

中 华 人 民 共 和 国

计量器具检定规程

频 偏 测 量 仪

JJG 303—82

频偏测量仪检定规程

JJG 303—82

国家计量局颁布

—*—

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—*—

开本 850×1168 1/32 印张 3/4

字数 20 千字 印数 1—10 000

1983年11月第一版 1983年11月第一次印刷

统一书号 15210·302

定价 1.00 元

科技新书目: 62—194

国 家 计 量 局

北 京

频偏测量仪检定规程

Verification Regulation of Frequency

Deflection Meter

JJG 303—82

本检定规程经国家计量局于1982年12月23日批准，并自1983年11月1日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

起草单位： 天津市二机局情报计量站

主要起草人： 张景文

本规程技术条文由起草单位负责解释。

目 录

一、检定条件及检定用标准设备.....	(1)
二、检定项目及程序.....	(4)
三、检定结果的处理.....	(12)
附录 1 检定证书格式.....	(13)
附录 2 检定记录格式.....	(14)
附录 3 推荐频偏校准点.....	(17)
附录 4 调幅信号源寄生调频的考查.....	(18)

频偏测量仪检定规程

本规程适用于新生产的、使用中和修理后的载频范围 5~1000 MHz, 调制频率范围 30Hz~200kHz, 频偏范围 1000Hz~500kHz, 频偏工作误差 $\leq |\pm(3\sim5)|\%$ (满刻度) 频偏测量仪与调制度测量仪的频偏测量部分及其它仪表的频偏测量部分 (简称频偏仪) 主要技术性能的检定。

一、检定条件及检定用标准设备

1 检定条件

温度: $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$

相对湿度: $(65 \pm 15)\%$

大气压强: $(725 \pm 75)\text{mmHg}$

电源电压及频率: $220\text{V} \pm 2\%$, $(50 \pm 0.5)\text{Hz}$

电源波形失真: 不超过 5%

周围环境: 无影响工作的电磁场干扰和机械振动

2 检定用的主要标准设备

2.1 贝塞尔函数零值法频偏仪检定装置 (组成如图 1 所示)

载频: 5~1000 MHz

调制频率: 400Hz~15kHz

频偏: 1~300 kHz

误差: $\leq |\pm 1|\%$

调制频率: 400Hz~200kHz

频偏: 300~500 kHz

误差: $\leq |\pm 1.5|\%$

2.2 频偏仪检定装置

载频: 5~200MHz

调制频率: 30Hz~1 kHz

频偏: 50~300 kHz

误差: $\leq |\pm 1| \%$

2.3 装置组成应用仪器

2.3.1 低频信号发生器

频率范围: 20Hz~200kHz

非线性失真: $\leq 0.5\%$ (1V时, 1kHz失真 $\leq 0.1\%$)

频率每分钟最大变化: $\leq |\pm 2.5 \times 10^{-4}|$

电压每分钟最大变化: $\leq |\pm 6 \times 10^{-4}|$

2.3.2 调频信号发生器

载频范围: 5~1000MHz

外调制频率范围: 20Hz~200kHz

频偏: 0~500 kHz

调频失真: 调制频率 400Hz~15kHz, 频偏 ≤ 150 kHz 时,

二次谐波调频失真 $\leq 0.5\%$

三次谐波调频失真 $\leq 0.15\%$

基波调幅 $\leq 7\%$

二次谐波调幅 $\leq 4\%$

频偏 ≤ 300 kHz时,

二次谐波调频失真 $\leq 1.5\%$

三次谐波调频失真 $\leq 1\%$

基波调幅 $\leq 10.5\%$

二次谐波调幅 $\leq 4\%$

调制频率 30Hz~200kHz, 频偏 ≤ 500 kHz 时,

二次谐波调频失真 $\leq 3\%$

三次谐波调频失真 $\leq 1\%$

基波调幅 $\leq 15\%$

二次谐波调幅 $\leq 10\%$

寄生调频: 载频 ≤ 1000 MHz, 滤波器带宽为15kHz

寄生调频: ≤ 20 Hz (等效)

* 以上指标均用解调测量

载波输出幅度: ≥ 200 mV (电动势)

载波电平输出误差: ± 3 dB

载波谐波失真: -20 dB

2.3.3 变频器

频率范围: 4~1000MHz, 本振可晶控

频率稳定度: $5 \times 10^{-8}/\text{min}$

寄生调频: ≤ 50 Hz

输出幅度: ≥ 600 mV

输入电压: ≤ 100 mV

输出频率: 在频谱分析仪频率覆盖之内

2.3.4 频谱分析仪

频率范围: 100Hz~30 MHz

滤波器 -3 dB 带宽: 6Hz、30Hz、150 Hz

灵敏度: 仪器内部噪声小于 -60 dB时, 灵敏度不低于 20 mV 正弦

有效值。

2.3.5 数字频率计

测频范围: 30Hz~100 MHz

测频不确定度: 1×10^{-7}

输入灵敏度: ≤ 100 mV

2.3.6 多圈电位器

2.3.7 三通连接器

2.3.8 石英晶体: 22~44MHz 晶体

2.4 调制度测量仪

载频范围: 4~1000MHz

调幅测量工作误差: 当调制频率 30 Hz~15 kHz, 调幅度 $\leq 80\%$ 时, 不大于 $\pm 5\%$ (满刻度)。

2.5 失真度测量仪

频率范围: 20Hz~200kHz

失真度范围: 0.1%~100%

失真度测量误差: $\pm 10\%$ (满刻度) $\pm 0.01\%$

电压表基本误差: $\pm 3\%$ (满刻度), 以 1kHz为基准,

2.6 超高频毫伏表

频率范围: 100kHz~1000MHz

电压范围: 0.3mV~3V

基本误差: 当测频率为 100 kHz 的交流电压时, 经内部校准测量误差为 $|\pm 3|\% \sim |\pm 15|\%$

频响附加误差: 以 100kHz 讯号为基准

使用长探针: 10kHz~400MHz 不得超过 $\pm 5\%$ 使用短探针: 20kHz~300MHz 不得超过 $\pm 4\%$

$$10\text{kHz} \sim 500\text{MHz} \text{ 不得超过 } \begin{cases} +3\% \\ -10\% \end{cases}$$

$$500 \sim 1000 \text{ MHz} \text{ 不得超过 } \begin{cases} +40\% \\ -20\% \end{cases}$$

2.7 波形分析器与选频电压表

频率范围: 20Hz~200 kHz

电压范围: 0~300 V

电压误差: $\pm 5\%$

二、检定项目及程序

3 外观及工作正常性能检查

3.1 送检仪器应带齐附件、说明书和前次检定证书。

3.2 被检仪器应无影响仪器正常工作及读数的机械损伤。

3.3 接通电源, 按技术说明书预热, 被检仪器应能正常工作。

3.4 图 1 提供了标准频偏值, 按说明书检查受检表各挡满刻度频偏示值。如果“正偏”、“负偏”超差, 且符号相同, 应按仪器说明

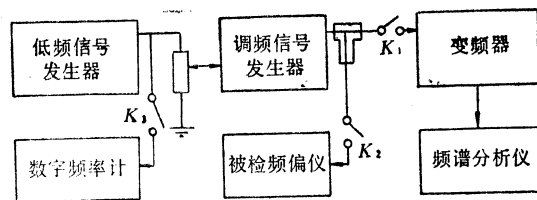


图 1

书调整达最佳示值, 观察稳定后, 则可正式记录; 如不能调到工作误差范围内, 应修复后再检。

4 频偏工作误差的检定

4.1 调制频率 400Hz~200kHz 频偏工作误差的检定:

4.1.1 按图 1 连线, 组成贝塞尔函数零值法测频偏装置。

4.1.2 按照贝塞尔函数零值法测频偏操作程序与注意事项给出所需检频偏值 $\Delta f_{\text{标}}$ 值, 在获取 $\Delta f_{\text{标}}$ 后, 断开 K_1 , 接通 K_2 , 受检频偏仪按照说明书测频偏步骤调节, 测量 $\Delta f_{\text{标}}$ 得 $\Delta f_{\text{测}+}$ 、 $\Delta f_{\text{测}-}$ 。

4.1.3 对各挡满刻度附近频偏点进行检定, 并对高、中、低三个频偏量程挡分别在 $\frac{2}{3}$ 刻度、 $\frac{1}{3}$ 刻度点进行检定, 把数据列入附录 2 表 1, 推荐点见附录 3。

4.1.4 频偏工作误差 (相对误差) $\delta_{\text{测}1}$ 按下式计算:

$$\delta_{\text{测}1} = \frac{\Delta f_{\text{测}} - \Delta f_{\text{标}} - \Delta f_{\text{显示}}}{\Delta f_{\text{测}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $\Delta f_{\text{测}}$ —— 受检频偏仪测量值; $\Delta f_{\text{标}}$ —— 标准频偏值; $\Delta f_{\text{测}}$ —— 受检频偏仪满刻度值;

$\Delta f_{\text{显示}}$ —— 标准装置寄生调频在 $\Delta f_{\text{标}}$ 下对受检仪器示值的影响值 (此值由标准装置给出, 一般此值很小, 可略)。

4.2 调制频率 30Hz~1kHz 频偏工作误差的检定:



图 2

4.2.1 按图 2 连线。

4.2.2 由频偏仪检定装置提供与所选检定点相应的标准频偏值 $\Delta f_{\text{标}}$, 被检频偏仪按频偏测量调节, 测 $\Delta f_{\text{标}}$ 得 $\Delta f_{\text{测}}$ 。

4.2.3 频偏检定点的调制频率可选在 30Hz、60Hz、90Hz、120Hz、200Hz、400Hz、800Hz、1kHz。

4.2.4 频偏工作误差 $\delta_{\text{测}2}$ 按下式计算:

$$\delta_{\text{测}2} = \frac{\Delta f_{\text{测}} - \Delta f_{\text{标}}}{\Delta f_{\text{满}}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $\Delta f_{\text{测}}$ —— 受检频偏仪测量值;

$\Delta f_{\text{标}}$ —— 标准频偏值;

$\Delta f_{\text{满}}$ —— 频偏仪满刻度值。

5 低频输出电平与解调失真的检定

5.1 用互调法测量解调失真:

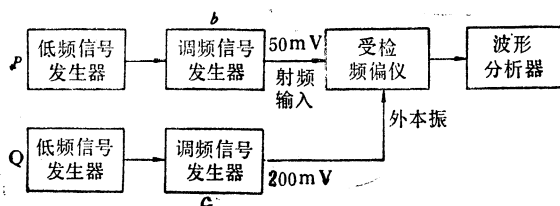


图 3 (a)

5.1.1 按图3 (a) 连线。

5.1.2 调整信号发生器 c 使它发出等幅 200mV 信号, 频率为 f_{c1} , 再调整信号发生器 b, 使它发出等幅信号 50 mV, 频率为 f_{b1} , 并使 $f_{c1} - f_{b1}$ = 受检频偏仪中频。把受检仪器用途开关放到“调谐”位置, 把振荡器波段开关放到“外部”上, 调节发生器 c 的频率, 使受检仪器表针指到最大, 然后调输入电平钮, 使读数指在工作电平区之内。

5.1.3 把开关放到“调谐”位置, 然后调整 c 的频率, 使受检仪器表针指到中频校准线上。把工作开关放到“频偏+”, 把滤波器开关放到 15kHz 挡, 调信号源 Q, 使其频率 f_1 为 16kHz, 输出幅度能使受检仪器指示所测失真的频偏值, 用波形分析器测量 16kHz 低频输出端子电平 u_0 , 调波形分析器, 使所测 u_0 电平达 0 dB 参考点上, 然后再调 Q, 使受检仪器指示频偏达所测频偏 - 6dB 值。

5.1.4 断开 c 的外调频输入 Q, 调节信号源 P 的频率 f_2 达 14 kHz, 其输出 u_p 幅度达所测频偏 - 6dB 值, 然后再接入 Q, 用波形分析器测量如下频率电平, 并可用 dB 表示,

二阶互调电平 u_2 为 $f_1 - f_2$ 的电平;

三阶互调电平 u_3 为 $2f_2 - f_1$ 的电平。

5.1.5 解调失真用下式表示:

用百分比表示:

$$I_M = \frac{\sqrt{u_2^2 + (\sqrt{2} u_3)^2 + \dots}}{u_p} \times 100\% \\ = \frac{2\sqrt{u_2^2 + (\sqrt{2} u_3)^2 + \dots}}{u_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中: I_M —— 用互调法测量的解调失真值;

u_2 、 u_3 —— 分别为二阶互调与三阶互调成分电平值;

u_p —— 所测频偏量值 - 6dB 处在低频输出端子上测量的 P 信号源频率 f_2 的电平值;

u_0 —— 所测失真的频偏量值在低频输出端子上测量的所加调制信号频率的电平值。

用 dB 表示:

当 $u_2 > u_3$ 时,

$$I_M(\text{dB}) = x_1 + y_1 \quad (4)$$

$$\text{式中: } x_1 = 20 \lg u_2 + 6\text{dB} \quad (5)$$

$$y_1 = 20 \lg \sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{2} u_3}{u_2}\right)^2 + \dots} \quad (6)$$

当 $u_3 > u_2$ 时,

$$I_M(\text{dB}) = x_2 + y_2 \quad (7)$$

$$\text{式中: } x_2 = 20 \lg u_3 + 9\text{dB} \quad (8)$$

$$y_2 = 20 \lg \sqrt{1 + \left(\frac{2u_2}{2\sqrt{2} u_3}\right)^2 + \dots} \quad (9)$$

5.1.6 对于 y_1 、 y_2 可用以双对数坐标表示的曲线图 3 (b) 求出, 把所求 x 、 y 值记入附录 2 表 3 (a)。

图中横坐标表示 $x_1 - x_2$ 或 $x_2 - x_1$ 两电平 dB 差值, 纵坐标表示所求对应于两电平 dB 差值的 y 值。

例如: $x_1 - x_2 = 0 \text{ dB}$, 则可查曲线得 $y = 3 \text{ dB}$, 又如 $x_1 - x_2 =$

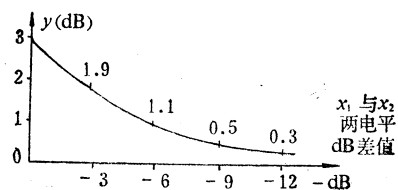


图 3 (b)

-3dB, 则可查曲线得 $y = 1.9 \text{ dB}$.

当 $u_2 > u_3$ 时, 所求 y 值为 y_1 , 可代入 (4) 式,

当 $u_3 > u_2$ 时, 所求 y 值为 y_2 , 可代入 (7) 式.

5.2 用失真仪测量解调失真:

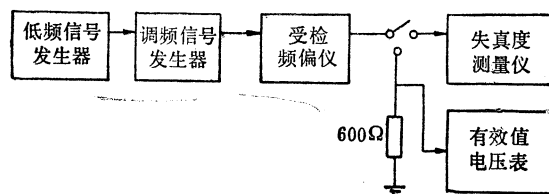


图 4

5.2.1 按图 4 连线.

5.2.2 受检仪器滤波器置“15kHz”挡, 频偏置说明书规定频偏值, 调低频信号发生器与调频信号发生器, 在某一载频下使受检仪器频偏达满刻度值, 在调制频率 1kHz 时, 用有效值电压表测低频输出端子电平 u 值记入附录 2 表 3 (b).

5.2.3 在调制频率为 30Hz、400 Hz、1kHz、15 kHz 时, 用失真度测量仪测技术说明书规定频偏值下的解调失真 γ 记入表 3 (b).

* 该有效值电压表可用失真度测量仪准有效值电压表, 以后类同.

** 当调频信号源的调频失真与受检仪器解调失真的比值 $\leq \frac{1}{3}$ 时, 受检仪器解调失真

可直接用失真仪测量.

6 固有噪声的检定

6.1 按图 5 连线.

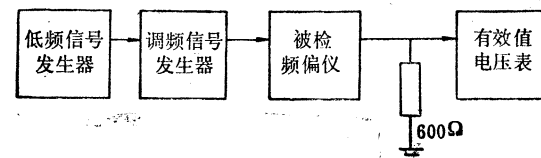


图 5

6.2 频偏仪按技术说明书规定要求调节, 用有效值电压表测量低频输出端子的电压 $u_{0\text{噪}}$, 记入附录 2 表 4, 然后, 调频信号源置外调频挡, 用 1kHz 调制频率进行外调频, 使受检仪器指示达规定频偏值 $\Delta f_{\text{满}}$, 此时用有效值电压表测低频输出端子电平 u_1 记入表 4, 可选仪器中、高本振频率点检定.

6.3 固有噪声按下式计算:

$$\Delta f_{\text{噪}} (\text{dB}) = 20 \lg \frac{\Delta f_{\text{噪}}}{\Delta f_{\text{满}}} = 20 \lg \frac{u_{\text{噪}}}{u_1} \quad (10)$$

式中: $u_{\text{噪}}$ ——固有噪声在低频输出端子上的电压值;

u_1 ——频偏仪满刻度时的低频输出端子电压值;

$\Delta f_{\text{满}}$ ——规定频偏满刻度值;

$\Delta f_{\text{噪}}$ ——固有噪声频偏值 (等效) .

* 信号源调频噪声与受检仪器固有噪声比值 $\leq \frac{1}{3}$ 时, 进行检定.

7 调幅抑制的检定

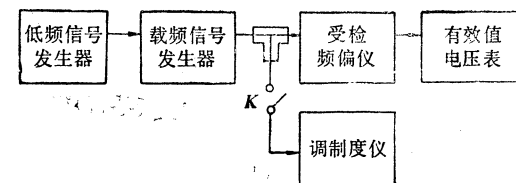


图 6

7.1 按图 6 连线。

7.2 按技术说明书规定操作, 测调幅抑制值记入附录 2 表 5。

7.3 调幅抑制 ΔF 按下式计算:

$$\Delta F = \frac{\Delta f_{\text{满}}}{u_1} \times U_2 - \Delta F_{\text{噪}} \quad (11)$$

式中: $\Delta F_{\text{噪}}$ ——载频信号源调幅度 80% 时的寄生调频值。此值由预先考查给出, 考查方法见附录 4;

U_2 ——调幅抑制在低频输出端子上的电压测量值;

$\Delta f_{\text{满}}$ ——最小频偏量程挡满刻度频偏值;

u_1 ——对应满刻度频偏值时在低频输出端子上的电压测量值。

8 中频输出频率与输出幅度的检定

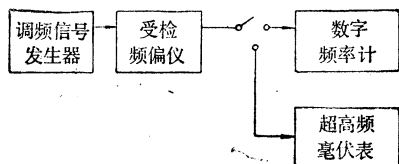


图 7

8.1 按图 7 连线。

8.2 受检仪器正确调谐, 用超高频毫伏表和数字频率计分别测出中频输出电平 $u_{\text{中}}$ 值和中频频率 $f_{\text{中测}}$ 值, 记入附录 2 表 6。

8.3 中频频率误差按下式计算:

$$\delta_{\text{中}} = \frac{f_{\text{中测}} - f_{\text{中}}}{f_{\text{中}}} \times 100\% \quad (12)$$

式中: $\delta_{\text{中}}$ ——中频频率误差值;

$f_{\text{中测}}$ ——数字频率计测量值;

$f_{\text{中}}$ ——频偏仪中频标称值。

9 高频输入灵敏度的检定

9.1 按图 8 连线。

9.2 每波段选取高、中、低三点进行检定。

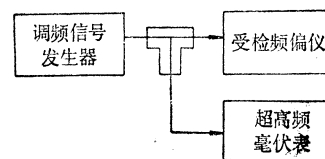


图 8

9.3 受检频偏仪电平调整旋钮旋至最大位置, 按测灵敏度程序操作, 使受检仪器表针指在工作电平区下限, 读取电压表示值记入附录 2 表 7。(如果受检仪器本振外泄, 影响测量结果, 应将受检仪器关掉)。

该指标也可用标准信号发生器输出电压刻度直接测量。

10 频率刻度误差的检定

10.1 按图 9 连线。



图 9

10.2 按技术说明书规定操作, 分别读取信号源及被检表频率刻度值。对被检仪器各波段高、中、低三点进行检定, 并把所测结果列入附录 2 表 8。

10.3 本振频率刻度误差按下式计算:

按本振频率刻度的:

$$\delta_{f_1} = \frac{(f_{c_i} + f_{\text{中}}) - f_{0i}}{f_{0i}} \times 100\% \quad (13)$$

式中: δ_{f_1} ——本振频率刻度误差;

f_{0i} ——本振频率度盘刻度值;

f_{c_i} ——载频信号源频率值;

$f_{\text{中}}$ ——频偏仪中频频率标称值。

按被测载频刻度的:

$$\delta_{f_2} = \frac{f_{e_i} - f_{0i}}{f_{0i}} \times 100\% \quad (14)$$

三、检定结果的处理

11 经检定所有指标合格的频偏仪发给检定证书，检定不合格的发给检定结果通知书。

12 检定周期为一年。

附录 1

检定证书格式

检 定 证 书

_____ 字第 _____ 号



计量器具名称 _____

型 号 规 格 _____

制 造 厂 _____

出 厂 编 号 _____

送 检 单 位 _____

根据检定结果，准予该计量器具作 _____

_____ 使用

检 定 _____

核 验 _____

(检定单位公章)

主 管 _____

检定日期 年 月 日 检定周期 年

附录 2

检定记录格式

表 1 频偏工作误差的检定
(调制频率 400Hz~200kHz)

载频 f_c	调制频率 f_m	标准频偏 $\Delta f_{\text{标}}$	频偏量程	频偏仪测量值 $\Delta f_{\text{测}}$	
MHz	(kHz)	(kHz)	(kHz)	Δf_+ (kHz)	Δf_- (kHz)
$\delta_{\text{测1 max}}:$					
检定条件: 温度 °C 相对湿度 %					

表 2 调制频率 30Hz~1 kHz 频偏工作误差的检定

$f_c =$	MHz	$\Delta f_{\text{标}} =$	kHz	温度	°C	相对湿度	%		
$f_m(\text{Hz})$	30	60	90	120	200	400	800	1000	1035.8
$\Delta f_{\text{测}}(\text{kHz})$									
$\delta_{\text{测2 max}}:$									

表 3 低频输出电平与解调失真的检定

表 3 (a) 用互调法测量解调失真				温度	°C	相对湿度	%
载波频率 (MHz)	调制频率 (kHz)	频偏量值 (kHz)	解调失真 $\alpha + \gamma$				
f_{c1} f_{c2}	$f_1 = 16$ $f_2 = 14$	$\Delta f =$	$I_M(\text{dB}):$ $I_M(\%):$				

表3(b)用失真仪测量解调失真

$f_o =$ MHz $\Delta f =$ kHz 滤波器: 15 kHz 温度 °C 相对湿度 %					
解调 失真 γ (%)	f_m (Hz)	在下列各调制频率的解调失真测量值			
		30	400	1000	15000
低频输出电压 u		标称值:		测量值:	

表 4 固有噪声的检定

$f_m = 1 \text{ kHz}$ 滤波器: 15 kHz 温度 °C 相对湿度 %				
载频 f_c (MHz)	$\Delta f =$ kHz 低频输出电压 u_1	固有噪声电压 $u_{\text{噪}}$	固有噪声标称值 (dB)	固有噪声测量值 (dB)

表 5 调幅抑制的检定

$f_c =$ MHz $f_m = 1 \text{ kHz}$ $AM = 80\%$ 滤波器: 15 kHz 温度 °C 相对湿度 %				
$\Delta f_{\text{测}} =$ kHz 低频输出电压 u_1	调幅抑制低频 输出电压 U_2	调幅抑制标称值 (Hz)	调幅抑制测量值 $\Delta F(\text{Hz})$	

表 6 中频输出频率与输出幅度的检定

温度 °C 相对湿度 %				
$f_c =$	标称值	实测值	误差	
			Δ	δ
中频频率				
中频幅度				

表 7 高频输入灵敏度的检定

温度 °C 相对湿度 %

[illegible]

表 8 本振频率刻度的检定

温度	℃	相对湿度	%
20	20	75	75
25	25	75	75
30	30	75	75
35	35	75	75
40	40	75	75
45	45	75	75
50	50	75	75
55	55	75	75
60	60	75	75
65	65	75	75
70	70	75	75
75	75	75	75
80	80	75	75
85	85	75	75
90	90	75	75
95	95	75	75
100	100	75	75

挡 别	标 称 值 (MHz)	标 准 值 (MHz)	误 差	
			Δ	δ

附录 3

推荐频偏校准点

温度	℃	相对湿度	%
20	20	75	75
25	25	75	75
30	30	75	75
35	35	75	75
40	40	75	75
45	45	75	75
50	50	75	75
55	55	75	75
60	60	75	75
65	65	75	75
70	70	75	75
75	75	75	75
80	80	75	75
85	85	75	75
90	90	75	75
95	95	75	75
100	100	75	75

载频 f_c (MHz)	量 程 (kHz)	标 称 值 (kHz)	调制频率 f_m (Hz)	载波消失次数 i
990	1.5	1.5	623.8	1
		1.0	415.8	1
510	5	5.0	2 079.2	1
		3.0	1 247.5	1
		2.0	831.7	1
	15	15.0	2 717.3	2
		10.0	4 158.3	1
		5.0	2 079.2	1
	50	50.0	2 766.8	6
		30.0	2 544.2	4
		20.0	8 316.7	1
	150	150	6 159.4	8
		100	8 480.7	4
		75	6 360.5	4
	500	500	8 058.5	20
		300	4 835.1	20
		200	4 992.7	13
100	50	25	10 395.8	1
		75	31 187.6	1
	150	125	51 979.3	1
		200	83 167.0	1
	500	300	124 750.5	1
		350	145 542.3	1
		480	199 600.3	1

附录 4

调幅信号源寄生调频的考查

(一) 考查原理

调幅波数学表达式:

$$\begin{aligned}
 & U(1 + M\cos\omega_m t)\sin(\omega_c t + \phi) \\
 &= U[\sin(\omega_c t + \phi) + M\cos\omega_m t\sin(\omega_c t + \phi)] \\
 &= U\left\{\sin(\omega_c t + \phi) + \frac{M}{2}\sin[(\omega_c + \omega_m)t + \phi] + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{M}{2}\sin[(\omega_c - \omega_m)t + \phi]\right\} \quad (4-1)
 \end{aligned}$$

式中: U ——载波幅度; ω_c ——载波角频率; ϕ ——初相位角; ω_m ——调制信号角频率; M ——调幅指数。

调频信号数学表达式:

$$\begin{aligned}
 & U\sin[\omega_c t + m_f \sin\omega_m t + \theta] \\
 &= U[\sin(\omega_c t + \theta)\cos(m_f \sin\omega_m t) + \cos(\omega_c t + \theta) \times \\
 &\quad \times \sin(m_f \sin\omega_m t)]
 \end{aligned}$$

当 m_f 很小时, $m_f \ll 1$ 时有: $\cos(m_f \sin\omega_m t) \approx 1$

$$\sin(m_f \sin\omega_m t) \approx m_f \sin\omega_m t$$

故上式

$$\begin{aligned}
 & U[\sin(\omega_c t + \theta)\cos(m_f \sin\omega_m t) + \cos(\omega_c t + \theta)\sin(m_f \sin\omega_m t)] \\
 &= U[\sin(\omega_c t + \theta) + m_f \cos(\omega_c t + \theta)\sin\omega_m t] \\
 &= \sin(\omega_c t + \theta) + \frac{m_f}{2}\sin[(\omega_c + \omega_m)t + \theta] - \frac{m_f}{2}\sin[(\omega_c - \omega_m)t + \theta] \quad (4-2)
 \end{aligned}$$

式中: U ——载波幅值; ω_c ——载波角频率; θ ——初相位角; m_f ——调频指数; ω_m ——调频角频率。

当调幅信号所引起的调频是同频同相位时, 由 (4-1)、(4-2)

式可以看出合成频谱, 对 $(\omega_c - \omega_m)$ 项, 频谱幅值会抵消 $\frac{m_f}{2}$ 值,

并因抵消而降低, 对 $(\omega_c + \omega_m)$ 项, 频谱幅值会被增加 $\frac{m_f}{2}$ 值而提高, 这样用频谱分析仪测出 $(\omega_c - \omega_m)$ 、 $(\omega_c + \omega_m)$ 项频谱幅值所代表的调幅度后, 这两个频谱幅度 (既对应的调幅度值) 相减, 就可定出寄生调频所引起的调频指数 m_f 。然后根据 $\Delta F_{\text{调}} = m_f f_m$ 公式即可算出调幅信号的寄生调频值。

(二) 考查方法

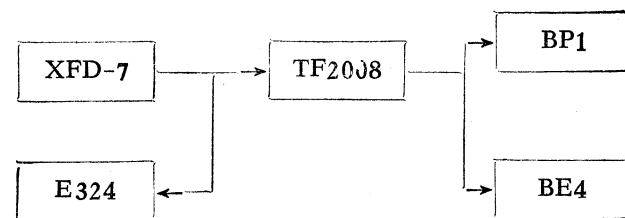


图 10

- 1 按图10接好连线, 选载频 $f_c = 1.5\text{MHz}$, (即为 BE4 中频)
- 2 调节 XFD-7 频率度盘, 用 E324 测出 1kHz 调制频率, (即 $f_m = 1\text{kHz}$)
- 3 调 XFD-7 输出电平, 使 TF 2008 产生 80% 调幅度, ($M = 80\%$ 用 BE4 型调制仪监视)
- 4 调节 BP1 频谱分析仪, 载波电平到 0dB, 此时观察 $\omega_c - \omega_m$ 、 $\omega_c + \omega_m$ 上下边带频谱幅度, 例如 $\omega_c + \omega_m$ 处, 频谱幅值 $U_+ = -8\text{dB}$, 在 $\omega_c - \omega_m$ 处, 频谱幅值 $U_- = -8.5\text{dB}$ 。
- 5 查表查出, 对应 -8dB 边带的调幅度为 $\left(\frac{M}{2} + \frac{m_f}{2}\right) = 39.81\%$,

查表查出, 对应 -8.5dB 边带的调幅度为 $\left(\frac{M}{2} - \frac{m_f}{2}\right) = 37.14\%$, 二者相减得 $m_f = (39.81 - 37.14)\% = 2.67\%$

6 调幅信号源寄生调频

$$\Delta F_{\text{噪}} = m_f f_m = \frac{1000\text{Hz}}{100} \times 2.67 = 26.7\text{Hz}$$

(三) 误差分析

$$\text{由} \quad \Delta F_{\text{噪}} = m_f f_m \quad (4-3)$$

可知

$$d\Delta F_{\text{噪}} = d m_f f_m + m_f df_m \quad (4-4)$$

$$\text{所以} \quad \delta = \frac{d\Delta F_f}{\Delta F_f} = \frac{dm_f}{m_f} + \frac{df_m}{f_m} = \delta_1 + \delta_2 \quad (4-5)$$

$$\text{式中: } \delta_1 = \frac{dm_f}{m_f} \quad \delta_2 = \frac{df_m}{f_m}$$

下面对 δ_1 、 δ_2 进行分析:

1 f_m 确定误差: (频率计测频误差)

由于 f_m 选用 $f_m = 1\text{kHz}$, 当用数字频率计 10s 门测量时, 它引入的 ± 1 个字误差为 $\pm 0.1\text{Hz}$, 故测频引入的误差

$$\delta_2 = \frac{df_m}{f_m} = \frac{\pm 0.1\text{Hz}}{1000\text{Hz}} = \pm 0.01\%$$

2 m_f 确定误差

a 频谱仪显示幅度引入的误差 (系统误差)

由于 m_f 读数是靠在频谱仪上显示的频谱相对幅度 (即量值) 而读取的, 当直接从频谱仪屏幕上读取时, 屏幕刻度误差为 $\pm 2\text{dB}$ (即相当 $\pm 20.57\%$), 误差是很大的, 当用频谱仪 10dB 中频衰减器读取时 (读取方法, 变化中频衰减器量值, 使边带频谱达 0dB 高度, 记下变化的 dB 数), 中频衰减器读数误差为 $\pm 1\text{dB}$ (即相当 $\pm 10.87\%$), 这项误差也是不小的, 当用精密衰减器串联在高频输入回路中进行读数时, 这项误差可相应减小, 在无精密衰减器的情况下, 用中频衰减器读数, 在 $M = 80\%$ (相当 $m_f = 80\%$) 的情况下, 给 m_f 确定引入的系

统误差为:

$$\delta_{1.1} = \frac{dm_f}{m_f} = \frac{\pm 80\% \times 10.87\%}{80\%} = \pm 10.87\%$$

b 0dB 谱线分辨引入的 m_f 确定误差 (随机误差)

由于调制信号源幅度不稳定, 载频幅值不稳定及外界干扰等因素影响, 与频谱仪谱线聚焦不好等等因素, 在调到边带频谱为 0dB 时, 会出现 0dB 谱线分辨不清而引入 m_f 的确定误差, 此项误差具有随机性, 从实验得出 BP1 频谱分析仪显示调制频率 1kHz 、调幅度 80% 时, 0dB 谱线分辨误差可小到 $\leq \pm 2.4\%$, 故此项误差为

$$\delta_{1.2} = \frac{dm_{f.2}}{m_f} = \frac{\pm 80\% \times 2.4\%}{80\%} = \pm 2.4\%$$

c 调幅失真影响 m_f 确定误差 (系统误差)

调制信号源与调幅器非线性失真, 在最坏相位时会给纯正弦信号幅值带来失真系数大小的影响误差, 但此失真, 在观察频谱时, 是出现在高次边带上, 因此, 我们认为高次谐波失真对一次边带 m_f (即 M 值) 的确定并不产生影响误差。

d 频谱分析仪总频率响应平坦度影响 m_f 确定误差 (系统误差)

在频谱分析仪的荧光屏上一般在载频频率两侧可显示 $\pm 15\text{kHz}$ 频谱宽度 (即扫频宽度为 $\pm 15\text{kHz}$), 由于频谱仪扫频线性不良或频谱仪使用调谐不当, 会使同一载频幅度平移 $\pm 15\text{kHz}$ 时, 出现幅度上升与下降现象, 此称为频谱分析仪总频率响应平坦度, 一般频谱仪规定此项指标为 $\pm 3\text{dB}$, 误差是很大的, 但由于我们使用的调制频率仅为 1kHz , 经过实际考查, 频谱在 $\pm 1\text{kHz}$ 的平移中, 频谱幅值并没有发现视觉可察的幅值变化, 因此我们取频谱分析仪总频率响应平坦度给 m_f 确定带来的影响误差为 0 。

3 总合误差:

用方和根法合成:

$$\begin{aligned} \delta &= \pm \sqrt{\delta_{1.1}^2 + \delta_{1.2}^2 + \delta_2^2} \\ &= \pm \sqrt{10.87^2 + 2.4^2 + 0.01^2} \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \pm \sqrt{118.1569 + 5.76 + 0.0001} \% \\ &= \pm 11.13\% \end{aligned}$$
