

信 息 与 通 信 系 统 书 系

MEASUREMENT OF CABLE TELEVISION

王 晖 关亚林 王晓路 编著

有线电视测量

北 京 广 播 学 院 出 版 社

信 息 与 通 信 系 统 书 系

有线电视测量

王 晖 关亚林 王晓路 编著

北 京 广 播 学 院 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

有线电视测量/王晖,关亚林,王晓路编著.-北京:北京广播学院出版社,2001.6

ISBN 7-81004-964-X

I. 有… II. ①王… ②关… ③王… III. 有线电视—视频信号—测量 IV. TN941.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 031042 号

有线电视测量

编 著 王 晖 关亚林 王晓路

责任编辑 阳金洲

封面设计 曹 春

版式设计 阳金洲

出版发行 北京广播学院出版社

社 址 北京市朝阳区定福庄东街 1 号 邮 编 100024

电 话 65779405 或 65779140 传 真 010—65779140

网 址 <http://www.cbbip.com>

经 销 新华书店总店北京发行所

印 装 中国科学院印刷厂

开 本 787×1092 毫米 1/16

印 张 16.25

字 数 325 千字

版 次 2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

印 数 1—3000

ISBN 7-81004-964-X/O·21

定 价 32.00 元

版权所有

翻印必究

印装错误

负责调换

前 言

目前,有线电视在中国取得了飞速发展,其系统由传统的电缆有线电视系统发展到光缆同轴混合网(HFC),今后还将实现数字化和综合化。其从业人员的工作也在不断变化,急需更新自己的知识,尤其对于基层工作者,掌握一些有线电视方面的测量知识,则显得更为重要,因为只有通过测量才能够了解系统的性能是否达到了设计指标,以及系统运行的状况,发现问题的症结,找到解决问题的办法,给系统的施工、安装、调试、维护提供准确的依据,保证系统正常运行。本书将就这方面的内容作详细阐述。

本书共分三篇十一章。第一篇主要介绍有线电视常用测试仪器、有线电视系统指标与测量、有线电视常用部件与设备测量。第二篇主要介绍光传输系统指标、常用光测试仪器、以及光传输系统指标测量。第三篇主要介绍 DVB—C 系统指标及测量。

本书第一篇(《有线电视基本指标测量》)由王晖编写,第二篇(《光纤同轴混合网(HFC)性能指标测量》)由关亚林编写,第三篇(《DVB—C 指标测量概述》)由王晓路编写,并由王晖负责全书的统稿。

尽管本书在编写过程中力求科学、全面、系统、完整、深入浅出地介绍有线电视测量技术,为有线电视工程技术人员提供一本简明扼要、内容充实的书籍,但由于时间仓促,作者水平有限,难免出现一些疏漏甚至错误,敬请读者和专家学者批评指正。

在本书正式出版之际,作者要感谢北京广播学院教改基金的资助,感谢北京广播学院出版社对本书的支持和辛勤劳动。北京广播学院信息工程学院副院长刘剑波副教授审阅了全稿,另外,王忠晨、张超先生和郭燕小姐也为本书提供了大量资料,特此表示感谢。

目 录

前 言	(1)
-----	-----

第一篇 有线电视基本指标测量

第一章 有线电视常用测试仪器	(3)
第一节 多路射频信号发生器	(3)
第二节 频谱分析仪	(5)
第三节 场强仪	(11)
第四节 有线电视分析仪	(15)
第五节 其它常用测试仪器	(21)
第二章 有线电视系统指标与测量	(24)
第一节 有线电视系统组成	(24)
第二节 有线电视系统性能指标简介	(27)
第三节 载波电平测量	(29)
第四节 载波频率测量	(35)
第五节 载波噪声比(C/N)测量	(37)
第六节 系统频率响应测量	(43)
第七节 载波复合三次差拍比(C/CTB)和载波复合二次差拍比 (C/CSO)测量	(46)
第八节 交扰调制比测量	(51)
第九节 电源交流声调制失真测量	(54)
第十节 回波值测量	(58)
第十一节 系统输出口的相互隔离度测量	(60)
第十二节 微分增益(DG)和微分相位(DP)测量	(61)
第十三节 色度/亮度时延差测量	(67)
第十四节 有线电视中模拟电视信号加解扰系统测量	(70)
第十五节 模拟卫星电视接收系统性能测量	(75)
第三章 有线电视常用设备与部件测量	(84)
第一节 电视调制器指标的测量	(84)
第二节 电视解调器指标的测量	(94)
第三节 频道处理器指标的测量	(101)
第四节 无源混合器指标的测量	(110)

第五节 放大器指标的测量·····	(114)
第六节 接收机变换器指标的测量·····	(120)

第二篇 光纤同轴混合网(HFC)性能指标测量

第四章 光纤传输概述 ·····	(135)
第一节 光纤传输的特点·····	(135)
第二节 电视信号在光纤中的传输方式·····	(136)
第三节 光纤同轴混合网·····	(137)
第五章 光无源设备及配件 ·····	(140)
第一节 光纤和光缆·····	(140)
第二节 无源器件和配件·····	(143)
第六章 AM-IM 系统的光端设备 ·····	(148)
第一节 光发射机、光强度调制·····	(148)
第二节 1310nm 直接调制光发射机·····	(149)
第三节 1550nm 光发射机·····	(151)
第四节 外调制 YAG 光发射机·····	(153)
第五节 光接收机·····	(154)
第六节 掺铒光纤放大器(EDFA)·····	(157)
第七节 光链路的载噪比和非线性失真分析·····	(159)
第七章 光纤的传输特性 ·····	(163)
第一节 光纤的色散·····	(163)
第二节 光纤的损耗·····	(165)
第八章 有线电视光纤传输系统的常用测试设备 ·····	(167)
第一节 光时域反射计·····	(167)
第二节 光功率计·····	(170)
第三节 标准光源·····	(172)
第四节 光衰减器·····	(174)
第九章 有线电视光纤传输系统的测试 ·····	(175)
第一节 光纤基本参数的测量概述·····	(175)
第二节 光功率的测量·····	(175)
第三节 光传输链路损耗的测量·····	(177)
第四节 单模光纤色散的测量·····	(178)
第五节 光调制度的测量·····	(181)

第三篇 DVB—C 指标测量概述

第十章 DVB-C 系统介绍 ·····	(187)
-----------------------------	-------

第一节	DVB-C 系统框架	(188)
第二节	MPEG-2 传送层和帧结构	(190)
第三节	信道编码	(191)
第四节	字节到符号的映射	(193)
第五节	QAM 调制及特性	(194)
第六节	基带滤波器特性	(198)
第七节	有线网的透明性	(198)
第十一章	DVB-C 系统指标介绍	(200)
第一节	MPEG-2 传输码流(TS)的测试指标	(200)
第二节	卫星和电缆传输媒体的通用参数	(207)
第三节	电缆专用参数	(214)
附:DVB-C 分析仪及使用		(218)
附 录	中国有线电视频道表	(247)
参考文献		(251)

第一篇 有线电视 基本指标测量

第一章 有线电视常用测试仪器

电子测量的类型通常可分为两类:网络分析和信号分析。网络分析测量一个特定电路如何使已知信号发生变化;信号分析则测量信号参量而不管电路如何。由于有线电视系统指标测量主要是信号质量的测量而非电路分析,故建议采用信号分析仪作为安装、服务和维修的主要工具。

信号分析仪有许多种,常见的主要有下面几种:频率计数器、示波器、功率计、交流电压表、场强仪、频谱分析仪、噪声系数仪等。这些仪器大部分能测量我们熟悉的幅度随频率变化关系图上的一个或多个参量。除噪声系数仪、交流电压表和功率计外,其他仪器都能测量频率,而功率幅度除频率计数器外其他仪器都能测量。

为了更好地理解这些仪器是如何实现其对特定信号进行分析测量的,下面我们将较详细地介绍它们的工作原理和作用。

第一节 多路射频信号发生器

多路射频信号发生器具有多路(如 60 路)互相独立的载波或已调制超高频信号输出,可以真实地反映出多路信号同时工作的实际状态,相当于一个前端测试系统,可用于载波复合三次差拍比(C/CTB)、交调、互调等指标的测试,尤其可方便地测试大中型有线电视系统的载波复合三次差拍比(C/CTB)等指标。

一、多路射频信号发生器的原理

我们以 60 路射频信号发生器为例来介绍其结构和原理,它主要由 60 路超高频信号发生器、单路衰减器、混合器、输出衰减器、行频发生器、行频放大分配器等几个部分组成,其中 60 路超高频信号发生器内含有调制器。具体框图见下图 1.1.1 所示。

在下图(图 1.1.1)中,60 路超高频信号发生器分别产生不同频率的载波信号,这些信号既可被行频调制(通过内外行频选择开关可选择行频来源),也可以单载波的信号形式输出,这 60 路信号经过各自的单路衰减器衰减后,再经混合器混合,最后经可调的输出衰减器衰减后输出。

二、多路射频信号发生器的面板结构和使用

多路射频信号发生器的面板分两大部分,一部分是混合输出部分控制面板,另一部分是超高频信号发生器控制面板。

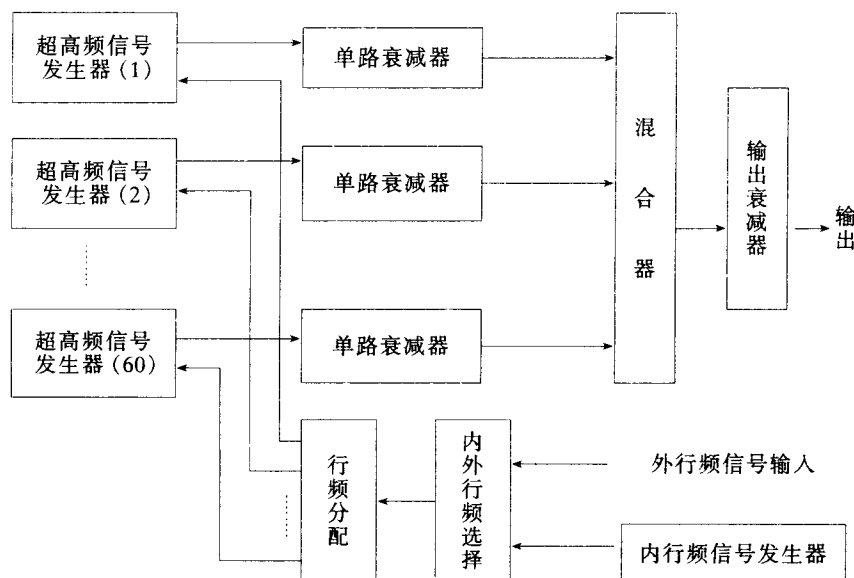


图 1.1.1 60 路射频信号发生器结构图

1. 混合输出部分控制面板

(1) 电源开关(交流)

按下该开关后,该部分电源接通,行频振荡器、内外行频选择开关及行频分配电路处于工作状态。

(2) 信号输出端

60 路超高频信号的混合输出端。

(3) 输出衰减器

该衰减器为步进式衰减器,衰减量为 0—70dB μ V。

(4) 内、外行频选择开关

未按开关时,内、外行频选择开关接通内生行频信号,按下开关时,该开关接通外行频信号。

(5) 外行频输入端

外行频输入信号为幅度 2V 的脉冲信号。

混合输出部分控制面板图见图 1.1.2 所示:

2. 超高频信号发生器控制面板布置

超高频信号发生器控制面板见下图(图 1.1.3)所示,主要分成以下几个部分:

(1) 交流电源开关:它是八路超高频信号的总电源开关。

(2) 频道号:指出该信号源是哪个频道的载波信号,由此可推算出其载波频率。

(3) 调制度控制开关:该开关分成三档,OFF 档表示不加调制,50% 档表示调制度在 0—50% 范围内连续可调,100% 档表示调制度为 100%,调制信号为行频信号。

(4) 调制度控制旋钮:当调制度控制开关在 50% 档时,调节该旋钮,可使调制度在 0—50% 范围内变化。

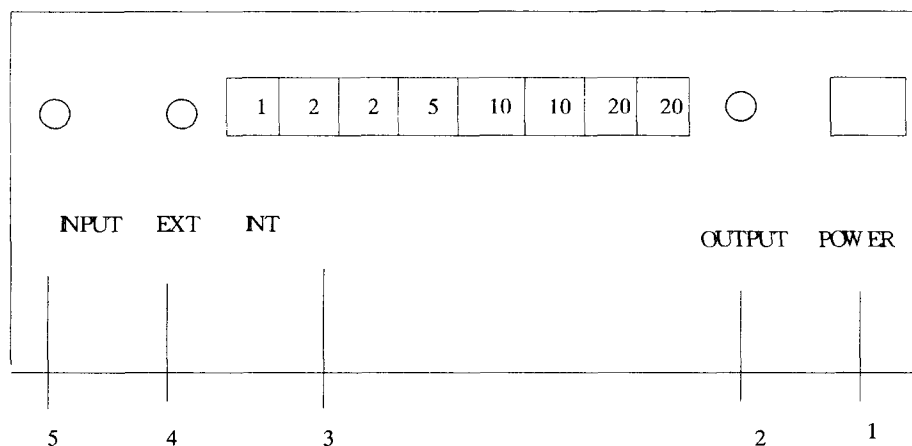


图 1.1.2 混合输出面板布置图

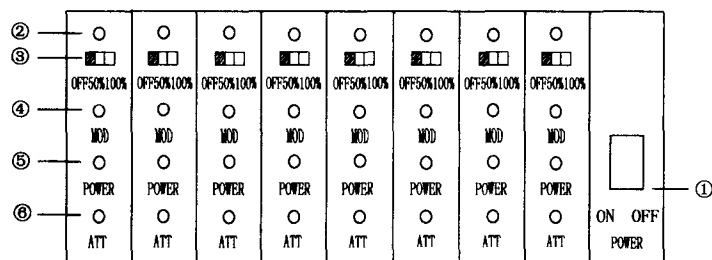


图 1.1.3 超高频信号发生器控制面板布置图

(5)单路发生器电源开关:这是单路超高频信号发生器电源开关,按下该开关,表示该路信号处于工作状态。

(6)单路输出衰减器:该衰减器用来调整各路信号发生器的输出幅度,调整最大范围为15dB。

3. 多路超高频信号发生器的使用

多路超高频信号发生器的使用方法较简单,将输出电缆接在混合输出部分面板的OUTPUT口上,可通过该面板的衰减控制来决定输出的幅度,具体哪几个频道信号输出,幅度大小为多少,则通过超高频信号发生器控制面板上的各路信号控制旋钮来决定。至于是否加调制信号,则由发生器控制面板上的调制控制开关来决定,调制信号可用内部提供的行频信号,也可外接调制信号。

第二节 频谱分析仪

任何信号都可用时域和频域两种方法来表示,时域是表示瞬时记录下的电压(或电流)相对时间变化的情况,频域则是表示信号电压(或功率)相对频率变化的情况,

这两种表示方法在本质上是—致的,只不过是用不同的方法来看待同一信号,前者可用示波器等时域测量仪器来测量,后者可用频谱分析仪等频域测量仪器来测量。

一、频谱分析仪的基本原理

为了使测量简便起见,如果我们让调谐电压表的频率进行自动扫描,这样便可在幅度与频率关系图上显示出连续的读数,这种所谓扫描调谐电压表法就是传统的扫频式频谱分析仪的基本工作原理。随着数字技术的发展,在低频波段,这类频谱分析仪已逐渐被采用快速傅立叶变换(FFT)技术的频谱分析仪所取代,但在射频或更高频率范围内,仍采用扫频式频谱分析仪,下面我们就重点对扫频式频谱分析仪的原理进行详细阐述,其基本原理见下图 1.2.1 所示。

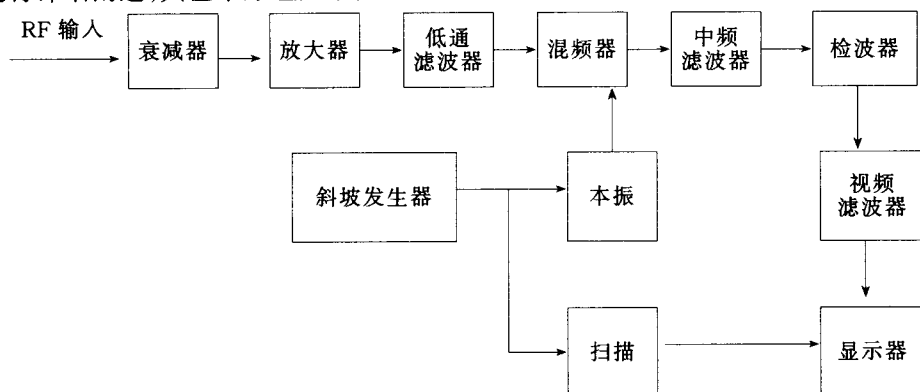


图 1.2.1 频谱分析仪原理框图

在上图(图 1.2.1)中,中频滤波器始终调谐到相同的中心频率,混频器则可用来改变输入信号的频率,使其输出(射频信号和本振信号的和频或差频)在中频滤波器的中心频率上,当然,本振频率必须是可调的,我们利用斜坡发生器来产生线性增大的电压,以驱动压控振荡器的调谐端口,从而改变本振频率。

由于中频滤波器的中心频率是固定的,相对宽范围内调谐的滤波器而言,其制作和设计简便得多。

利用具体的实例更有助于说明超外差电路的工作原理。假设频谱分析仪测量 10—20MHz 信号,选择中频频率是 20MHz,本振工作在 30—40MHz,如果输入信号是 15MHz,则本振应被调谐到 35MHz,产生 20MHz 和 50MHz 的差频与和频,20MHz 信号正是中频滤波器的中心频率,信号检波后显示在仪表上,这符合我们的设计,而 50MHz 信号则落在中频滤波器的通带之外而被滤掉。由此也可看出,我们在选择本振和中心频率时应注意,射频信号和本振信号的和频与差频只能有一个信号通过中频滤波器,另一个信号则被滤掉。

在显示方面,斜坡发生器产生的斜坡电压加到显示器的水平(X)轴上,检波器输出经低通滤波后接到垂直(Y)轴上,当本振对频率进行扫描时,显示器上自动绘出输入信号的频谱,检波器输出端的低通滤波器称为视频滤波器,用在分析仪扫频时对响应进行平滑。

在上述原理方框图中,采用了全模拟方式,但随着数字技术的发展和微处理器的广泛应用,很多部分可以采用数字技术来替代,例如本振可以用微处理器控制的数字合成技术来构成,显示器可以采用数字图形显示,即显示的信息先存在存储器中,显示时再把它调用出来,存储器的内容则决定了显示的内容。具体见下图 1.2.2,虽然下图中很多部分被数字电路所代替,但图 1.2.1 仍是理解频谱分析仪基本原理的理论基础。

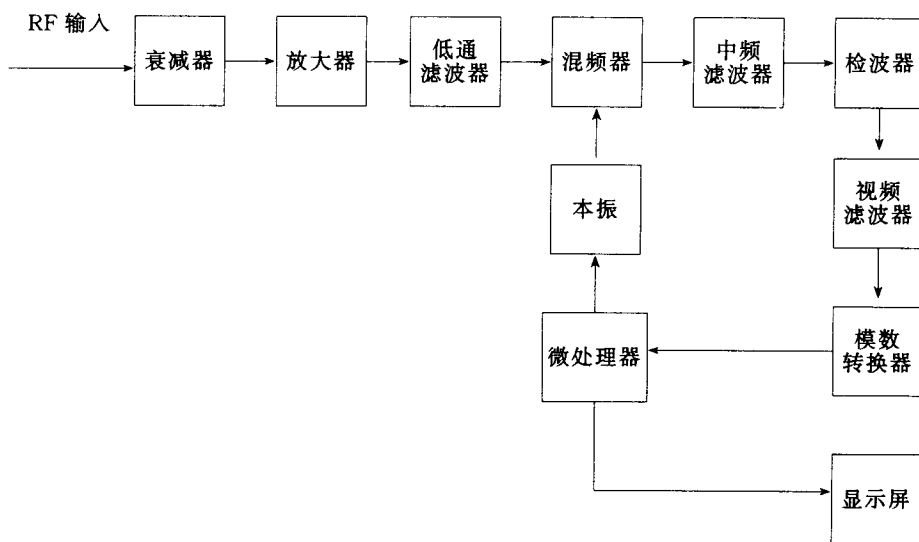


图 1.2.2 微处理器控制的频谱分析仪原理

二、频谱分析仪的使用及特点

在频谱分析仪的使用过程中,有一些值得注意的问题,下面逐一进行详细介绍。

1. 信号的输入

(1) 输入级

频谱分析仪的输入级包括可变衰减器和其后的放大器,主要作用是控制输入到仪器其余部分的信号电平,如果信号电平过高,分析仪将使它产生非线性失真,测试出的结果则由于失真产生误差;如果信号电平过低,信号可能被分析仪的底噪声所掩盖,无法正确测量信号,这两种情况都会减小测量的动态范围。

一部分频谱分析仪具有自动选择合适输入衰减的功能,即具有自动转换量程的功能,另一部分频谱分析仪则需要用户自己选择适当的输入衰减,我们必须十分注意分析仪输入电平的大小,否则有可能对仪器本身产生损害,因此,使用前要十分清楚地了解信号的输入范围,正确选择输入衰减。

射频信号输入时,还应注意电缆特性阻抗与仪器输入阻抗匹配,否则信号失配则会引起衰减,造成测量误差。在有线电视系统中,电缆特性阻抗一般为 75Ω ,分析仪输入阻抗一般可以在 50Ω 和 75Ω 之间选择,所以在测量时要正确选择分析仪的输入阻抗,减小测量误差。

(2) 输入低通滤波器

频谱分析仪输入级之后的低通滤波器主要用来滤除不需要的频率成分,避免这些不需要的成分进入混频器并被转换成中频频率,从而影响测量结果。例如:频谱分析仪测量 10 MHz 信号,中频频率是 20MHz,本振工作在 30 MHz,但如果输入信号是 50MHz,也产生 20MHz(50 MHz—30 MHz)的差频,20MHz 信号正是中频滤波器的中心频率,由此可看出,如果在输入端没有低通滤波器,我们无法在分析仪中区分输入信号是 10MHz 还是 50MHz。

2. 信号在分析仪中的混频

(1)变频级

在上述原理框图中,利用了单一的混频器和中频级,虽然也可用于构成频谱分析仪,但它的性能受到了限制。主要是因为虽然高中频频率对镜象频率的抑制容易,但在高频上制作窄带中频滤波器和检波器较困难;在低频上制作窄带中频滤波器和检波器较容易,但抑制镜象频率较困难,所以现在频谱分析仪已无一例外地采用了多变频级方式这种折衷方案,每个变频级包含一个混频器、一个本振和一个中频滤波器。

频谱分析仪中混频器的一个重要缺陷是本振馈通,所谓本振馈通是指当本振频率与中频频率相同或相近时,在混频器端口泄漏的本振信号将通过中频滤波器而混合在测试信号中,产生测试误差。当本振频率远离中心频率时,则不会出现本振馈通现象。

(2)中频滤波器

在频谱分析仪中,频率分辨力是一个非常重要的概念,它是由中频滤波器的带宽决定的,这个带宽决定了仪器的分辨带宽 BW_{RES} ,如果滤波器的带宽是 100Hz,那么谱线频率就有 100Hz 的不定性。若在一个滤波器的带宽频率范围内出现了两条谱线,则不可能检出这两条谱线是不同的频率分量,但是滤波器将测出它在频率范围内的能量而不考虑多少谱线产生这一能量,因此,对于两条紧密相关的谱线,其分辨力取决于滤波器的宽度。

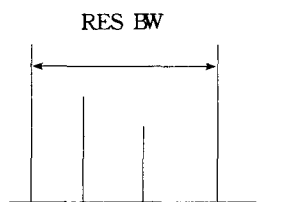


图 1. 2. 3 在一个分辨带宽内有两根谱线

3. 信号的检波

检波器有峰值检波和取样检波等几种类型,峰值检波是最常用的类型。中频滤波器的输出接到检波器上,检波器产生与中频级输出的交流信号电平成正比的直流电平。

在频谱分析仪中,由于信号电平大幅度变化,一般采用对数刻度,而在检波器之前有一个对数放大器,对数放大器按照对数函数来压缩信号电平,即对于输入电平幅度 V ,输出电压幅度为 $\lg V$,这样大大地减小了由检测器所检测的信号电平变化,同

时向用户提供了校准成单位为分贝的对数垂直刻度。

4. 视频滤波器的问题

在上述原理框图中,检波器之后的滤波器被称为后检波滤波器,对扫频式分析仪来讲,又称为视频滤波器。视频滤波器是一个低通滤波器,它可以减小检波器输出的噪声变化,揭示一些已被掩盖且接近本底噪声的信号,如果噪声是待测量,则视频滤波器还有助于稳定测量。

我们假设检波器的输出在短时期内是在恒定直流信号上叠加波动噪声的情况,直流电平代表检波器之前的预检波带宽内存在的能量,这个能量可由离散谱线或噪声两者构成。直流电平上的噪声是预检波能量中的统计能量,由测量中的噪声构成,经过视频滤波器后,能给出更稳定的无噪声输出,同时,这并不降低直流电平,不影响平均输出电平。

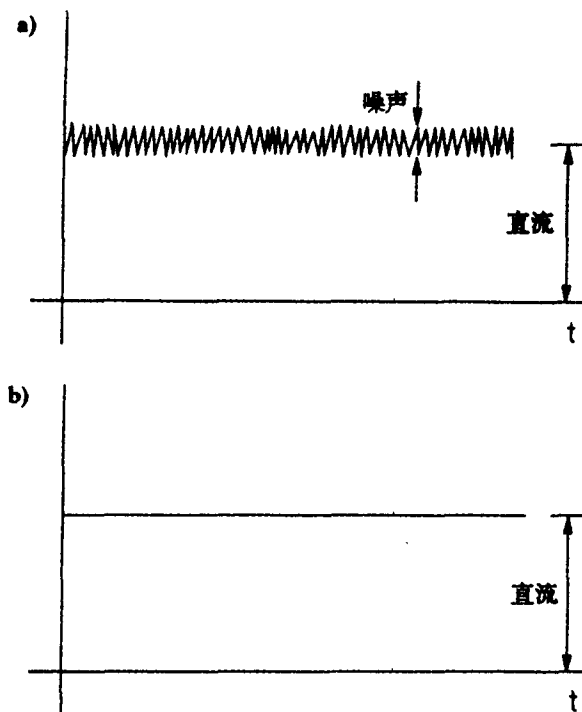


图 1.2.4 (a)检波器的输出由恒定直流电平加上某些噪声构成

(b)对检波器输出进行低通滤波能除去噪声,而不改变直流电平

下图(图 1.2.5)中,图(a)采用宽带视频滤波器,图(b)采用窄带视频滤波器,由图中可看出,采用宽带视频滤波器时,噪声的波动较大,采用窄带视频滤波器时,波动显著减小,两者的噪声平均值一样,只是噪声的波动不同,也就是说,视频滤波器不会降低平均噪声的电平,但能减小噪声的峰值电平,因而能暴露出用较宽视频滤波器不能看到的低电平信号。

当测试信号仅为噪声信号时,视频滤波器可以平滑这些噪声信号的波动,如果没有视频滤波器,由于噪声的影响,测量将有所变化。

我们可以注意一下中频滤波器和视频滤波器的区别,检波前的噪声可以通过窄带中频滤波器来降低,从而降低检波器的输出电平;检波后的噪声可以通过窄带视频滤波器来平滑,减小噪声的波动,但不能降低噪声的平均电平。

5. 扫描速度的问题

扫频式频谱分析仪由于能立即显示所关心的整个频率范围,因此其测量速度较快,但这并不意味频谱分析仪的扫描速度可以任意快,它主要取决于中频滤波器(分辨带宽滤波器)对其输入信号的变化有一定的响应时间,若信号扫描足够慢,则在频谱分析仪显示器上将描绘出中频滤波器的滤波曲线(正常情况下,中频滤波器的带宽比扫频间隔小,所以,中频滤波器的滤波曲线在显示器上表现为一根谱线);若信号扫描太快,则滤波器来不及响应而产生显示误差。

理论上,信号应无限慢扫描,因为滤波器的响应时间总会使测量变坏。实践中,只要能允许某一小误差,信号便能以有限速度进行扫描,若这个误差比分析仪的其它误差小,则不会由扫描带来不良影响。扫描速度不合适引起的典型误差是 0.1dB,最大扫描速度(具有这样的误差限)与分辨带宽的平方成正比。

$$\text{扫描速度(最大值)} = BW_{\text{RES}}^2 / K \quad (1-2-1)$$

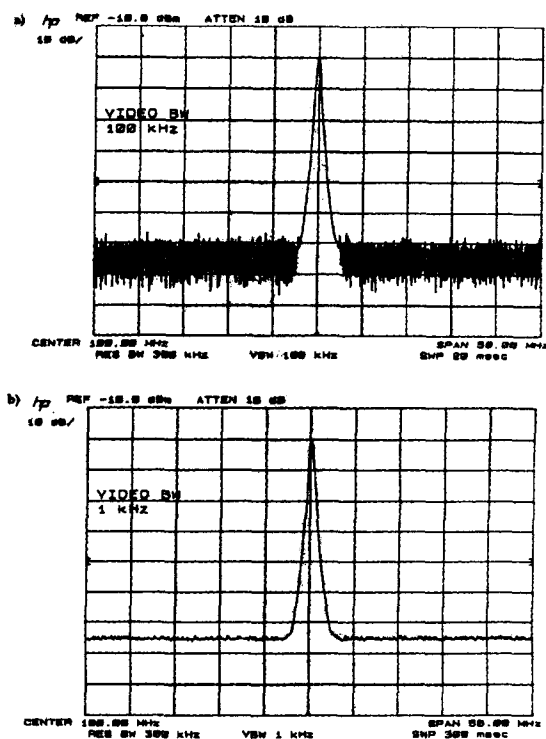


图 1.2.5 (a)采用宽的视频带宽时,噪声的波动相当大
(b)窄的视频带宽使噪声波动显著减少

上式中 K 是一个取决于分辨带宽滤波器特性的系数,其典型值是 2(对于高斯滤波器),扫描速度的单位是 Hz/s。若利用边缘陡峭的滤波器,则滤波器的响应时间增