运行 3 年, 系统使用效果良好¹⁹。

本系统总体设计标准取自《30MHz~1GHz 声音和电视信号的电缆分配系统》(GB6510-86) 和《工业企业共用天线电视系统设计规范》(GBT 120-88)¹⁹。结合华东交通大学的实际情况(干线不超过 1 000 m, 用户不超过 1 000 户) 对该系统的设计采取既满足当前、又兼顾长远, 既考虑系统的先进性又考虑到经济性与实用性¹⁹。在有限的财力状况下, 充分利用系统的功能, 经过多次调研, 反复论证, 在确定采用美国优力卡 550 MHz 邻频前端、干线放大器及分配放大器的基础上, 优化设计方案, 保证系统在相当一段时期内保持较先进的水平¹⁹。

2 系统主要特性确定

载噪比、载波互调比和交扰调制比, 是对图像质量关系最大的 3 项系统特性指标, 也就是

CATV 系统最主要的 3 项技术参数 19GB6510-86 规定:载噪比 $C/N \geq 43$ DB; 载波互调比 $IM \geq 57$ DB; 交扰调制比 ≥ 46 DB¹⁹。

载波互调失真包括二次载波互调失真(SO)和三次合成差拍(CTB)二部分,特别是在邻频及频道数目很多的系统中,CTB 更为突出¹³我们把这两项指标分列¹³SO、CTB 都是由于系统非线性失真使频道载波互相调制而产生的新的频率成份,至少必须同时达到全系统载波互调比 $IM \geq 57$ DB 的要求,即相对载波电平必须满足 $SO \leq -57$ DB、 $CTB \leq -57$ DB,才能达到技术规定的指标¹³于是上述规定就可以列为 4 项,即:载噪比 $C/N \geq 43$ DB; 二次载波互调比 $IM^2 \geq 57$ DB; 三次载波互调比 $IM^3 \geq 57$ DB; 交扰调制比 $CM \geq 46$ DB¹³

从系统用户端口所测量的系统特性指标¹³显然,系统特性指标除前端以外将取决于 2 个基本因素:第一是各台放大器的技术指标,第二是放大器串接的台数¹³后者取决于系统的规模¹³我们的任务是在系统参数已经确定的前提下,如何选择放大器及确定放大器的工作条件以满足系统特性的要求¹³

美国优力卡前端是单频道工作的,不产生载波互调和交扰调制失真,不必分配失真指标¹³同时调制器 CA-63C 的载噪比达 56 DB,也可不分配载噪比指标¹³这样,系统特性的分析计算只需在传输干线及分配系统二部分进行¹³为简单起见,我们把 4 项指标平均分配给干线和分配二个部分,即各一半¹³现将各指标推算如下,由关系式

$$C/N_n = -10 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{10} C/N_i} \quad (1)$$

$$CM_n = -20 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{20} CM_i} \quad (2)$$

$$IM_{2n} = -10 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{10} IM_{2i}} \quad (3)$$

$$IM_{3n} = -20 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{20} IM_{3i}} \quad (4)$$

式中:下标 n 表示测试点前串接放大器的台数,下标 i 是某台放大器, $i \leq n$ ¹³

由式(1)可得全系统载噪比

$$C/N_n = -10 \lg(10^{-\frac{1}{10} C/N_{\text{干线}}} + 10^{-\frac{1}{10} C/N_{\text{分配}}})$$

把 $C/N_n = 43$ DB, $C/N_{\text{干线}} = C/N_{\text{分配}}$ 代入可得

$$C/N_{\text{干线}} = C/N_{\text{分配}} = 43 \text{ DB} + 10 \lg 2 \text{ DB} = 46 \text{ DB}$$

同理可得

$$CM_{\text{干线}} = CM_{\text{分配}} = 46 \text{ DB} + 20 \lg 2 \text{ DB} = 52 \text{ DB};$$

$$IM_{2, \text{干线}} = IM_{2, \text{分配}} = 57 \text{ DB} + 10 \lg 2 \text{ DB} = 60 \text{ DB};$$

$$IM_{3, \text{干线}} = IM_{3, \text{分配}} = 57 \text{ DB} + 20 \lg 2 \text{ DB} = 63 \text{ DB}^{13}$$

为了同优力卡系统干线放大器 CA-290C 技术参数说明书相一致,把二次和三次载波互调比的代号 IM^2 和 IM^3 相应转为(-SO)和(-CTB)(尽管 IM^2 和(-SO)、 IM^3 和(-CTB)从定义和测量方法上都有所不同,但经有关资料查证,做该代换是完全许可的),即 $SO \leq -60$ DB, $CTB \leq 63$ DB,则

表 1 传输和分配网络的技术参数

C/N	CM	IM	
		(-SO)	(-CTB)
46	52	60	63

相应计算公式为

$$(-SO_n) = -10 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{10}(-SO_i)} \quad (5)$$

$$(-CTB_n) = -20 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{20}(-CTB_i)} \quad (6)$$

计算结果参见表 1

3 干线传输特性分析

干线传输特性取决于所用放大器的性能和工作状态⁽¹³⁾从干线放大器 CA-290 C 技术参数中见,其输出电平及失真指标都是在满频道同时工作的条件下确定的,输出电平和失真之间互为条件,为我们进行系统的设计计算提供了方便⁽¹³⁾CA-290 C 具有温度补偿功能,在一定程度上抑制由于温度变化引起的电平波动,保持系统的稳定性⁽¹³⁾CA-290 C 放大器的交流声调制指标较高, $HM = 70$ DB, 远远高于交扰调制比 $CM = 57$ DB, 而且与频道数目无关⁽¹³⁾因此,在 CM 达标时, HM 一定达标⁽¹³⁾

4 干线基本参数确定

频率范围: $f = 50 \sim 550$ MHz; 播出频道数: $N = 59$; 放大器型号: CA-290 C; 放大器增益: $G = 28$ DB; 电缆采用 STWV(Y)-75 系列中的 12 物理发泡电缆; 电缆特性: 50 MHz 时 100 m 衰耗 1.68 DB, 550 MHz 时 100 m 衰耗 6.4 DB⁽¹³⁾衰耗系数用 L_s 表示, 即: $L_{s,50} = 1.68$ DB/100m, $L_{s,550} = 6.4$ DB/100 m⁽¹³⁾

1) 放大器间距

$$L = \frac{G}{L_s} = \frac{G}{L_{s,550}} = \frac{28 \text{ DB}}{6.4 \text{ DB}/100 \text{ m}} \approx 438 \text{ m}$$

考虑到温度补偿、分支损耗、放大器余量以及本系统的实际情况取间距 $L < 350$ m.

2) 放大器内插斜率补偿

$$E = (L_{s,550} - L_{s,50})L = (0.064 - 0.0168) \times 350 \text{ DB} \approx 17 \text{ DB}$$

即:放大器内斜率补偿器(固定式)考虑到线路损耗(随频率变化而变化)的不一致性及分支损耗选 12 DB 档⁽¹³⁾

3) 放大器输出电平 V

干放的串联级数有 3 级, 如图 1

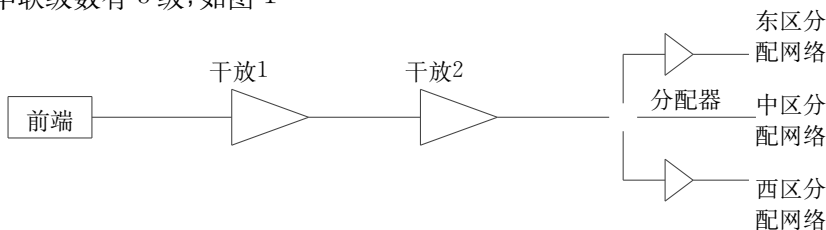


图1 干线系统分配图

三次合成差拍比($-CTB$)为:设干线最后一级放大器的三次合成差拍比为 CTB_n , 则载波三次差拍比

$$(-CTB_n) = -20 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{20}(-CTB_i)}$$

令干线放大器的工作电平相等, 则

$$(-CTB_n) = -20 \lg n 10^{-\frac{1}{20}(-CTB_i)} = CTB_i - 20 \lg n$$

而 $(-CTB_i) = (-CTB_0) + 2(V_{\max} - V)$ (有线电视系统设计中的基本公式, 见有线电视系统设计资料), 代入式中得

$$V = V_{\max} - (CTB_0 - CTB_n) / 2 - 10 \lg n \quad (7)$$

式中: V_{\max} 为放大器标称最大输出电平; V 为放大器工作电平; CTB_0 为放大器标称三次合成差拍; n 为干线放大器的串联级数^[13]

将 CA - 290 C 的各项指标代入式(7), 得

$$V_{\max} = 110 \text{ DB}, CTB_0 = -57 \text{ DB}, CTB_n = CTB_3 = -63 \text{ DB}, n = 3$$

$$V = 110 - (-57 \text{ DB} + 63 \text{ DB}) / 2 - 10 \lg 3 \approx 102 \text{ DB}$$

考虑余量, 取 $V = 96 \text{ DB}$

4) 交扰调制比计算

$$CM_n = -20 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{20}CM_i}$$

根据公式(2), 当放大器工作电平相等时, $CM_n = CM_i - 20 \lg n$ ^[13] 将 $CM_i = CM_0 + 2(V_{\max} - V)$ 代入式得

$$CM_n = CM_0 + 2(V_{\max} - V) - 20 \lg n \quad (8)$$

CM_0 为放大器标称交扰调制比

将 CA - 290 C 的各项指标代入式(8), 由 $CM_0 = 57, n = 3$, 得

$$CM_3 = CM_0 + 2(V_{\max} - V) - 20 \lg 3 \approx 76 \text{ DB}$$

5) 二次载波互调失真计算

$$(-SO_n) = -10 \lg \sum_i^n 10^{-\frac{1}{10}(-SO_i)} = (-SO_i) - 10 \lg n = (-SO_0) + V_{\max} - V - 10 \lg n \quad (9)$$

式中: SO_0 表示放大器标称二次载波互调失真

代入 CA - 290 C 的各项指标 $SO_0 = -60, n = 3$, 得 $SO_3 \approx 69 \text{ DB}$

通过以上的计算不难看出, 载波对三次合成差拍之比是最难满足的一个条件, 以它为先决条件, 则交扰调制比和二次互调比都有较大的余量, 反之, 以交扰比或二次互调比为先决条件, 则三次合成差拍比必然达不到规定指标^[13]

6) 放大器输入电平 V_i 计算

$$V_i = V - G = 96 \text{ DB} - 28 \text{ DB} = 68 \text{ DB}$$

7) 载噪比 C/N 计算

$$C/N_n = N_{in} - NFt - NF - 10 \lg n \text{ DB}$$

式中: V_i 为放大器的输入电平; NFt 为热噪声系数, 取 $NFt = 2.4 \text{ DB}$; NF 为放大器的噪声系数, 取 $NF = 9 \text{ DB}$ ^[13]

将各项参数代入上式得

$$C/N_3 = 68 - 2.4 - 9 - 10 \lg 3 \approx 52 \text{ DB}$$

根据计算结果可列出干线的各项指标,见表 2(13)

对照表 1、表 2 可知,当放大器输入电平为 68 DB,输出电平为 96 DB 时,整条干线的指标均超过国家标准(13)

表 2 干线的各项指标 DB

C/N	CM	IM	
		(-SO)	(-CTB)
52	76	69	63

5 分配网络计算

分配网络采用的放大器为优力卡 HA-30 C,分配网络放大器串联的级数最多为 6 级(13)

1) 放大器工作电平的确定

仍然以满足 CTB 为先决条件确定放大器的输出电平

$$V = V_{\max} - (CTB_0 - CTB_n) / 2 - 10 \lg n$$

代入各项参数 $V_{\max} = 110 \text{ DB}$, $CTB_0 = -57 \text{ DB}$, $CTB_6 = -63 \text{ DB}$, $n = 6$, $V = 110 \text{ DB} - (-63 \text{ DB} - 57 \text{ DB}) / 2 - 10 \lg 6 \text{ DB} = 107 \text{ DB} - 10 \lg 6 \text{ DB} \approx 99 \text{ DB}$

2) 放大器的输入电平

$$V_i = V - G = 99 \text{ DB} - 30 \text{ DB} = 69 \text{ DB}$$

3) 其它参数计算

将 $CM_0 = 57 \text{ DB}$, $n = 6$, $V_{\max} = 110 \text{ DB}$, $V = 99 \text{ DB}$, 代入(8)式,得

$$CM_6 = CM_0 + 2(V_{\max} - V) - 20 \lg 6 \text{ DB} = 57 \text{ DB} + 2(110 \text{ DB} - 99 \text{ DB}) - 20 \lg 6 \text{ DB} \approx 63 \text{ DB}$$

$$C/N_n = V_i - NFt - NF - 10 \lg n$$

将 $n = 6$, $NFt = 2.4 \text{ DB}$, $NF = 9 \text{ DB}$ 代入,得

$$C/N_6 = 69 \text{ DB} - 2.4 \text{ DB} - 9 \text{ DB} - 10 \lg 6 \text{ DB} \approx 50 \text{ DB}$$

将 $n = 6$, $SO_0 = -60 \text{ DB}$, $V_{\max} = 110 \text{ DB}$, $V = 99 \text{ DB}$

代入式(9),得

$$-SO_6 = -SO_0 + V_{\max} - V - 10 \lg 6 \approx 63 \text{ DB}$$

根据计算可列出分配网络的各项指标,见表 3(13)

对照表 1、表 3 可知,当 CTB 为先决条件时,各项指标都超过国家标准并有较大余量(13)

表 3 分配网络的各项指标 DB

C/N	CM	IM	
		(-SO)	(-CTB)
50	63	63	63

6 结束语

CATV 系统性能的好坏,主要取决于系统的各项技术指标,那么如何才能保证系统的各项性能指标呢?我们认为,在工程施工以前,必须做好系统的设计工作,而系统设计应该解决的基本问题和首要问题就是系统的三大指标,即系统的出口电平、载噪比和非线性失真¹⁹。这三项指标设计合理,再加上选择良好性能的设备 and 优良的施工,那么系统的性能就有了充分的保障¹⁹。我们的实际工作充分地证明了这一点¹⁹。

[参 考 文 献]

- [1] 王兴邦¹⁹.美国优力卡 63 C 型卫星电视接收系统的设计、安装与调试[J]¹⁹.有线电视¹⁹.1996
- [2] 宋明琪¹⁹.CATV 干线分析与设计(I) [J]¹⁹.电视技术¹⁹.1995,(4)
- [3] 宋明琪¹⁹.CATV 干线分析与设计(II) [J]¹⁹.电视技术¹⁹.1995,(4)
- [4] 林敦等¹⁹.共用天线电视系统及其设备[J]¹⁹.北京:中国建筑工业出版社,1986

How to Fulfill the Three Norms of CATV System

XU Fei¹, ZHOU Lei-~~lei~~²

(¹. Modern Instruction and Techonlogy Center, ². Trade Union, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper presents the design method of East China Jiaotong Untversitys CATV system. It also diseusses how to choose main line, distributing system 's amplifiers and working environment to satisfy three morms; system 's output vltage, SNR of carrier waves and nonlinear distortion.

Key words: CATV system; three norms