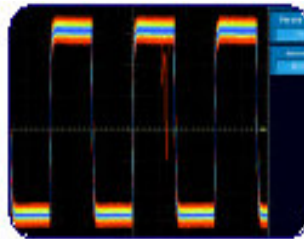


▶ **VM700T 视频测量装置的新应用**



目录

VM700T 视频测量装置的新应用	2
— 具有模拟输入输出的	2
数字视频设备的测量	2
一、问题的由来	2
二、解决的方法	3
1. 颤抖信号的定义	3
2. 颤抖信号的叠加	3
3. 颤抖信号的去除	4
三、信噪比测量	5
四、微分增益和微分相位的测量	9
五、脉冲特性测量	11
六、亮度非线性测量	13
六、增益频率特性测量	14
七.新的场期间插入测试信号(ITS)	15

VM700T 视频测量装置的新应用

— 具有模拟输入输出的 数字视频设备的测量

VM700T 视频测量装置在进行参数测量时,具有非常优良的平均(Average)功能。平均次数的默认值(default value)为 32 次,最高平均次数可调整到 256 次。VM700T 完善的平均功能可以很好地解决具有模拟输入输出数字视频设备测量的特殊问题。由于量化误差的影响,采用常规的视频测量信号和方法进行具有模拟输入输出的数字视频设备测量时,将得不到稳定的测量结果。必须在常规的视频测试信号上叠加颤抖信号(dither signal),而具有平均功能的 VM700T 视频测量装置可很好地适应这种测量。

另外,具有模拟输入输出的数字视频设备的信噪比(S/N)测量,通常采用斜坡信号(ramp signal)。它要求视频测试仪器,如视频噪声表或视频分析仪,具有倾斜补偿功能(Tilt Null)。VM700T 视频测试装置具有很强的倾斜补偿功能,即使对幅度为 100IRE 的斜坡信号,也能进行充分的补偿。这是 VM700T 视频测量装置适用于具有模拟输入输出的数字视频设备测量的又一重要原因。

一、问题的由来

随着数字视频技术的发展,出现了许多具有模拟输入输出的数字视频设备,如数字视频编码器、数字视频解码器等。即使在“全数字”(totally-digital)演播室系统,模数转换过程也将继续存在。对这类数字视频设备的测量,如果仍沿用原来的常规测量方法,将给不出稳定的测量结果。如对 8 比特数字视频设备的信噪比测量,测量结果可能在 52dB 到 66dB 之间变化。研究具有模拟输入输出数字视频设备的测量方法就是要解决由于量化误差的影响而使测量结果不稳定的问题。一个稳定的测量方法对改进具有模拟输入输出的数字视频设备的性能至关重要。下面论述的测量方法适用于 525 行和 625 行系统,其解决问题的思路也可用于

HDTV 和 EDTV 系统。

二、解决的方法

解决具有模拟输入输出数字视频设备模拟特性测量的主要方法是在常规的视频测试信号上叠加颤抖信号,经过被测设备后,用平均或带限法去掉颤抖信号,以进行参数测量。

1.颤抖信号的定义

在国标 GB7400.11-87 广播电视名词术语中的第 5519 条中规定:颤抖信号(dither signal)是一种模拟噪声,在量化前叠加在信号上用来补偿由于量化而引起的轮廓效应。

在具有模拟输入输出的数字视频设备的测量方法中,颤抖信号用于稳定被测值。它使测试信号电平产生非常小的随机变化,以均匀地离散相关量化电平的量化误差。由于在参数测量前,还要很方便地去掉颤抖信号,所以选用正弦波作为颤抖信号,以利用简单的滤波器就可以去掉它。这里要特别注意:作为颤抖信号的正弦波不应与视频测试信号同步,即与测试信号应处于非锁定状态。颤抖信号的频率应在系统的标称截止频率之外,并在被测设备 A/D 和 D/A 变换器的带宽之内。对于 525 行系统选用 5.162MHz,这个频率是视频噪声表 4.2MHz 低通滤波器的第二过零点。而对于 625 行系统,选用 6.145MHz 作为颤抖信号,这个频率是 5.0MHz 低通滤波器的第二过零点。

以上是假设被测设备工作的有效取样频率明显大于噪声测量滤波器最高频率的两倍。对于复合信号,以 SMPTE244 格式,取样频率为彩色副载波的四倍。而对于分量信号,按照 ITU-R BT.601 建议书,取样频率选为 13.5MHz。两者都满足上述要求。

颤抖信号的幅度应当为 $30\text{mVp-p} \pm 10\%$ 。要求颤抖信号叠加在视频测试信号的正程有效区间。

2.颤抖信号的叠加

在视频测试信号上叠加颤抖信号,可采用图 1 中的线路。它分为正规叠加法 and 简易叠加法。采用简易叠加法视频测试信号的幅度可能会降低。而正规叠加法可保证信号具有标准的输出幅度。

3. 颤抖信号的去除

当采用叠加颤抖信号的方法测量一个被测设备时,需要在被测设备的输出端去掉颤抖信号后,再进行参数测量。去掉颤抖信号采用的正弦波,可有以下几种办法:采用带限滤波器;借助视频分析仪的平均功能;利用减法器抵销等方法。

1) 用带限滤波器去除颤抖信号

为了便捷和准确的测量,视频测试仪器往往包含各种类型的滤波器。如果仪器中有一个对 525 行系统可滤除 5.162MHz 信号,对 625 行系统可滤除 6.145MHz 信号的低通滤波器,那么对去除颤抖信号是十分有效的。

仪器中的带通滤波器也可起到去除颤抖信号的作用。如矢量示波器中的色度滤波器,它仅让色度信号通过。这意味着颤抖信号被排除在带通滤波器范围之外。因此,当测量 DG/DP 时,使用矢量示波器能观测到被测设备没有颤抖信号影响的输出波形测量值。

波形监视器和视频噪声表等视频测量仪器中的许多滤波器,也能够减少颤抖信号的影响。如用于信噪比测量的低通滤波器、色度带通滤波器及测量亮度非线性的阶梯微分网络等。

2) 利用视频分析仪的平均功能去除颤抖信号

象 VM700T 视频测量装置那样的视频分析仪具有很强的数据平均能力,可增加测量结果的稳定性和一致性。这个功能可有效地去除颤抖信号的影响。

3) 利用减法器抵销颤抖信号

如图 2 所示,被检设备的输出信号和一个外加正弦波信号被加到减法器输入端,以抵销颤抖分量。这个正弦波信号与被测装置输出的颤抖信号分量具有同样的相位和幅度。这种方法对减法器的性能要求较高。

4) 颤抖信号的幅度

通过实验证实,对于一个 8 比特的被测装置,颤抖信号的最小幅度应为 20~30mVp-p。30mVp-p 相当于 8 比特被测装置的 4~6 最低有效位(LSB)。对 9 比特或 9 比特以上分辨力的被测装置,30mVp-p 的幅度也可接受。因此,对于任何被测装置,不管其比特数为多少,都选择 30mVp-p 作为叠加的颤抖信号的推荐幅度。

三、信噪比测量

这里所说的信噪比测量实质上是包括离散量化噪声在内的连续随机噪声的测量。

1. 定义

信噪比(S/N)定义为 100IRE 单位亮度信号峰峰幅度对包括量化噪声在内的随机噪声有效值之比,用分贝(dB)表示。

在这里要特别说明一下:IRE 单位多用于 525 行系统,但它决不是仅适用于 525 行系统。有时为了叙述方便,对 625 系统和 525 行系统的幅度描述都采用 IRE 单位。它以消隐电平为零基准,100IRE 单位对应于基准白电平。对 525 行系统 100IRE 单位=0.714Vp-p,而 625 行系统 100IRE 单位=0.7Vp-p。

2. 测试信号

测试信号如图 3 所示。最好采用具有 40IRE 单位基轴电平的大约 20~25IRE 单位幅度的小角度斜坡信号浅斜波信号。如果找不到这种信号,也可采用叠加颤抖信号的 50IRE 单位的平场信号。前者的测试稳定性要优于后者。

3. 测试仪器

信噪比(S/N)测量,需要一台能产生小角度斜坡信号或平场测试信号的视频测试信号发生器。如采用平场测试信号时,还需要一个颤抖信号发生器和一个颤抖信号叠加器。为测得参数值,要配备一台具有倾斜补偿功能和带限高通、低通滤波器的视频噪声表或视频分析仪。VM700T 视频测量装置非常适合这种测量。

测量仪器中,频率较低的高通滤波器通常为 10kHz,它用于消除电源哼声。在仪器的倾斜补偿功能不完善时,可用 200kHz 高通滤波器消除小角度斜坡信号的倾斜分量。当使用了 200kHz 高通滤波器时,在测试记录中必须注明测量带宽。525 行系统的低通滤波器一般为 4.2MHz,而 625 行系统的低通滤波器大多为 5.0MHz。

4. 测量方法 1) 采用小角度斜坡测试信号的测量

测量框图如图 4 所示。如果测量仪器的倾斜补偿功能足以消除测试信号的斜坡分量,那么外加的 200kHz 高通滤波器应该去掉。如果使用了外接的 200kHz 高通滤波器,测试仪器需要一个外同步信号,以产生测量窗口信号。小角度斜坡测试信号的测量窗口应当被调整到仅覆盖斜坡信号部分,而不能覆盖到测试信号的平坦部分。

2) 采用混合有颤抖信号的 50IRE 单位平场信号的测量

测量框图如图 5 所示。颤抖信号频率应当保持在仪器的低通滤波器的过零点范围之内。

5. 几点说明

- 1) 测量时,不推荐使用加权网络。因为,采用斜坡测试信号的量化噪声具有取决于小角度斜坡幅度的特殊频谱。
- 2) 用数字方式产生的小角度斜坡信号的比特分辨力应高于被测装置的比特分辨力 2 比特。
- 3) 如果视频噪声表的倾斜补偿功能不足以消除斜坡信号分量或者为了避免在测量仪器中首级放大器的饱和,可能需要一个外部的 200kHz

高通滤波器。采用 200kHz 高通滤波器对量化噪声分量几乎没有影响。因为即使采用 20IRE 单位的小角度斜坡信号来测量 8 比特装置,其基频分量也超过 700kHz。但是,200kHz 高通滤波器降低了随机平坦噪声分量。

在 525 系统,采用 200kHz 高通滤波器会增加被测信噪比数据 0.4dB。

- 4)下面分析一下与斜坡幅度有关的一些问题。有些情况,也采用幅度为 100IRE 单位的斜坡测试信号测量数字视频设备的信噪比。因为 100IRE 单位的斜坡信号覆盖了被测装置的整个动态范围。

假设用一个幅度为 100IRE 单位,宽度为 40 μ s 的斜坡作为测试信号,对 8 比特被测装置其量化噪声频谱的最高频率约为 3.75MHz。而 9 比特被测装置为 7.5MHz,这超出了测量频带。

100IRE 单位斜坡信号(625/50 行速率),在不叠加颤抖信号的情况下,使用 13.3MHz 取样频率(即 3 倍副载波频率)的 8 比特量化噪声频谱示于图 6。

图 6 中,2~3MHz 范围的离散分量对应于 13.3MHz 取样频率与具有 2.7MHz 基本频率的量化误差信号产生的互调产物。这个量化误差信号是由在 52 μ s 内,跨跃 140 个量化级的斜坡信号产生的。生成的互调产物如:

$$13.3 - (4 \times 2.7) = 2.5 \text{ MHz}$$

$$13.3 - (6 \times 2.7) = -2.9 \text{ MHz}$$

互调产物是由非线性量化过程产生的。另外,除了这些离散分量,量化噪声的频谱在有些情况还超出了整个视频频谱的范围。

上面论述了采用幅度为 100IRE 单位斜坡信号测量时,可能遇到的一些问题,这里再讨论一下,用幅度为 50IRE 单位斜坡测量的情况。即使对 9 比特被测装置,具有 50IRE 单位的斜坡测试信号并包括量化误差在内的频谱也一定在测量频带之内。但它存在仅覆盖一半动态范围

的缺陷。另外,一个 50IRE 单位斜坡信号的测量稳定性较差。这是由于量化相位和测试信号测量窗口沿之间的变化造成的。

如果小角度斜坡信号低于 20IRE 单位,则量化阶数太低,测量结果稳定性较差,这也取决于量化相位与测试信号测量窗口边缘之间的变化。

这就是选用一个具有 40IRE 单位基轴电平,斜坡幅度为 20~25IRE 单位的小角度斜坡作为测试信号的理由。它能做到,即使对 10 比特被测装置进行测量,也能保证量化噪声频谱在视频系统的带宽之内。

5)200kHz 高通滤波器频率特性的两个例子示于图 7。

6)采用叠加颤抖信号的平场测试信号进行测量的稳定性略差于使用小角度斜坡测试信号的测量。但前者的最差值几乎与后者一致。采用平场测试信号的好处是可以使用普通的视频测试信号发生器,而不需要 200kHz 高通滤波器。

6.S/N 的实验测量数据

在这一部分,以 8 比特被测装置为例,介绍一下采用推荐的测量方法与常规方法所得到的试验数据的差别。

图 8 示出了采用不同视频测试信号进行 S/N 测量的测试结果。

常规测量方法是采用普通的平场信号。当用它测量数字视频设备时,得到的数据将受到量化误差的很大影响,测量结果有可能在 52~66dB 间变化。采用叠加颤抖信号的平场信号进行 S/N 测量,可以得到令人比较满意的数据,数据仅受到量化误差的轻微影响,约 1dB。用 100IRE 单位斜坡信号和规定的小角度斜坡信号测量 S/N 时,都可以得到十分稳定的数据。但是,对于分辨力为 9 比特或更高的被测装置,采用幅度为 100IRE 单位的斜坡信号测量时,可能会得到比小角度斜坡法或平场加颤抖信号法更好的数据。这是因为量化误差的主要部分出现在被测装置的频带之外。

四、微分增益和微分相位的测量

1. 定义

DG 和 DP 是非线性失真。它表现为色度副载波幅度和相位的偏移,这是由亮度信号电平的改变引起的。DG 定义为副载波的增益变化,用百分数(%)表示。而 DP 定义为相位偏移,用度表示。被测的 DG、DP 数据与被测装置的比特分辨率无关。

2. 测试信号

DG、DP 测量可采用叠加有颤抖信号的 40IRE 单位幅度的彩色副载波调制的 100IRE 单位幅度的斜坡信号或采用叠加有颤抖信号的 40IRE 单位幅度的彩色副载波调制的 100IRE 单位幅度的 5 阶梯信号进行测量。彩色副载波应与测试信号中的色同步信号锁定。测试信号的波形如图 9 所示。

3. 测量仪器

进行 DG、DP 测量需要一台能提供彩色副载波调制的斜坡和彩色副载波调制的阶梯波的视频测试信号发生器;一个颤抖信号发生器和颤抖信号叠加器;一台矢量示波器或视频分析仪及任何其它 DG、DP 测量仪器。

4. 测量方法

测量框图如图 10 所示。调制的斜坡信号或调制的 5 阶梯信号,在叠加颤抖信号后,加给被测装置。再用矢量示波器或具有平均功能的视频分析仪对被测装置的输出信号进行测量。VM700T 视频测量装置,满足 DG、DP 测量的要求。

5. 几点说明

- 1) 数字视频测试信号发生器的比特分辨率应与被测装置相同或更高。
- 2) 象模拟磁带录像机和具有限幅(削波)功能等被测装置不能接受如图 9 所示的过电平测试信号。在这种情况下,可采用如图 11 所示的加有

颤抖信号的低幅度副载波的测试信号。

- 3) 由于被测输出信号中存在被叠加的颤抖信号离散过的量化误差,所以在矢量示波器屏上显示的 DG、DP 波形变宽了。测量时,应读取不包括加宽部分的波形的包络。

利用矢量示波器的 DG、DP 噪声降低功能,会使读数变得更容易。但由于这种噪声降低功能是通过行平均来实现的,所以当采用平均图像电平(APL)变化的测试信号进行 DG、DP 测量时,则不能采用这种噪声降低方法。而对于 VM700T 视频测量装置这样的仪器,即使在 APL 变化的情况下,也能借助平均功能,给出十分满意的显示。

- 4) 测量 DG、DP 通常采用的 5 阶梯信号,对测试数字视频设备,不是最适合的信号形式。它的缺点是仅在 6 个不同的亮度电平上进行测量,量化过程的不规则性将取决于 6 个阶梯的位置。随着取样频率的不同以及有没有颤抖信号都会得到不同的结果。且很难区别是仪器误差还是基本的量化误差。

如果用斜坡信号代替阶梯波,以上这些问题都能够大大地克服。所以,推荐的测试信号应当由加有颤抖信号的 40IRE 单位幅度的彩色副载波调制的 100IRE 单位的斜坡组成。

6. DG、DP 的实验测量数据

常规的测量方法不加颤抖信号。由于量化误差的影响,测得的 DG、DP 值起伏不定。起伏的大小决定于被测装置的比特分辨率和调制的彩色副载波的幅度。

表 1 列出,由于量化误差的影响,DG、DP 起伏的最大理论值。

图 15 示出 DG、DP 的实验测量结果。在不加颤抖信号的情况下,调制斜坡法比其它方法引起的数据起伏都小。在加上颤抖信号的情况下,用调制 5 阶梯和调制斜坡两种方法都能给出稳定的数据。由于避免了量化误差的影响,呈现的数据好于常规方法的数据,而与被测装置的比特数无关。采用调制 5 阶梯的方法,由于测量仅在 5 个电平上进行,所以得到的数据可能比用调制斜坡信号好。综上所述,测量数

字视频设备的 DG、DP,推荐采用叠加有颤抖信号的彩色副载波调制的 100IRE 单位幅度的斜坡信号。

五、脉冲特性测量

1. 定义

1) 短时间波形失真

如果具有标称亮度幅度和规定形状的短脉冲(或快阶跃函数)加到被测装置的输入端,短时间波形失真定义为输出脉冲(或阶跃)与原有形状的差。由电视系统的标称截止频率 f_c 来确定脉冲的半幅宽度(或阶跃的上升时间)。

a) 2T 脉冲响应(K2T)

K2T 是 2T 脉冲信号的振铃、过冲和拖尾等波形失真,以百分数(%)表示。

b) 2T 脉冲/条比(P/B)

2T 脉冲/条比(P/B)是 2T 脉冲幅度(P)和条中心幅度(B)的比,用百分数(%)表示。

2) 行时间波形失真

如果将一个与电视行几乎同样宽度且具有标称亮度幅度的方波信号作为被测装置的输入信号,那么行时间波形失真定义为输出端方波波形的改变。脉冲边缘开始和最后 $1\mu\text{s}$ 应从测量中扣除。行时间失真是条顶部失真大小与条中心幅度的比,用百分数(%)表示。

3) 场时间波形失真

如果将一个周期与场在同一数量级的方波信号加到被测装置的输入端,场时间波形失真定义为在输出端方波形状的改变。场时间脉冲边缘开始和最后 0.2ms 期间不包括在测量范围之内。

场时间失真是条顶部失真大小和条中心幅度的比,用百分数(%)表示。

由量化误差引起的偏差不应包括在脉冲特性测量的结果中。

2.测试信号

测试信号是叠加有颤抖信号的 2T 脉冲、2T 脉冲/条(如图 13 所示)、行时间方波信号和场时间方波脉冲。

3.测量仪器

测量脉冲特性需要一台能产生 2T 脉冲、2T 脉冲/条、行时间方波信号和场时间方波脉冲的视频测试信号发生器;一个颤抖信号发生器和颤抖信号叠加器;一台具有规定的带限滤波器的波形监视器或视频分析仪。

4.测量方法

测量框图示于图 14。

短时间失真

由被测装置输出的正弦平方 2T 脉冲/条信号,可以用 K 系数模板进行检测。这种测量不使用滤波器。但需要具有平均功能的视频分析仪,以适应加有颤抖信号的视频信号的测量。

2)行时间失真

利用带限滤波器和亮度滤波器,可在行时间失真测量前去除叠加的颤抖信号。波形开始和最后 1 μ s 部分应不计在内。

3)场时间失真

利用仪器配备的带限滤波器或亮度滤波器,可在场时间失真参数测量前去除叠加的颤抖信号。波形开始和最后的 0.2ms 应不计在内。

5. 几点说明

- 1) 用数字方式产生的视频测试信号的比特分辨力应等于或高于被测装置的比特分辨力。
- 2) 波顶失真是按与中心的最大偏差还是峰到峰电平偏差计算,应依据标准的具体规定。

六、亮度非线性测量

1. 定义

亮度非线性定义为被测装置输入端小的阶跃函数幅度与输出端对应幅度之差。所加的原始信号的电平应当从消隐电平到白电平。由量化误差引起的偏差不应包括在测量结果中。

2. 测试信号

测试信号为加有颤抖信号的 5 阶梯信号。

3. 测量仪器

测量需要一台能产生 5 阶梯信号的视频测试信号发生器;一个颤抖信号发生器和颤抖信号叠加器;一台波形监视器或视频分析仪。波形监视器中应配备规定的微分滤波器。这个滤波器是一个微分成形网络,以变换 5 阶梯波形为包含 5 个尖脉冲的波形系列。网络的响应使脉冲接近于正弦平方波。

4. 测量方法

测量框图如图 15 所示。非线性失真用公式 $[(B-A)/B] \times 100\%$ 计算。式中 B 是微分阶梯中最大脉冲的幅度,而 A 是最小幅度。输入信号中叠加的颤抖信号被微分网络去掉,因为它是作为带通滤波器在工作。

六、增益频率特性测量

频率特性是电视设备规定的主要性能。但它只有用具有较强平均功能的视频分析仪才能进行测量,因为只有这样才能在参数测量中去掉颤抖信号。

1. 定义

增益/频率特性定义为被测设备的输入和输出之间(频带从场频到系统的标称截止频率),相对于基准频率的增益变化。

2. 测试信号

测量中采用加有颤抖信号的多波群信号作为测试信号。

3. 测量仪器

测量中需要一台能产生多波群信号的视频测试信号发生器;一个颤抖信号发生器和颤抖信号叠加器;一台像 VM700T 视频测量装置那样的具有较强平均功能的视频分析仪。

4. 测量方法

测量框图如图 16 所示。只有具备平均功能的视频分析仪才能去掉颤抖信号,以完成参数测量。测量中,以第一个方波脉冲的峰峰幅度作为基准 0dB,其它频率波群幅度与方波脉冲幅度的差作为测量结果,以分贝(dB)表示。

5. 几点说明

- 1)以数字方式产生的视频测试信号(多波群信号)的比特分辨力应等于或优于被测装置的比特分辨力。
- 2)目前有许多类型的多波群信号用于频率特性的测量。任何一种加有颤抖信号的多波群信号都可采用。
- 3)加有颤抖信号的场扫描测试信号不符合要求,因为它需要覆盖场周期平均功能的特殊设备。
- 4)插入在被测装置前面的颤抖信号叠加器不应影响测量结果。

5) 在使用常规波形监视器和示波器的场合,对加了颤抖信号的多波群信号不能进行稳定的测量。这是因为没有滤波器可以用来去掉颤抖信号。在这种情况下,克服量化误差的唯一有效方法是采用幅度尽可能大的行扫描信号或多波群信号来进行测量,而不需要叠加颤抖信号。

七.新的场期间插入测试信号(ITS)

上面介绍的采用叠加带外颤抖信号的测量技术,适用于测量预滤波器截止频率高于颤抖频率的分离设备。然而,工作网络可能在 A/D 变换处理之前,包含有 4.2MHz(525/60 系统)、5 或 5.5MHz(625/50 系统)的视频低通滤波器。这样就去掉了带外的颤抖信号。

为了解决这种类型工作网络数字量化对测量的影响问题。建议场期间的插入测试信号(ITS)应包括一个 100(或 80)IRE 单位的斜坡信号,在斜坡上叠加的 40IRE 单位的峰到峰的彩色副载波上应加有对 525/60 系统频率在 3.58 到 4.2MHz 之间,对 625/50 系统在 4.43 到 5MHz 之间的 4IRE 单位峰到峰的正弦波颤抖信号。这个波形应当用于 S/N、DG/DP 的测量,并代替现有的 5 阶梯加彩色副载波信号。插入测试信号(ITS)中的其它测试波形没有必要叠加颤抖信号,因为在其它测试方面数字化的影响并不重要。

八.结束语

本文很详细地介绍了具有模拟输入、输出的数字视频设备的测量方法。在目前数字视频的发展阶段这个技术是十分重要的。一定会对数字视频设备的性能改进起到应有的作用。在参数测量中,VM700T 视频测量装置能完全满足要求。