



Hewlett-Packard
Academy



HEWLETT
PACKARD

有线电视 系统性能检测

[美] 杰弗瑞·L·托马斯 著



科学技术文献出版社



西蒙与舒斯特国际出版公司

有线电视系统性能检测

[美] 杰弗瑞·L·托马斯 著

中国惠普有限公司

刘剑波 逯贵桢 张华清 译

王忠晨 白玉琨

刘剑波 夏业松 审



科学技术文献出版社

西蒙与舒斯特国际出版公司

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书通过图形、举例、提示要点和测量过程说明,给出了基本的有线电视测量方法和实用指南。内容包括:有线电视信号综述,载波幅度和频率;系统和带内频率响应,载噪比,相干干扰——CSO/CTB,交扰调制,低频干扰—交流声、泄漏、串扰及同频道干扰等。本书只有很少的公式,此列测量方法也十分直观、形象、切合实际,不失为广大有线电视同行首选的操作手册。

Cable Television: Proof-of-Performance

Jeffrey L. Thomas

©1995 by Hewlett Packard

Authorized Chinese language edition by Prentice Hall PTR.

本书封面贴有 Prentice Hall 防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

有线电视系统性能检测/(美)托马斯(Thomas, J. L.)
著;刘剑波等译. -北京:科学技术文献出版社,1996. 9
ISBN 7-5023-2850-5

I. 有… II. ①托… ②刘… III. 有线电视-性能-检测
IV. TN949.194

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 15823 号

版权登记号:图字 01-96-1078

科学技术文献出版社 出版
西蒙与舒斯特国际出版公司

(北京复兴路 15 号 邮政编码:100038)

北京通县鑫欣印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1996 年 9 月第 1 版 1996 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 16 开本 印张:13.75 353 千字

印数:1—4000

定价:26.00 元

中 译 本 前 言

《有线电视系统性能检测》一书详细地介绍了用频谱分析仪测量有线电视系统或设备绝大部分技术参数的方法。本书介绍了每项技术参数的测量原理及详细的操作规程,针对每一项指标都较为透彻地分析了测量过程的合理性、测量精度及其与实际指标的关系。全书由浅入深,循序渐进,叙述生动,条理清楚,其内容非常丰富、实用、系统、全面,所列测量方法也十分直观、形象、切合实际,不失为广大有线电视同行首选参考的实用指南或操作手册。

该书的翻译出版对推进我国有线电视系统和设备的测量以及有线电视信号传输质量的提高是十分有益的。其测量原理和测量方法是我们可以借鉴的。

中国惠普公司

1996年8月

英 文 版 序 言

随着有线电视系统的发展,有线电视技术人员或工程师的工作也在不断地变化。在过去的十年中,有线电视用户数目增加了一倍。现在有线电视所提供的服务是十年前的十倍。这些变化需要增加有线电视系统的技术性能,由此也增加了频率测试和系统测试的复杂性。本书的目的是利用频谱分析仪来讲解宽带 RF 测试以及维护测试的基本方法,以便使您跟上测试技术的发展。

频谱分析仪已广泛地用于一般工业测试过程。在有线电视中业已证明,频谱分析仪具有重要的用途。频谱分析仪能提供可靠的测量结果,与此同时又可给出测量结果的图形表示。频谱分析仪是一种能完成全部系统规范测试的仪器。为使本书具有广泛的适用性和较长的时效性,本书将与 HP 产品有关的内容限于尽可能小的范围。

本书各章节是按系统测量复杂程度进行编排的。首先是讲述载波幅度与频率的测量,然后,叙述与噪声,失真有关的测试技术,最后给出干扰,泄漏,伴音和图像的测量。在书后,列出了一些有关的有线电视和频谱分析仪的术语以及关于微分增益,微分相位和色度亮度时延差测量的说明指导。

在如今市场的销售服务中,服务质量和测试效率可使公司得到最大的投资回报。所以,在可能的情况下,一定要使测试不影响用户正在得到的服务。随着娱乐节目竞争时代的来临,用户的信息大门已经打开,而这时测试效率和提供产品的迅捷将变得越来越重要。

通过阅读本书,如果你能找到你所需要的系统维护测量技术,使测试验收工作更加富有成效,更加合理,我将感到由衷的欣慰。

杰弗瑞·L·托马斯

E-mail 地址:jeff_thomas@sr.hp.com

CompuServe 地址:74211,2014

目 录

第一章 引言.....	(1)
第二章 通过频谱分析仪显示屏观察频谱.....	(5)
第三章 系统和信号综述.....	(12)
第四章 测量载波和频带幅度值.....	(22)
第五章 系统和带内频率响应.....	(44)
第六章 测量载波和边带频率.....	(57)
第七章 载噪比.....	(71)
第八章 相干干扰——CSO 和 CTB	(99)
第九章 交扰调制.....	(125)
第十章 电源交流声调制失真.....	(134)
第十一章 泄漏、串扰及同频道干扰	(147)
第十二章 音频和视频测量.....	(161)
附录 A 单位换算表.....	(174)
附录 B 频谱分析仪框图及操作	(176)
附录 C 频谱分析仪的精度	(178)
附录 D 载噪比测量.....	(182)
附录 E 彩色电视测量.....	(192)
附录 F CATV 词汇表和频谱分析仪术语.....	(200)

第一章 引言

概论

本书的目的是指导如何利用频谱分析仪进行有线电视系统规范测量。书中的文字、图表、举例、信号和测量理论一同提供了测量技术的背景知识。请不要被字面上的理论所吓唬住,本书的重点是放在电视信号、测量概念和系统载波的主要原理上,而不是在数学分析的细节。

从书中你将学到什么

在本书中你可以学到如何用频谱分析仪进行性能检查测量。这种测量既可以在舒适的前端环境中进行,也可以在野外环境中进行,此时气候,温度,时间对测量的有效性来说变得非常重要。

书中的测量一般是对 NTSC 制式的信号进行的。这些信号符合美国 FCC 对有线电视系统规定的标准。书中所有引用标准将在相应的章节中给出。PAL 制式在频道或载波间隔的配置上不同于 NTSC 制式。然而两种制式的调制是相似的。它们的不同之处在于频谱宽度不同。这时在频谱分析仪上设置带宽不一样。同样地,许多用于 NTSC 制式的标准和技术也可用于 PAL 制式。

操作举例

本书所给举例表明了规范测试的每一步过程。规范测试包括载波幅度和频率测量;找出互调和交调失真产物;诊断交流干扰和系统中实际平坦度的测量。每一举例包含许多实际内容,帮助你理解如何达到最佳规范测试的目标。也就是说,从频谱分析仪的测量过程和测试数据中得到最好的精度,而不仅仅是简单的几条规则。

用亲自操作的经验来强化学习是非常有效的。对此,本书可以作为基本操作教程。书中的举例可以成为实验室中的基本实验。这些实验可由在有线电视测量中具有经验的技术人员进行指导。尽管 HP 的频谱分析仪具有许多优越的特性,书中所给举例并没有使用任何一种特定频谱分析仪的按键步骤。

注意要点和告诫

为了掌握测量过程的重点,将重点以要点和告诫的形式表示出来。要点将主要的信息内容以黑体字表示,用以帮助掌握重点。告诫则给出提示,用以避免测量或数据解释所出现的错误。它们具有如下形式。

要点

提供所在之处内容的概括。

告诫

给出一般测量错误的警告。

基本要求

此教程可用于有线电视技术人员和工程师。这些人员需要有系统和前端测量的某些经验。他们可以跃过一些类似于评述的信息。但对那些没有测量经验的人,这些评述内容是非常有价值的。

阅读本书不一定需要事先有频谱分析仪的知识或操作过频谱分析仪。在讲述有线电视系统的测试过程中,书中会告诉你有关频谱分析仪操作、测量电路规定、特征等必要的知识。对于想知道频谱分析仪内部结构的人,附录提供了有关的信息。书中也将不断地引用在附录中所提供的有关分析仪的结构框图及相关的部件。

通过本书的学习,你可以做什么

通过学习本书并对书中的举例进行操作以后,你将可以更加迅速地进行性能检查测量,同时你也可以确信测量是精确的。以下是一些有关的典型测试,譬如图像载波频率和幅度,伴音频率和幅度,频偏,系统噪声电平,载噪比,调制深度,交调,CTB/CSO,交流声,频道内频响和系统频响。

你所需要了解的有关频谱分析仪的知识

前面曾提到可以不具有频谱分析仪的知识就可阅读本书。然而,这一节是专门为从未接触过频谱分析仪的人所写。对于其它人则可以跃过这一节。

要点

频谱分析仪是一种可连续调节的带有观察信号屏幕的无线电信号接收机。

简而言之,频谱分析仪就是一台接收机。它可以显示信号的幅度和频率。当按下“向上”搜索频道的按键时,可以想象它是一台电视接收机。和电视机不同,频谱分析仪不是从一个频率跳到另一个频率,它在选择的频率范围内连续地扫描过去,然后再重复这一过程。频谱分析仪不显示输入信号的结果,例如电视图像。它显示信号的幅度和频率。在其输入范围内,频谱分析仪可显示任何信号,就象图 1 所示那样。图中显示了最左边信号的谐波频率和幅度。

频谱分析仪可做什么

频谱分析仪是一种经过专门校准用于精确显示连续波(CW)信号的仪器,尽管在实际通信和电视领域,这类信号非常少见。CW 信号本身没有什么信息,但在调制以后它可以携带大量的信息。调制后的信号可以进一步分解为边带信号,这些边带信号表现为 CW 信号。频谱分析仪可以显示这些信号。

以上是关于频谱分析仪使用的非常简单说明。然而,对频谱分析仪的这样一个基本理解却奠定了本书所述测试过程的基础。

要点

连续波调制信号作为边带信号可以很容易地在频谱分析仪上观察到。

如何对频谱分析仪进行控制?很简单,频谱分析仪有输入端、输出端、显象管以及用于各种功能的按键。为方便起见,将各种功能进行了分类,最主要的功能是控制在频率和幅度范围内的 CRT 显

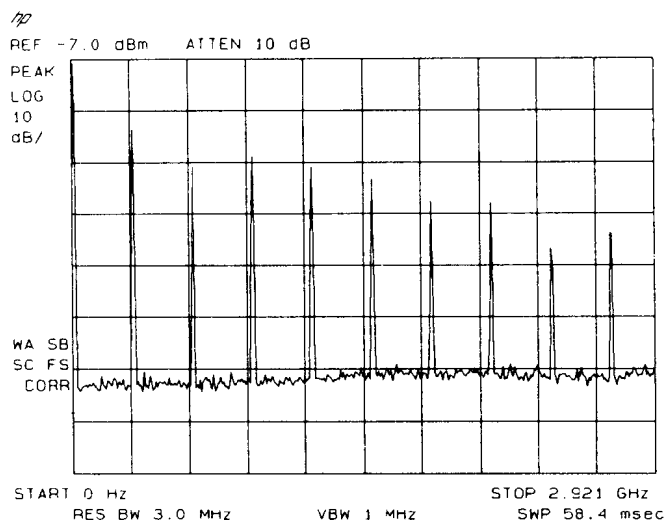


图1 频谱分析仪所显示的 300 MHz 校准信号及其全部谐波信号

示。预置键将频谱分析仪设置在一已知的状态。当你测量迷惑的时候,当频谱分析仪给出错误的指示时,或者当你需要一个已知的起点时,预置键是一安全和方便的重置键。当电源接通时,大部分频谱分析仪将会预置。图 2 给出了一典型频谱分析仪的前板图。

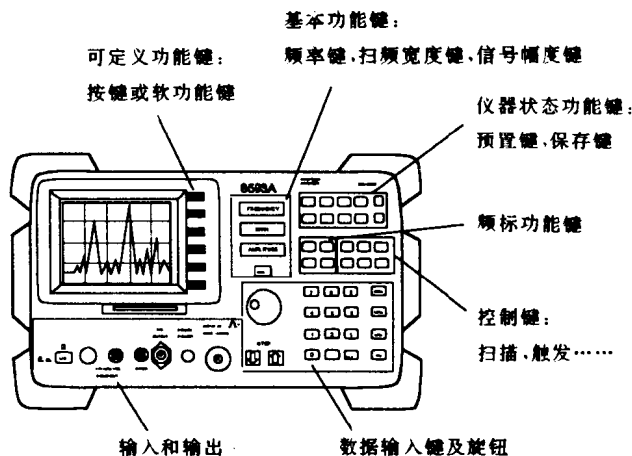


图2 频谱分析仪的前面板

就象大部分现代测试设备一样,现代频谱分析仪都有一内部的计算机或微处理器。这些微处理器可以做许多工作,而你只需简单地按下相应的按键。作为操作者,你按下或调节前板控制键将命令传给微处理器,微处理器控制频谱分析仪的硬件以及电路。图 2 给出了三种类型的控制,它们分别是硬键、软键及数据输入控制。硬键经常在按键上或其旁边具有专门的名称,每当它们被按下的时候,进行同样确定的功能。软键经常位于 CRT 屏幕旁边,根据所按下的硬键,它们的作用也发生

变化。软键标记一般显示在 CRT 上。数据控制是通过数字按键、单位按键、旋钮以及上下键完成的，通过打入一个数字或按照预先定义的步骤上下操作进行数值设定。

图 3 是一典型频谱分析仪 CRT 显示。在现代频谱分析仪上，频谱的曲线上有频率、幅度状态，控制设置以及测量信息标注。幅度大小是按照参考电平，屏幕最大显示范围以及每个间隔的标度（例如 dB）所给出的。频率表示则是一中心频率加一频率范围或者是起始频率到终止频率。注意：此处频率是在整个显示范围给出的，而在老的频谱分析仪和大部分现代示波器上，频率是按一定的间隔数给出的。

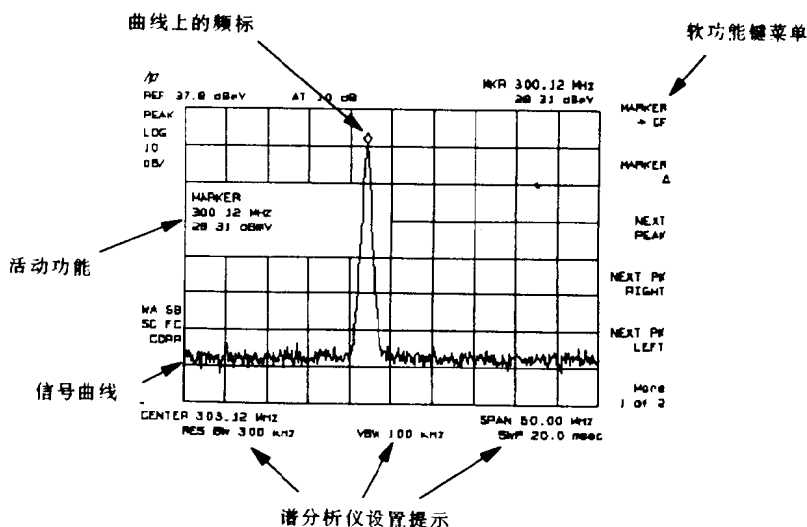


图 3 屏幕显示提供了全部可读信息。仪器的其他输出端包括后面板上的射频接口，扬声器，打印机和绘图仪接口，以及计算机接口

提高技巧，加深理解，增加兴趣

本书的目的是对那些在有线电视系统工作的操作人员和技术维护人员给予更多的有关知识。书中所教背景知识和技巧将帮助你防止用户的抱怨；满足审核规定的条文和意图；对性能故障检修问题提供更深刻的理解。我们希望书中材料能帮助你增长专业知识。随着有线电视系统服务项目的迅速增长以及未来向数字处理方向和宽带双向高速公路的发展，这些专业知识的增加对满足未来测量的挑战是非常必要的。本书所提供的方法和知识将减少你在工作中的压力，帮助你节省时间和精力以便可以做一些技术开发工作……换言之，将更加充满乐趣。

部分参考书目

- Code of Federal Regulations, Title 47, Telecommunications, Part 76, Cable Television Service. Federal Commission Rules and Regulations, 1990.
- Peterson, Blake. Spectrum Analysis Basics. Hewlett-Packard Company, Application Note AN 150, Literature No. 5952-0292, Santa Rosa, CA, 1989.

第二章 通过频谱分析仪显示屏观察频谱

本章你将学到

- 系统概貌
- 技术标准
- 方法
- 规则
- 频谱分析仪特征

概论

本章介绍如何通过观察频谱分析仪的显示屏来分析系统的频谱。通过举例可以说明这种测量是方便和灵活的。本节概括了用于电缆系统测量所要求的频谱分析仪的特性,目的是帮助你做适当的选择以满足你的测试需要。最后,对规范测试方法做了阐述。

系统概貌

系统概貌提供简单容易的非测试结果

为了熟悉频谱分析仪,首先在整个系统频率范围做一个观察。

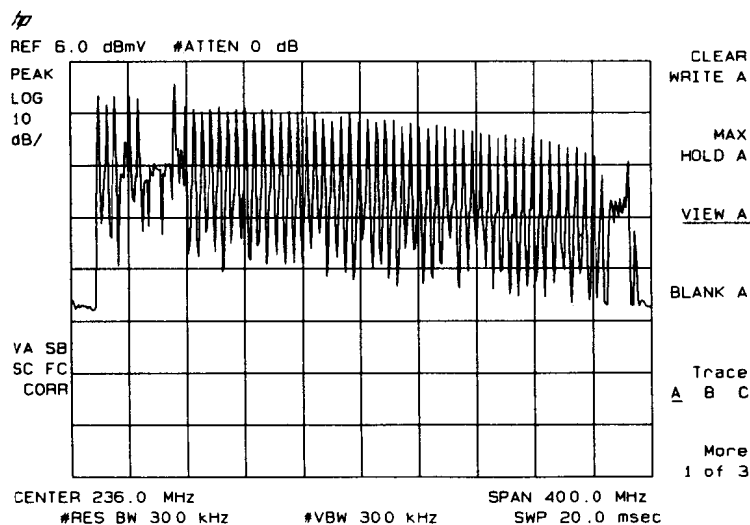


图 4 频谱分析仪上所显示的具有 54 个频道和一个商业 FM 的标准频率结构

一次对所有频谱的观察可迅速提供系统特性的概貌,或者说全部频谱响应。不要期望从这样的观察中得到一些特别的测量信息。这种观察仅是了解系统的正常情况,也就是说,检测主要性能变化或损坏情况。下面的例子将帮助你熟悉频谱分析仪的控制,使用的方便性和测量迅捷性。第一个

例子使你能了解整个系统。

例 1. 显示全部系统

通过按下预置键或将电源关闭后再打开,使频谱分析仪处于初始状态。通常仪器的这种初始测量状态设置在最大的频率范围,这样在屏幕上看到的信号是一段在左边的幅度响应,或者在低频部分的响应,如图 5 所示。由于这些频率靠得很近以至看起来像是一个大的信号。

测量摘要

1. 打开频谱分析仪电源开关并将系统电缆连接到仪器的 RF 输入端。
2. 按下预置键以便从已知的设置开始。
3. 设置起始频率和终止频率。例如,50 MHz 到 400 MHz。
4. 利用参考电平控制键调节信号幅度在屏幕上的高度。
5. 使用频标控制键指向不同的信号并读取频率和幅度值。

显示屏的最左边有一附加的信号,这不是有线电视系统的信号,它是由频谱分析仪本身所产生的产物,称为 LO 直馈信号。此信号标志 0 Hz 频率点。有关这一信号来源的更详细内容可在频谱分析仪的基本技术参考书中找到。

现在改变频谱分析仪的扫频宽度,以使显示接近系统频率的上界和下界。此时,系统信号是在 30 MHz 至 450 MHz 范围。

频谱分析仪有一频率菜单,此菜单包括有起始频率和终止频率。假如你的频谱分析仪有这一功能,你只需简单地输入这两个数值。要注意数值小的频率作为起始频率,数值大的频率作为终止频率。若你的频谱分析仪没有起始和终止频率控制,则输入一个中心频率,此中心频率在你所要求起始终止频率的中间,也就是 $(450-30)/2+30=240$ MHz,然后再输入频率范围(起始频率和终止频率之差,即 $450-30=420$ MHz)。

现在用幅度控制和参考电平控制把最大的信号响应调到顶部屏幕的附近。这时,参考电平代表最大的信号电平。图 4 给出了显示结果。

就像以前所表明的那样,这一测量是不精确的。虽然载波可以清楚地看见,但是频谱分析仪扫频宽度设置太宽,不适于规范电平所要求的测量精度。

要点

使用频谱分析仪同时观察整个系统的频率响应。

把扫频宽度调小到几个频道的宽度,如图 6 所示,这样可以充分发挥频谱分析仪的某些重要功能。它们是:

- 同时比较大信号和小信号。
- 对个别信号直接进行绝对强度和频率的测量。
- 辨认和测量信号上的调制。

所有这些功能对于有线电视规范测量是非常重要的。例 2 和例 3 表明了使用频谱分析仪得到关于系统详细信息的方便性。这时只需简单调节三个控制,它们是中心频率,频率范围,参考电平。

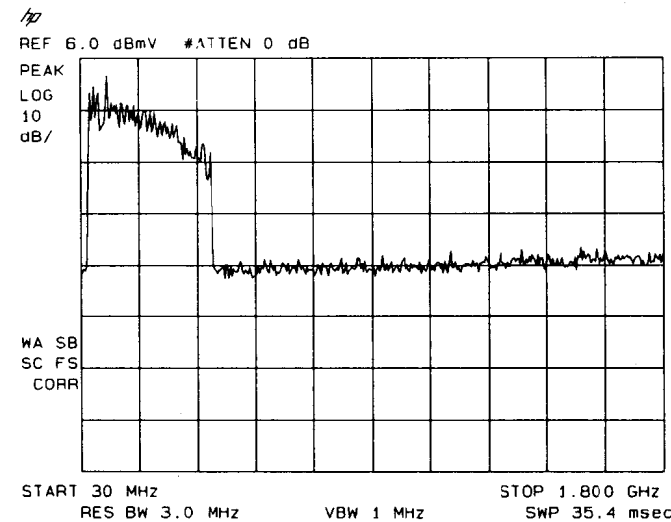


图 5 在频谱分析仪 CRT 显示屏上显示的有线电视系统频谱,此时频谱仪显示范围是 1 MHz 到 1.8 GHz

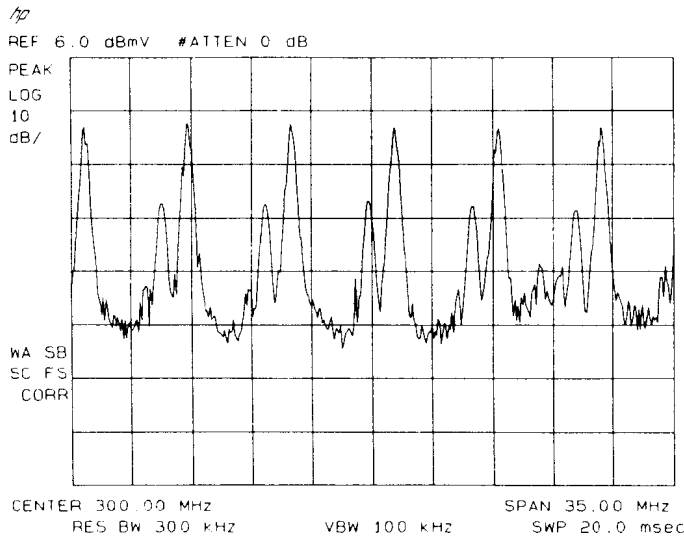


图 6 将频谱分析仪扫频宽度缩小到 35 MHz,这时在电视频道中心可得到许多信息

例 2. 观察几个频道的情况

接着例 1,选择中心频率 138 MHz 和 35 MHz 的扫频宽度。注意随着范围缩小,信号间的区别更加明显,这时可以得到更多的频谱信息。频道的伴音载波现在已可看见。随着频率范围的变化,频谱分析仪自动地调节选择信号,以使单个信号可以观察到。

单个载波虽然可被观察到,但是信号看上去不那么稳定。这些幅度和频率的不稳定性是由调制所引起的。现在我们已非常接近于开始测量了。由于每一信号可以与其周围信号区别开来,这样,信号电平便可以进行比较,这是频谱分析仪的优越性所在。大约 90% 的有线电视测量是比较信号的特性。

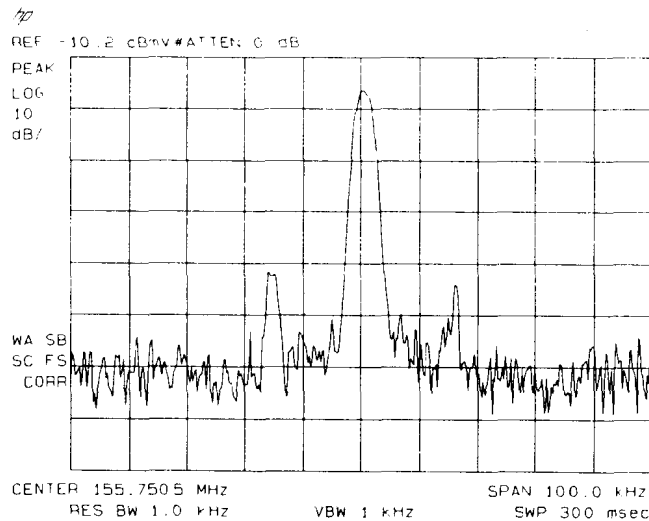


图 7 a) 单个频道的声音载波加有一小调制信号的显示

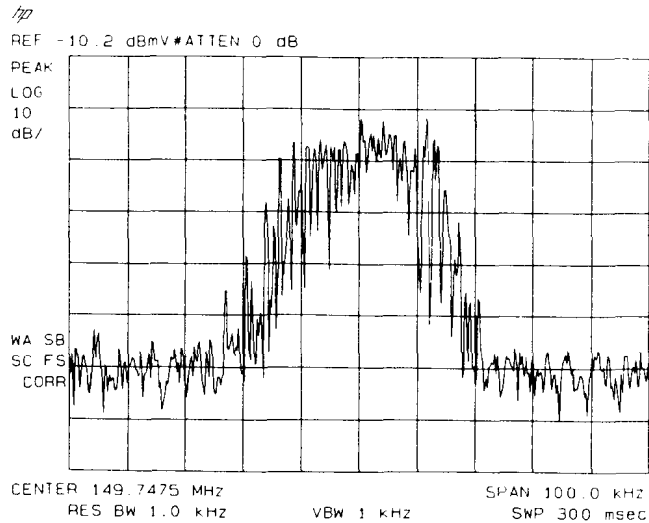


图 7 b) 加有摇滚音乐载波的显示

要点 大部分测量是比较各种信号的幅度和频率。

把某一伴音载波扩展到整个显示屏幕,就可以表明频谱分析仪的第三个优越性——区分调制信号的能力。

例 3. 观察调频伴音载波

从例 2 最后的频谱分析仪状态开始,将伴音载波中的一个置于显示屏的中心,然后用控制键减小频率范围。随着频谱分析仪扩展屏幕中心的频谱,信号表现为从一边飘移到另一边。这时你必须用中心频率控制钮调节载波到屏幕中心。

将频谱范围调到 100 kHz,用参考电平控制把信号电平调到接近显示框的顶部。若频道内没有伴音,载波表现为一个尖峰,即一个 CW 信号。有伴音时,载波以某一速率前后移动,移动距离由伴音调制决定,这时在载波两边显示为振幅的散布。无声期间,载波视为连续波(CW)信号。

频谱分析仪擅长于鉴别信号调制。关于调频载波的进一步分析和测量在有关调频频偏的章节中讨论。

规范测试的技术标准

由于在有线电视这种靠供给驱动的市场中,必须提供高质量的娱乐服务才能具有竞争力,这就增加了系统以及它们所携带信号的复杂性,从而使得技术要求更加严格。在我们所能记起的任何地方,FCC 都已制订了有线电视标准。在不断增长的性能检测中,1980 年的标准几乎不再具有法律效力,但 1990 年的标准却不同以前。社会的注意力已从国防和太空方面转移到信息和娱乐的传播。由竞争所驱动,到本世纪末标准将更加严格。

最近的变化已经要求提高测试和数据采集的水平。在联邦标准长途通信部分 47 条第 76 款中提出了新的标准。76 款的技术标准首先在 1972 年采用。1985 年 FCC 将 76 款的技术标准作为指导而不是作为要求。在 1992 年 2 月,FCC 重新说明并更新了 76 款的技术标准,这一标准要求在线电视系统设立更广的、分开的测试点,进行测试并记录它们的信号。在开始的三年中,只对射频测量提出了要求,其后,在此基础上对解调后的基带视频信号测量也提出了要求。

测试方法

测量方法意味着由谁,在什么地方,什么时候,如何进行,测量什么。所有的 NTSC 图像有线电视频道都需要测量。射频测试,即条款 76.605(a)(1-10),要求一年进行两次。尽管对所有的有线电视系统都要求符合规范,但那些不到 1,000 用户的系统可以免测。对于具有 1,000 到 12,500 个用户的有线电视系统,测量至少要在 6 个分开比较远的点进行,其中的三分之一要代表离系统输入最远的用户终端。对于超过 12,500 用户的系统,每增加 12,500 个用户,需要增加一个测试点。测量记录要保持五年,包括仪器、测试过程以及进行测试人员的技术水平。

在测试点的要求中要包括光纤结点,对每个光纤结点至少要有个测试点。光纤结点被认为是“远”点。对光纤信号本身,没有专门的测试要求。

要点

在有分前端的地点,譬如光纤结点或 AML 接收机,要设置测试点。

标准要求在用户终端测试,这意味着所有的测试应当在用户家中机上变换器盒的输出端进行,

FCC 已认识到这并不实际,但是在标准上的文字并没改变。因而有一默认的规定,变换器盒进行例行测试,数据和规范测试结果一起提供。规范测试在离用户终端 100 英尺远处进行。

满足使用频谱分析仪的规定

对于大部分性能检查测量,频谱分析仪被推荐为测试仪器。70 年代早期,频谱分析仪在有线电视测量中得到广泛应用。自那以后,它的性能和通用性一直在不断地改进。随着有线电视测量要求的不断增加,频谱分析仪的性能也得到了加强。由于竞争的压力,它的价格限制在有线电视系统的预算内,因此提供了更好的测量价值。这决不意味着分析仪便宜!但是它的价值是公认的并得到了世界上有线电视系统工作人员的认可。

要点 频谱分析仪可对所有当今的测试项目进行规范测量,某些测试要求附加的特殊选件。

挑选频谱分析仪

也许你是已经有了频谱分析仪后才买了这本书,并希望从书中得到频谱分析仪的尽可能多的功能用于你的测试目的。实际上,这里给出的是测试有线电视系统的最低性能要求。我们提议并不是所有的性能检查测量都依赖于原资料表格说明。某些测试要求专门的性能,例如在时域就要求极快的扫描。

频谱分析仪的资料表格将性能列在各项中,这些项目当时没有把有线电视考虑在内。不要着急,下面的测量章节中将解释与测试和测试结果精度有关的说明。在书末的术语表中,概括了与有线电视行业有关的频谱分析仪术语。

- 频率范围:10 到 1000 MHz
- 频率间隔:0,100 kHz 到 1000 MHz
- 频率精度:±200 Hz
- 相对振幅精度:在整个频率范围±2.0 dB。在指定说明了足够的振幅细节时,精度可达±0.5 dB。
- 最大输入电平:交流耦合时,1 W
- 灵敏度:可测最小信号,-60 dBmV
- 噪声背景,相对灵敏度:在最小分辨率带宽内为-60 dBmV
- 内部失真产物:频谱分析仪总输入为 10 dBmV 时,≤60 dBc
- 分辨带宽:1 kHz 至 3 MHz,图像接收机具有 4 MHz 视频带宽
- 图像带宽:等于分辨带宽
- 输入衰减:0 至 60 dB,间隔为 10 dB 或更小
- 输入预放大器:内部或外部,大于 20 dB 增益,噪声小于 7 dB
- 75 Ω 输入阻抗

以下是一些主要的附加特征,它们使频谱分析仪操作更容易、迅速并且有更高的精度。

- 在频谱曲线上幅度与频率的频标
- 模拟 CRT 显示

-
- 连续扫描:全程扫描时间 $10\ \mu\text{sec}$
 - 电视同步触发
 - 对频谱分析仪检测输出进行快速富里叶变换
 - 调频解调
 - 在频谱分析仪 CRT 上显示电视图像或伴音
 - 负峰值检测

上述所列项目看上去很烦琐,但是在目前市场上所提供的许多频谱分析仪都具有这些能力以及优越的性能,其价格也是合理的。

内容组织

本书的内容是这样组织的:首先讲述频谱分析仪的基本知识;然后,在每一个新的一章中,引出新的测量概念,同时给出进行测量所必须了解的性能、技术和特征。具有类似测试技术的有线电视测量项目尽可能地安排在一起,若顺序排列看起来显得不那么合理的话,跃过它继续下面的章节。

部分参考书目

- Engelson, Morris. Modern Spectrum Analyzer Measurements. Portland; published by JMS, 1991
- HP 85721A Cable TV Measurements and System Monitor Personality.
Hewlett-Packard Company, User's Guide, Part No. 85721-90001, December 1993.
- Peterson, Blake. Spectrum Analysis Basics. Hewlett-Packard Company, Application Note AN 150, Literature No. 5952-0292, Santa Rosa, CA, 1989.