



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1111—2003

调制度测量仪校准规范

Calibration Specification for Modulation Meters

2003 - 11 - 24 发布

2004 - 02 - 24 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

调制度测量仪校准规范

**Calibration Specification for
Modulation Meters**

JJF 1111—2003
代替 **JJG 437—1989**

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2003 年 11 月 24 日批准，并自 2004 年 02 月 24 日起施行。

归口单位： 全国无线电计量技术委员会
起草单位： 信息产业部电子 601 计量站

本规范委托全国无线电计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

梁琼崇 （信息产业部电子 601 计量站）

目 录

1	范围	(1)
2	引用文献	(1)
3	概述	(1)
4	计量特性	(1)
4.1	调频频偏测量	(1)
4.2	调幅度测量	(2)
4.3	调相相移测量	(2)
4.4	剩余调频	(2)
4.5	剩余调幅	(2)
4.6	剩余调相	(2)
4.7	调频测量时的调幅抑制	(2)
4.8	调幅测量时的调频抑制	(2)
4.9	调相测量时的调幅抑制	(2)
4.10	调频测量时的解调输出失真	(2)
4.11	调幅测量时的解调输出失真	(3)
4.12	调相测量时的解调输出失真	(3)
5	校准条件	(3)
5.1	环境条件	(3)
5.2	校准用标准器及其他设备	(3)
6	校准项目和校准方法	(4)
6.1	外观与工作正常性检查	(4)
6.2	调频频偏测量的校准	(4)
6.3	调幅度测量的校准	(5)
6.4	调相相移测量的校准	(5)
6.5	剩余调频的测量	(6)
6.6	剩余调幅的测量	(7)
6.7	剩余调相的测量	(7)
6.8	调频测量时的调幅抑制的测量	(7)
6.9	调幅测量时的调频抑制的测量	(8)
6.10	调相测量时的调幅抑制的校准	(8)
6.11	调频测量时的解调输出失真的测量	(9)
6.12	调幅测量时的解调输出失真的测量	(9)
6.13	调相测量时的解调输出失真的测量	(9)
7	校准结果的表达	(9)

8 复校时间间隔	(10)
附录 A 校准记录格式	(11)
附录 B 主要项目测量结果不确定度分析实例	(18)

调制度测量仪校准规范

1 范围

本校准规范适用于调制度测量仪的校准。

2 引用文献

JJF 1059—1999 《测量不确定度评定与表示》。

3 概述

调制度测量仪是用来测量射频已调信号的调制参数的。调制参数包括调频信号的最大频率偏移（简称频偏），调幅信号的调制深度（简称调幅度）和调相信号的最大相位偏移（简称相移）以及调制失真等。常见的调制度测量仪由五部分组成：高频放大与衰减，本振与混频，中频放大，检波（鉴频，包络检波等）和显示，如图 1 所示。由于检波方式不同，测量结果有不同表示。常见有峰值，有效值和平均值三种。在正弦波调制时，峰值是有效值的 $\sqrt{2}$ 倍，有效值是平均值的 $\frac{\pi\sqrt{2}}{4}$ 倍。常用检波方式为峰值，测量结果也表示为峰值。在剩余调频（或调幅，或调相）测量中，一般使用有效值检波和有效值表示。

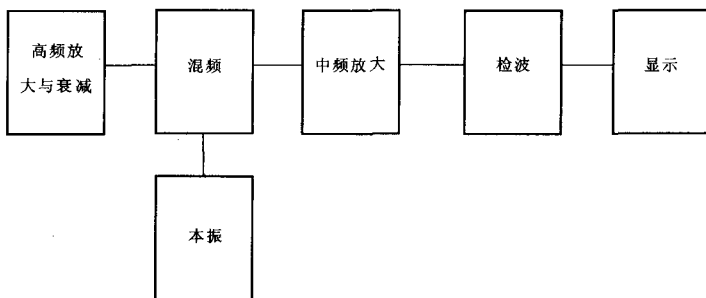


图 1

4 计量特性

4.1 调频频偏测量

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

调制频率范围：(0.02 ~ 200) kHz

频偏测量范围：(0.1 ~ 400) kHz

频偏测量允许误差限：± 3%

4.2 调幅度测量

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

调制频率范围：(0.02 ~ 100) kHz

调幅度测量范围：0.1% ~ 99%

调幅度测量允许误差限： $\pm 3\%$

4.3 调相相移测量

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

调制频率范围：(0.02 ~ 100) kHz

相移测量范围：(0.01 ~ 400) rad

相移测量允许误差限： $\pm 6\%$

4.4 剩余调频

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

低频滤波：(0.05 ~ 3) kHz

剩余调频： $< 3\text{Hz (rms)}$

4.5 剩余调幅

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

低频滤波：(0.05 ~ 3) kHz

剩余调幅： $< 0.03\% \text{ (rms)}$

4.6 剩余调相

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

低频滤波：(0.05 ~ 3) kHz

剩余调相： $< 0.02\text{rad (rms)}$

4.7 调频测量时的调幅抑制

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

低频滤波：(0.05 ~ 3) kHz

调幅抑制： $< 20\text{Hz (peak)} (M = 50\%)$

4.8 调幅测量时的调频抑制

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

低频滤波：(0.05 ~ 3) kHz

调频抑制： $< 0.2\% \text{ (peak)} (\Delta f: 50\text{kHz})$

4.9 调相测量时的调幅抑制

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

低频滤波：(0.05 ~ 3) kHz

调幅抑制： $< 0.03\text{rad (peak)} (M = 50\%)$

4.10 调频测量时的解调输出失真

载频频率范围：(0.15 ~ 1300) MHz

调制频率范围：(0.02 ~ 100) kHz

解调输出失真： $< 0.1\%$

- 4.11 调幅测量时的解调输出失真
 载频频率范围： (0.15 ~ 1300) MHz
 调制频率范围： (0.02 ~ 100) kHz
 解调输出失真： < 0.1%
- 4.12 调相测量时的解调输出失真
 载频频率范围： (0.15 ~ 1300) MHz
 调制频率范围： (0.02 ~ 100) kHz
 解调输出失真： < 0.1%

5 校准条件

5.1 环境条件

- a) 环境温度：(23 ± 5) °C；
 b) 相对湿度：不大于 80%；
 c) 供电电压：(220 ± 11) V，(50 ± 1) Hz；
 d) 其他：周围无影响校准系统正常工作的机械振动和电磁干扰。

5.2 校准用标准器及其他设备

见表 1。

表 1

序号	名称	主要指标
1	调制度分析仪	150kHz ~ 1300MHz, 频率稳定度: $\pm 1 \times 10^{-8}/d$ FM: (0.1 ~ 400) kHz, 允许误差限: $\pm 1\%$ AM: 0.1% ~ 99%, 允许误差限: $\pm 1\%$ PM: (0.1 ~ 100) rad, 允许误差限: $\pm 1\%$
2	调制信号发生器	150kHz ~ 1300MHz, 频率稳定度: $\pm 1 \times 10^{-8}/d$ FM: (0.1 ~ 400) kHz; 稳定度: 0.01%/5min; 剩余: 1Hz (rms); 伴随 AM: 0.1%; 失真: 0.05% AM: 0.1% ~ 99%, 稳定度: 0.01%/5min; 剩余: 0.01% (rms) 伴随 FM: 10Hz; 失真: 0.1% PM: (0.1 ~ 100) rad, 稳定度: 0.01%/5min; 剩余: 0.001rad (rms) 伴随 AM: 10Hz; 失真: 0.1%
3	低失真信号发生器	输出频率: (0.01 ~ 200) kHz 输出电压: (0.01 ~ 3) V 失真加噪声: < 0.01%
4	失真度测量仪	频率范围: (0.01 ~ 100) kHz, 失真测量: 0.003% ~ 30%, 允许误差限: $\pm 5\%$ 电压测量: (0.001 ~ 10) V, 允许误差限: $\pm 1\%$

6 校准项目和校准方法

6.1 外观与工作正常性检查

6.1.1 被校仪器应带有附件、说明书。非首次校准时带前次校准证书。

6.1.2 外观检查

被校仪器应无影响正常工作及显示的机械损伤，按键到位，接触可靠。

6.1.3 工作正常性检查

接通电源，被校调制度仪应能正常工作。智能化调制度仪应能通过自检。

6.2 调频频偏测量的校准

6.2.1 仪器连接框图如图 2 所示。

6.2.2 按附录 A 表 A.2 “载频频率”一栏要求设置调制信号发生器的输出频率，输出电平置为 0dBm（或被校调制度仪指标要求的其他值）。调制方式置为“外调制”。

6.2.3 置被校调制度仪为频偏测量状态，电平范围置为 0dBm（或被校调制度仪指标要求的其他值），选择合适的滤波带宽，使用自动或手动调谐使被校调制度仪准确调谐到信号源载频上。

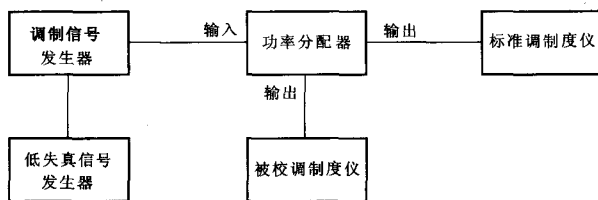


图 2

注 1：可用射频开关代替功率分配器。也可用手动转接。

注 2：若调制信号发生器内置低频信号发生器满足要求时，可不使用低失真信号发生器作外调制。

6.2.4 按附录 A 表 A.2 “调制频率”一栏要求设置低失真信号发生器的输出频率，调整其输出电压使被校调制度仪指示为表 A.2 “被校示值 Δf ”。

注 3：对于要求外调制输入为固定电平（一般为 1V）的调制信号发生器，调整低失真信号发生器的电压使调制信号发生器的外调制指示为正常状态，然后按表 A.2 要求在调制信号发生器上输入所需的频偏值。

注 4：对于数字式的被校调制度测量仪，调整调制信号发生器的频偏值，使被校调制度测量仪频偏示值接近表 A.2 的“被校示值 Δf ”，并用其读数改写“被校示值 Δf ”。

6.2.5 置标准调制度仪于相同的工作状态，读出其频偏读数 Δf_0 ，记于附录 A 表 A.2 的“标准值 Δf_0 ”一栏。

6.2.6 按式 (1) 计算频偏测量示值相对误差。

$$\delta_1 = \frac{\Delta f - \Delta f_0}{\Delta f_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中, Δf ——被校调制度仪示值, Hz;

Δf_0 ——标准调制度仪标准值, Hz;

δ_1 ——被校调制度仪频偏测量相对误差。

注 5: 对于指针式被校调制度仪, 按式 (2) 计算频偏测量引用误差。

$$\delta_1 = \frac{\Delta f - \Delta f_0}{\Delta f_{FS}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: Δf_{FS} ——被校调制度仪被校量程的满度值, Hz;

δ_1 ——被校调制度仪频偏测量引用误差。

6.2.7 按附录 A 表 A.2 的校准点要求, 改变调制信号发生器的载波频率、低失真信号发生器的电平 (或调制信号发生器的频偏) 和频率, 重复第 6.2.2 ~ 6.2.6 步骤, 直到完成所有校准。

注 6: 校准点设置的建议。

(1) 典型载频值 (FM 和 PM 可选 100MHz, AM 可选 1MHz) 和典型调制频率值 (1kHz 或 400Hz) 下, 每调制度量程中选下、中及满度等 3 点, 有上下调制度之分的共 6 点。

(2) 典型载频值 (FM 和 PM 可选 100MHz, AM 可选 1MHz) 和典型调制度 (FM 可选 22.5kHz, 50kHz, 75kHz 等; AM 可选 30%, 50% 等) 下, 选 5 个以上调制频率点。

(3) 典型调制频率 (1kHz 或 400Hz) 和典型调制度 (FM 可选 22.5kHz, 50kHz, 75kHz 等; AM 可选 30%, 50% 等) 下, 选 5 个以上载频频率点。

6.3 调幅度测量的校准

6.3.1 依第 6.2 项步骤操作。被校调制度仪和标准调制度仪都设为调幅测量状态, 调制信号发生器设为调幅状态; 再按附录 A 表 A.3 设置校准点, 把校准得到的结果记于附录 A 表 A.3 中; 然后按式 (3) 计算调幅度测量示值相对误差。

$$\delta_2 = \frac{M - M_0}{M_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中: M ——被校调制度仪示值, %;

M_0 ——标准调制度仪标准值, %;

δ_2 ——被校调制度仪调幅度测量相对误差。

注 7: 对于指针式被校调制度仪, 按式 (4) 计算调幅度测量引用误差。

$$\delta_2 = \frac{M - M_0}{M_{FS}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: M_{FS} ——被校调制度仪被校量程的满度值, %;

δ_2 ——被校调制度仪调幅度测量引用误差。

6.4 调相相移测量的校准

6.4.1 依第 6.2 项步骤操作。被校调制度仪和标准调制度仪都设为调相测量状态, 调制信号发生器设为调相状态; 再按附录 A 表 A.4 设置校准点, 把校准得到的结果记于附录 A 表 A.4 中, 然后按式 (5) 计算相移测量示值相对误差。

$$\delta_3 = \frac{\Delta P - \Delta P_0}{\Delta P_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中： ΔP ——被校调制度仪示值，rad；

ΔP_0 ——标准调制度仪标准值，rad；

δ_3 ——被校调制度仪相移测量相对误差。

注 8：对于指针式被校调制度仪，按式（2）计算相移测量引用误差。

$$\delta_3 = \frac{\Delta P - \Delta P_0}{\Delta P_{FS}} \times 100\% \quad (6)$$

式中： ΔP_{FS} ——被校调制度仪被校量程的满度值，rad；

δ_3 ——被校调制度仪相移测量引用误差。

6.5 剩余调频的测量

6.5.1 仪器连接框图如图 3 所示。

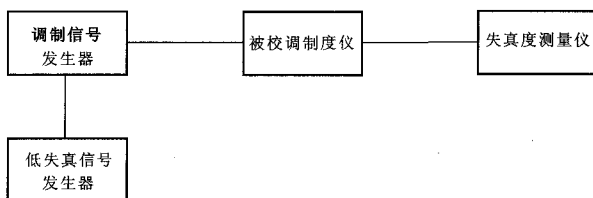


图 3

6.5.2 置调制信号发生器输出电平为 0dBm（或指标规定值），载频频率按附录 A 表 A.5 设置。

6.5.3 置被校调制度仪为频偏测量状态，选择规定的滤波带宽，使用自动或手动调谐使被校调制度仪准确调谐到信号源载频上。

6.5.4 置调制信号发生器为频偏状态，置调制频率为 1kHz，调整频偏值，使被校仪器在最低量程指到满度 Δf_F ，用失真度测量仪的电压表测量解调输出电压 U_F 。然后改用无调制载波信号，再测量解调输出电压 U_N 。按式（7）计算剩余调频 Δf_N 。

$$\Delta f_N = \frac{U_N}{U_F} \times \Delta f_F \quad (\text{Hz}) \quad (7)$$

注 9：若剩余调频以信噪比（dB）形式给出时，按式（8）计算剩余调频 R_{sf} 。

$$R_{sf} = 20 \log \left(\frac{U_N}{U_R} \right) \quad (\text{dB}) \quad (8)$$

式中： U_R 是规定参考频偏下解调输出电压（值之大小可查阅被校仪器说明书）。通常取最低量程的满度值作为参考频偏（此时 $U_R = U_F$ ）。

注 10：被校仪器没有解调输出时，可在最低量程测量无调制载波信号，直读频偏值，即为剩余调频 Δf_N 。若剩余调频以信噪比（dB）形式给出时，按式（9）计算剩余调频 R_{sf} 。

$$R_{sf} = 20 \log \left(\frac{\Delta f_N}{\Delta f_R} \right) \quad (\text{dB}) \quad (9)$$

式中： Δf_R 为规定参考频偏值（可查阅被校仪器说明书）。通常取最低量程的满度值作

为参考频偏（此时 $\Delta f_R = \Delta f_F$ ）。

6.6 剩余调幅的测量

依第 6.5 项步骤操作。被校调制度仪设为调幅测量状态，调制信号发生器设为调幅状态；再按附录 A 表 A.6 校准点要求设置仪器的其他参数，把校准得到的结果记于附录 A 表 A.6 中，然后按式 (10) 计算剩余调幅 M_N 。

$$M_N = \frac{U_N}{U_F} \times M_F \quad (\%, \text{绝对值}) \quad (10)$$

注 11：若剩余调幅以信噪比 (dB) 形式给出时，按式 (11) 计算剩余调幅 R_{SM} 。

$$R_{SM} = 20 \log\left(\frac{U_N}{U_R}\right) \quad (\text{dB}) \quad (11)$$

式中： U_R 是规定参考调幅度下解调输出电压（值之大小可查阅被校仪器说明书）。通常取最低量程的满度值作为参考调幅度（此时 $U_R = U_F$ ）。

注 12：被校仪器没有解调输出时，可在最低量程测量无调制载波信号，直读调幅度值，即为剩余调幅 M_N 。若剩余调幅以信噪比 (dB) 形式给出时，按式 (12) 计算剩余调幅 R_{SM} 。

$$R_{SM} = 20 \log\left(\frac{M_N}{M_R}\right) \quad (\text{dB}) \quad (12)$$

式中： M_N 是规定参考调幅度值（值之大小可查阅被校仪器说明书）。通常取最低量程的满度值作为参考调幅度（此时 $M_N = M_F$ ）。

6.7 剩余调相的测量

依第 6.5 项步骤操作。被校调制度仪设为调相测量状态，调制信号发生器设为调相状态；再按附录 A 表 A.7 校准点要求设置仪器的其他参数，把校准得到的结果记于附录 A 表 A.7 中，然后按式 (13) 计算剩余调相 ΔP_N 。

$$\Delta P_N = \frac{U_N}{U_F} \times \Delta P_F \quad (\text{rad}) \quad (13)$$

注 13：若剩余调相以信噪比 (dB) 形式给出时，按式 (14) 计算剩余调相 R_{SP} 。

$$R_{SP} = 20 \log\left(\frac{U_N}{U_R}\right) \quad (\text{dB}) \quad (14)$$

式中： U_R 是规定参考相移下解调输出电压（值之大小可查阅被校仪器说明书）。通常取最低量程的满度值作为参考相移（此时 $U_R = U_F$ ）。

注 14：被校仪器没有解调输出时，可在最低量程测量无调制载波信号，直读相移值，即为剩余调相 ΔP_N 。

注 15：若剩余调相以信噪比 (dB) 给出时，按式 (15) 计算剩余调相 R_{SP} 。

$$R_{SP} = 20 \log\left(\frac{\Delta P_N}{\Delta P_R}\right) \quad (\text{dB}) \quad (15)$$

式中： ΔP_R 是规定参考相移值（值之大小可查阅被校仪器说明书）。通常取最低量程的满度值作为参考相移（此时 $\Delta P_R = \Delta P_F$ ）。

6.8 调频测量时的调幅抑制的测量

6.8.1 仪器连接框图如图 3 所示。

6.8.2 依第 6.5 项步骤操作。在调频信号下测出 Δf_F , U_F , Δf_N 。然后改用调幅度为 50% (或指标要求的其他值) 的调幅信号, 用失真度测量仪的电压挡测量被校调制度仪解调输出的电压 U_{AMR} 。按式 (16) 计算调频测量时的调幅抑制 Δf_{AMR} 。

$$\Delta f_{AMR} = \frac{U_{AMR}}{U_F} \times \Delta f_F - \Delta f_N \quad (\text{Hz}) \quad (16)$$

注 16: 被校仪器没有解调输出时, 有两种方法测量 Δf_{AMR} 。

方法 1: 在最低量程测量 50% 调幅波信号, 直读频偏值 $\Delta f'_{AMR}$ 。按式 (17) 计算调频测量时的调幅抑制 Δf_{AMR} 。

$$\Delta f_{AMR} = \Delta f'_{AMR} - \Delta f_N \quad (\text{Hz}) \quad (17)$$

方法 2: 在指标规定量程满度值附近 (如 90%) 测量调频信号的频偏 Δf , 然后在调频的基础上加上 50% 的幅度调制, 被校调制度仪读出第二个频偏值 $\Delta f'$, 按式 (18) 计算。

$$\Delta f_{AMR} = \Delta f' - \Delta f \quad (\text{Hz}) \quad (18)$$

注 17: 除非特别要求, 调制频率通常取为 1kHz 或 400Hz。

6.9 调幅测量时的调频抑制的测量

依第 6.8 项步骤操作。被校调制度仪设为调幅测量状态, 调制信号发生器设为调幅状态; 再按附录 A 表 A.9 校准点要求设置仪器的其他参数, 调制信号的频偏按式 (11) (或指标规定值) 设置。

$$\Delta f = m_m \times f \times 50\% \quad (\text{Hz}) \quad (19)$$

式中: Δf ——欲设定的调制信号发生器的频偏值;

m_m ——调制信号发生器的最大调频系数;

f ——调制信号发生器的载频频率。

把校准得到的结果记于附录 A 表 A.9 中, 然后按式 (20) 计算调幅测量时的调频抑制 M_{FMR} 。

$$M_{FMR} = \frac{U_{FMR}}{U_F} \times M_F - M_N \quad (\%) \quad (20)$$

注 18: 被校仪器没有解调输出时, 有两种方法测量 M_{FMR} 。

方法 1: 在最低量程测量由式 (19) 决定频偏值 Δf 的调频波信号, 直读调幅度值 M'_{FMR} 。按式 (21) 计算调幅测量时的调频抑制 M_{FMR} 。

$$M_{FMR} = M'_{FMR} - M_N \quad (\%) \quad (21)$$

方法 2: 在指标规定量程满度值附近 (如 90%) 测量调幅信号的调幅度 M , 然后在调幅的基础上加上调频 (按式 (19) 设定频偏值), 被校调制度仪读出第二个调幅度值 M' , 按式 (22) 计算。

$$M_{FMR} = M' - M \quad (\%) \quad (22)$$

注 19: 除非特别要求, 调制频率通常取为 1kHz 或 400Hz。

6.10 调相测量时的调幅抑制的校准

依第 6.8 项步骤操作。被校调制度仪设为调相测量状态, 调制信号发生器设为调相

状态；再按附录 A 表 A.10 校准点要求设置仪器的其他参数，把校准得到的结果记于附录 A 表 A.10 中，然后按式 (23) 计算调相测量时的调幅抑制 P_{AMR} 。

$$\Delta P_{AMR} = \frac{U_{AMR}}{U_F} \times \Delta P_F - \Delta P_N \quad (\text{rad}) \quad (23)$$

注 20：被校仪器没有解调输出时，有两种方法测量 ΔP_{AMR} 。

方法 1：在最低量程测量 50% 调幅波信号，直读相移值 $\Delta P'_{AMR}$ 。按式 (24) 计算调相测量时的调幅抑制 ΔP_{AMR} 。

$$\Delta P_{AMR} = \Delta P'_{AMR} - \Delta P_N \quad (\text{rad}) \quad (24)$$

方法 2：在指标规定量程满度值附近（如 90%）测量调相信号的相移值 ΔP ，然后在调相的基础上加上 50% 的幅度调制，被校调制仪读出第二个相移值 $\Delta P'$ ，按式 (25) 计算。

$$\Delta P_{AMR} = \Delta P' - \Delta P \quad (\text{rad}) \quad (25)$$

注 21：除非特别要求，调制频率通常取为 1kHz 或 400Hz。

6.11 调频测量时的解调输出失真的测量

6.11.1 校准时仪器连接框图如图 3 所示。

6.11.2 置调制信号发生器输出电平为 0dBm（或指标规定值），置调频频偏为被校调制仪频偏测量最低量程的 50%（或指标规定值），载频频率和调制频率按附录 A 表 A.11 设置。

6.11.3 置被校调制仪为频偏测量状态，选择规定的解调带宽，使用自动或手动调谐使被校调制仪准确调谐到信号源载频上。

6.11.4 用失真度测量仪测量解调输出信号的失真度，记于附录 A 表 A.11 中。

注 22：不同制造商对解调输出失真有不同定义，常见有总谐波失真，谐波加噪声等。应选择合适的失真度测量仪进行测量。

注 23：对于无解调信号输出，但具有测量调制失真功能的调制仪测量仪，可直接测量调频信号的调制失真，作为被校调制仪调频测量时的解调输出失真。

6.12 调幅测量时的解调输出失真的测量

6.12.1 依第 6.11 项步骤操作。被校调制仪设为调幅测量状态，调制信号发生器设为调幅状态；再按附录 A 表 A.12 校准点要求设置仪器的其他参数，把校准得到的结果记于附录 A 表 A.12。

注 24：“注 22”，“注 23”也适合本项。

6.13 调相测量时的解调输出失真的测量

6.13.1 依第 6.11 项步骤操作。被校调制仪设为调相测量状态，调制信号发生器设为调相状态；再按附录 A 表 A.13 校准点要求设置仪器的其他参数，把校准得到的结果记于附录 A 表 A.13。

注 25：“注 22”，“注 23”也适合本项。

7 校准结果的表达

经校准后的仪器应出具校准证书。证书应包含足够信息，如委托单位，被校调制仪

仪的名称、型号、制造商、系列号、管理编号，校准日期，校准地点，校准单位，校准人，测量结果及测量不确定度等。如委托单位要求，可给出符合性的结论。

8 复校时间间隔

用户根据使用情况自行决定。建议复校时间间隔为1年，供参考。经修理或调整的仪器，应校准后才能投入使用。

附录 A

校准记录格式

表 A.1 外观与工作正常性检查

记录序号	项目名称	检查记录	结论
1	外观检查		
2	工作正常性检查		

表 A.2 调频频偏测量的校准

载频频率 /MHz	调制频率 /kHz	量程 /kHz	+ / -	被校示值 Δf /kHz	标准值 Δf_0 /kHz	误差 δ / (%)
100	1	10	+	1		
			-	1		
			+	5		
			-	5		
			+	10		
			-	10		

表 A.3 调幅度测量的校准

载频频率 /MHz	调制频率 /kHz	量程 / (%)	+ / -	被校示值 M / (%)	标准值 M_0 / (%)	误差 δ / (%)
1	1	10	+	1		
			-	1		
			+	5		
			-	5		
			+	10		
			-	10		

表 A.4 调相测量的校准

载频频率 /MHz	调制频率 /kHz	量程 /rad	+ / -	被校示值 ΔP /rad	标准值 ΔP_0 /rad	误差 δ / (%)	
100	1	10	+	1			
			-	1			
			+	5			
			-	5			
			+	10			
			-	10			

表 A.5 剩余调频的测量

载频频率 /MHz	滤波带宽 /Hz	+ / -	满量程输出 电压 U_f/V	满量程频偏 $\Delta f_f/Hz$	剩余调频输 出电压 U_n/V	剩余调频 $\Delta f_n/Hz$
100	300 ~ 3000	+				
		-				

表 A.6 剩余调幅测量

载频频率 /MHz	滤波带宽 /Hz	+ / -	满量程输出 电压 U_f/V	满量程调幅度 $M_f/(\%)$	剩余调幅 输出电压 U_n/V	剩余调幅 $M_n/(\%)$
1	300 ~ 3000	+				
		-				

表 A.7 剩余调相的测量

载频频率 /MHz	滤波带宽 /Hz	+ / -	满量程输出 电压 U_f/V	满量程调相 $\Delta P_f/rad$	剩余调相输 出电压 U_n/V	剩余调相 $\Delta P_n/rad$
100	300 ~ 3000	+				
		-				

表 A.8 调频测量时的调幅抑制的测量

载频频率 /MHz	滤波带宽 /Hz	+ / -	满量程输出 电压 U_f/V	满量程频 偏 Δf_f /Hz	剩余调频 输出电压 U_N/V	调幅抑制 输出电压 U_{AMR}/V	调频抑制 Δf_{AMR} /Hz
100	300 ~ 3000	+					
		-					

表 A.9 调幅测量时的调频抑制的测量

载频频率 /MHz	滤波带宽 /Hz	+ / -	满量程 输出电压 U_f/V	满量程 调幅度 M_f / (%)	剩余调幅 输出电压 U_N/V	调频抑制 输出电压 U_{FMR}/V	调幅抑制 $M_{FMR}/ (%)$
1	300 ~ 3000	+					
		-					

表 A.10 调相测量时的调幅抑制的测量

载频频率 /MHz	解调带宽 /Hz	+ / -	满量程 输出电压 U_f/V	满量程 频偏 ΔP_f /rad	剩余调频 输出电压 U_N/V	调幅抑制 输出电压 U_{AMR}/V	调相抑制 $\Delta P_{AMR}/rad$
100	300 ~ 3000	+					
		-					

表 A.11 调频测量时的解调输出失真的测量

载频频率 /MHz	调制频率 /kHz	量程 /kHz	+ / -	信号频偏值 Δf /kHz	解调失真 / (%)
100	1	10	+	5	
			-	5	
		30	+	15	
			-	15	

表 A.12 调幅测量时的解调输出失真的测量

载频频率 /MHz	调制频率 /kHz	量程 / (%)	+ / -	信号调幅度 M / (%)	解调失真 / (%)
1	1	10	+	5	
			-	5	
		30	+	15	
			-	15	

表 A.13 调相测量时的解调输出失真的测量

载频频率 /MHz	调制频率 /kHz	量程 /rad	+ / -	信号相移值 ΔP /rad	解调失真 / (%)
100	1	10	+	5	
			-	5	
		30	+	15	
			-	15	

附录 B

主要项目测量结果不确定度分析实例

1 调频频偏测量的校准的不确定度分析

1.1 A类评定

按校准规范 6.2 项步骤进行操作。对载频 10MHz, 频偏 50kHz 的校准点重复测量 10 次, 得数据如下:

8902A 读数: 50.6, 50.5, 50.5, 50.6, 50.6, 50.6, 50.5, 50.6, 50.6, 50.6;

被校读数: 50.8, 50.7, 50.7, 50.8, 50.7, 50.8, 50.7, 50.7, 50.8, 50.8。

结果为: 标准调制仪读数平均值: 50.57kHz

被校调制仪读数平均值: 50.75kHz

被校调制仪读数误差: 0.18kHz

试验标准偏差等于两者对应测量点之差组成的测量列的标准差。

标准差(绝对): $u_A(\text{FM}) = 0.18\text{kHz}$

标准差(相对): $u_A(\text{FM}) = \frac{0.18}{50.57} \times 100\% = 0.36\%$

1.2 B类评定

1.2.1 按均匀分布对 8902A 指标进行估算。包含因子为 $\sqrt{3}$ ($= 1.732$), 自由度为 ∞ 。

$u_{B1}(\text{FM}) = (1\%) / \sqrt{3} = 0.577\%$ (相对)。

1.2.2 按三角分布对 8902A 有效分辨率指标进行估算。包含因子为 2.45, 自由度为 ∞ 。

有效分辨率等于最低有效位的一个字和剩余调频两者中的最大值。这里分别为 0.1kHz 和 0.001kHz。取前者得:

$u_{B2}(\text{FM}) = [(0.1/2.45) / 50.57] \times 100\% = 0.08\%$ (相对)。

1.2.3 调幅适应性引起的不确定度 $u_{B3}(\text{FM})$

8902A 的调幅适应性在 50% 调幅情况下小于 0.02kHz。而合成信号发生器的伴随调幅一般小于 1%, 因此 1% 的伴随调幅对 8902A 的调频频偏测量影响可以忽略。

1.2.4 B类合成不确定度

$u_B(\text{FM}) = \sqrt{(u_{B1}(\text{FM}))^2 + (u_{B2}(\text{FM}))^2 + (u_{B3}(\text{FM}))^2} = \sqrt{0.577^2 + 0.08^2 + 0.00^2} \% = 0.58\%$

1.3 合成标准不确定度

$u_c(\text{FM}) = \sqrt{(u_A(\text{FM}))^2 + (u_B(\text{FM}))^2} = \sqrt{(0.36^2 + 0.58^2)} \% = 0.68\%$

1.4 有效自由度

$\nu_{\text{eff}}(\text{FM}) = \infty$ 。

1.5 扩展不确定度

$U_{0.95}(\text{FM}) = t_{0.95} \times u_c(\text{FM}) = 2 \times 0.68\% = 1.4\%$

2 调幅度测量的校准的不确定度分析

2.1 A类评定

按校准规范 6.3 项步骤进行操作。对载频 10MHz, 调幅深度 50% 的校准点重复测量

10次, 得数据如下:

8902A 读数: 50.2, 50.2, 50.3, 50.3, 50.3, 50.3, 50.3, 50.3, 50.2, 50.3, 50.3;

被校读数: 50.5, 50.5, 50.5, 50.6, 50.6, 50.6, 50.6, 50.5, 50.5, 50.5。

结果为: 标准调制度仪读数平均值: 50.27 (%)

被校调制度仪读数平均值: 50.54 (%)

被校调制度仪读数误差: 0.27 (%) (绝对)

试验标准偏差等于两者对应测量点之差组成的测量列的标准差。

标准差 (绝对): u_A (AM) = 0.29 (%)

标准差 (相对): u_A (AM) = $\frac{0.29}{50.27} \times 100\% = 0.58\%$

2.2 B类评定

2.2.1 按均匀分布对 8902A 指标进行估算。包含因子为 $\sqrt{3}$ ($=1.732$), 自由度为 ∞ 。

u_{B1} (AM) = $(1\%)/\sqrt{3} = 0.577\%$ (相对)。

2.2.2 按三角分布对 8902A 有效分辨率指标进行估算。包含因子为 2.45, 自由度为 ∞ 。

有效分辨率等于最低有效位的一个字和剩余调幅两者中的最大值。这里分别为 0.1% 和 0.01%。取前者得:

u_{B2} (AM) = $\frac{0.1}{2.45} \times \frac{1}{50.27} \times 100\% = 0.08\%$ (相对)。

2.2.3 调频适应性引起的不确定度 u_{B3} (AM)

8902A 的调频适应性在 50kHz 调频情况下小于 0.2%。合成信号发生器的伴随调频一般小于 0.01kHz, 故伴随调频对调幅度测量的影响可以忽略。

2.2.4 B类合成不确定度

$$\begin{aligned} u_B$$
 (AM) &= $\sqrt{u_{B1}^2$ (AM) + u_{B2}^2 (AM) + u_{B3}^2 (AM)} \\ &= $\sqrt{0.577^2 + 0.08^2 + 0.00^2} \% = 0.58\%$

2.3 合成标准不确定度

$$u_c$$
 (AM) = $\sqrt{u_A^2$ (AM) + u_B^2 (AM) = $\sqrt{0.58^2 + 0.58^2} \% = 0.82\%$

2.4 有效自由度

$$\nu_{\text{eff}}$$
 (AM) = ∞ 。

2.5 扩展不确定度

$$U_{0.95}$$
 (AM) = $t_{0.95} \times u_c$ (AM) = $2 \times 0.82\% = 1.7\%$

3 调相相移测量的校准的不确定度分析

3.1 A类评定

按校准规范 6.4 项步骤进行操作。对载频 10MHz, 相移 10rad 的校准点重复测量 10 次, 得数据如下:

8902A 读数: 10.06, 10.05, 10.05, 10.06, 10.06, 10.07, 10.07, 10.06, 10.06, 10.05;

被校读数：10.08, 10.07, 10.08, 10.08, 10.07, 10.08, 10.09, 10.09, 10.08, 10.07。

结果为：标准调制度仪读数平均值：10.059rad

被校调制度仪读数平均值：10.079rad

被校调制度仪读数误差：0.020rad

试验标准偏差等于两者对应测量点之差组成的测量列的标准差。

标准差（绝对）： $u_A(\text{PM}) = 0.022\text{rad}$

标准差（相对）： $u_A(\text{PM}) = \frac{0.022}{10.059} \times 100\% = 0.22\%$

3.2 B类评定

3.2.1 按均匀分布对 8902A 指标进行估算。包含因子为 $\sqrt{3}$ （=1.732），自由度为 ∞ 。

$u_{B1}(\text{PM}) = (2\%) / \sqrt{3} = 1.15\%$ （相对）。

3.2.2 按三角分布对 8902A 有效分辨率指标进行估算。包含因子为 2.45，自由度为 ∞ 。

有效分辨率等于最低有效位的一个字和剩余调频两者中的最大值。这里分别为 0.01rad 和 0.002rad。取前者得：

$u_{B2}(\text{PM}) = \frac{0.01}{2.45} \times \frac{1}{10.059} \times 100\% = 0.04\%$ （相对）。

3.2.3 调幅适应性引起的不确定度 $u_{B3}(\text{PM})$

8902A 的调幅适应性在 50% 调幅情况下小于 0.02rad。合成信号发生器的伴随调幅一般小于 1%，因此 1% 的伴随调幅对 8902A 的相移测量影响可以忽略。

3.2.4 B类合成不确定度

$u_B(\text{PM}) = \sqrt{u_{B1}^2(\text{PM}) + u_{B2}^2(\text{PM}) + u_{B3}^2(\text{PM})} = \sqrt{1.15^2 + 0.04^2 + 0.00^2}\% = 1.15\%$

3.3 合成标准不确定度

$u_c(\text{PM}) = \sqrt{u_A^2(\text{PM}) + u_B^2(\text{PM})} = \sqrt{1.15^2 + 0.22^2}\% = 1.2\%$

3.4 有效自由度

$\nu_{\text{eff}}(\text{PM}) = \infty$ 。

3.5 扩展不确定度

$U_{0.95}(\text{PM}) = t_{0.95} \times u_c(\text{PM}) = 2 \times 1.2\% = 2.4\%$