

GY

中华人民共和国广播电影电视行业标准

GY/T 225-2007

代替 GY/T 31-1984, GY/T 32-1984

中、短波调幅广播发射机 技术要求和测量方法

Technical specifications and methods of measurement for MW and SW
broadcasting transmitters

2007-06-09 发布

2007-07-01 实施

国家广播电影电视总局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 技术要求	3
4 测量条件	4
5 测量方法	5
6 高频放大器稳定性检查	11
7 稳定性、可靠性试验	12
参考文献	13

前 言

本标准代替GY/T 31-1984《调幅广播发射机运行技术指标测量方法》和GY/T 32-1984《调幅广播发射机运行技术指标等级》两项标准。

本标准与GY/T 31-1984和GY/T 32-1984相比主要变化如下：

- 音频范围：主要考虑为了与国际广播频率使用接轨，参考ITU-R BS Series规定的中、短波调制音频范围进行修改，由原来的50Hz~8000Hz改为中波50Hz~4500Hz、短波50Hz~5000Hz。
- 技术要求：由于目前中波发射机广泛采用全固态发射机，性能大幅提高，参考实际测试和使用情况，修改了技术要求；短波发射机考虑了小功率发射机，本标准参考了相关发射机的实际测试情况和相关的技术资料。
- 开关频率杂散发射：根据发射机的特点增加这项指标。
- 整机效率：考虑到发射机运行的经济性能，修改了这项指标。

本标准由全国广播电视标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国家广播电影电视总局无线电台管理局。

本标准主要起草人：王丁一、田园、韩勇、曹毅。

中、短波调幅广播发射机技术要求和测量方法

1 范围

本标准规定了中、短波调幅广播发射机的技术要求和测量方法。对于能够确保同样测量不确定度的任何等效测量方法也可以采用。有争议时应以本标准为准。

本标准适用于额定功率在1kW以上(含1kW)的中波和短波调幅广播发射机的生产、验收、运行和维护。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1

正峰调制能力 positive peak modulation capability

使用单一频率的正弦音频信号对载波进行调幅,调幅正峰处所能达到的最大调幅度,为发射机的正峰调制能力。

2.2

正负调幅不对称度 asymmetry of positive/negative peak modulation

使用单一频率的音频信号对载波进行调幅,当发射机的正调幅度达到95%时,其正负调幅度之差的绝对值,为发射机的正负调幅不对称度。

2.3

频率容限 frequency tolerance

发射机所占频带的中心频率偏离指配频率,或发射的特征频率偏离参考频率的最大允许偏差,频率容限以赫兹(Hz)表示。

2.4

谐波失真 total harmonic distortion

发射机用单一频率的正弦音频信号调幅时,由于高频放大器的非线性和调制器的非线性,会产生各次谐波分量,各次谐波分量的均方根值之和与基波有效值之比,即为谐波失真,见式(1)。

$$D = \frac{\left[\sum_{j=2}^n V_j^2 \right]^{1/2}}{V_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D —— 谐波失真;

V_j —— j 次谐波电压的有效值;

V_1 —— 基波电压的有效值;

j —— 2, 3, …… $n-1, n$ 。

2.5

音频频率响应 audio frequency response

发射机的调幅度,随输入发射机振幅恒定的正弦音频信号的频率变化而变化的特性,单位为dB,见式(2)。

$$\gamma = 20 \lg \frac{U_f}{U_{1K}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- γ —— 频率响应;
- U_f —— 各调幅频率线性检波输出端的电压有效值;
- U_{1K} —— 输入 1000Hz 单音频时, 线性检波器输出端的电压有效值。

2.6

信噪比 signal-to-noise ratio

发射机调幅度为 100%时的线性检波器输出的交流电压有效值, 与没有外加调制信号时线性检波器输出的交流电压有效值之比, 单位为 dB, 见式 (3)。

$$N = 20 \lg \frac{U_m}{U_n} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- N —— 信噪比;
- U_n —— 发射机无调幅时, 线性检波器输出端噪音电压有效值;
- U_m —— 发射机调幅度为 100%时, 线性检波器输出端的电压有效值。

2.7

载波跌落 carrier shift

在供电电压保持恒定的情况下, 使用单一频率的正弦音频信号对发射机进行调制, 使调幅度为 100%, 则无调制时的载波振幅与 100%调制时的载波振幅的差值, 与无调制时的载波振幅之比, 见式 (4)。

$$S = (1 - \alpha \frac{U_0'}{U_0}) \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- S —— 载波跌落;
- U_0 —— 无调制时的载波振幅;
- U_0' —— 100%调制时的载波振幅;

$$\alpha = \frac{U_l}{U'} \text{ —— 修正系数;}$$

- U_l —— 无调制时电源线电压的有效值;
- U' —— 100%调制时电源线电压的有效值。

注: 供电电压无法保持恒定时使用修正系数 α 进行校准。

2.8

载波输出功率 carrier output power

在发射机音频输入端不加调制信号条件下, 一个射频周期中发射机提供给射频负载的平均功率。

2.9

载波输出功率变化 carrier output power shift

发射机载波输出功率测量值和额定功率的差值与额定功率的比值。

2.10

输入功率 input power

发射机电源输入的有功功率, 包括发射机附属设备的功率。

2.11

整机效率 total efficiency

发射机在同一工作状态下的输出功率和输入功率之比，见式（5）。

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

η —— 整机效率；

P_o —— 发射机的输出功率(kW)；

P_i —— 发射机的输入功率(kW)。

2.12

发射带宽 transmitted bandwidth

发射机的发射信号在广播频段中所占的频带宽度。

2.13

杂散发射 spurious emission

发射机射频输出中，发射带宽外的一个或多个频率的发射，其频率分量包括谐波发射、寄生发射、互调产物及变频产物，但带外发射除外。

2.14

开关频率杂散发射 switching frequency spurious emission

在发射机输出中，与开关频率相关的杂散发射。

3 技术要求

3.1 通用技术要求

3.1.1 频段范围

中波：526.5kHz~1606.5kHz；

短波：2.3MHz~26.1MHz。

注：在频段范围内，用户可与厂商具体商定所需频段范围，运行时按合同规定的范围测量。

3.1.2 调制音频范围

中波发射机：50Hz~4500Hz；

短波发射机：50Hz~5000Hz。

3.1.3 音频输入电平范围

0±6dBu。在此范围内，对音频1kHz发射机均可达到100%调制。

3.1.4 音频输入接口

具有模拟音频接口和数字AES/EBU音频接口。

3.1.5 音频输入阻抗

模拟音频接口阻抗为平衡600Ω。

3.1.6 发射机输出阻抗

短波发射机：平衡300Ω；

中波发射机：不平衡50Ω或75Ω。

3.1.7 发射带宽

短波发射机：10kHz；

中波发射机：9kHz。

3.1.8 工作环境

温度：0℃~+40℃。

相对湿度： 30%~80%。

大气压力： 106kPa~86 kPa（海拔约 2000m）。

注： 环境条件超出以上范围时，发射机效率可降低2%。

3.2 技术指标

中、短波调幅广播发射机技术指标见表1。

表1 中、短波调幅广播发射机技术指标

序号	项目		技术等级指标			
			甲	乙	丙	
1	信噪比 dB	短波	载波额定输出功率≥10kW	58	54	50
			载波额定输出功率<10kW	56	52	48
		中波	60	56	52	
2	音频频率响应 dB		-0.5~+0.5	-1~+1	-2~+2	
3	谐波失真 %		≤3	≤5	≤7	
4	载波跌落 %		-3~+3	-4~+4	-6~+6	
5	正负调幅不对称度 %		≤3	≤5	≤8	
6	载波输出功率变化 %		-3~+3			
7	频率容限 Hz	中波广播	≤1	≤3	≤5	
		短波广播	≤3	≤5	≤10	
		同步广播	≤0.015			
8	杂散发射 (dB)	载波输出功率<50kW	≤-60			
		载波输出功率 $P \geq 50kW$	$\leq 10 \lg \frac{50mW}{P}$			
9	开关频率杂散发射 dB		≤-70			
10	整机效率 %	短波	载波功率≥100kW	≥68		
			10kW≤载波功率<100kW	≥50		
			载波功率<10kW	≥30		
		中波	载波功率≥50kW	≥75		
			载波功率<50kW	≥70		
11	正峰调制能力 %		≥100			

4 测量条件

4.1 电源条件

电源电压应在标称电压±5%范围内，电源频率应在标称频率50Hz±1Hz范围内。

4.2 测量参考频率

1000Hz正弦波信号。

4.3 谐波失真、音频频率响应的测量频率

短波发射机：60Hz、100Hz、400Hz、1000Hz、3000Hz、5000Hz。

中波发射机：60Hz、100Hz、400Hz、1000Hz、3000Hz、4500Hz。

4.4 测量仪器精度

音频分析仪失真度误差： $\leq 0.1\%$ ；

音频分析仪信噪比范围： $\geq 70\text{dB}$ ；

音频分析仪幅度分辨率精度： $\leq 0.1\text{dBu}$ ；

频谱分析仪电平分辨率精度： $\leq 0.1\text{dB}$ ；

频谱分析仪动态范围： $\geq 90\text{dB}$ ；

频谱分析仪分辨率带宽： $\leq 1\text{kHz}$ ；

频谱分析仪视频带宽： $\leq 10\text{kHz}$ ；

频率计频率精度： $\leq 0.01\text{Hz}$ ；

示波器幅度线性误差： $\leq 5\%$ ；

调幅度测试仪幅度线性误差： $\leq 0.5\%$ ；

电力分析仪功率分辨率精度： $\leq 10\text{W}$ 。

5 测量方法

5.1 信噪比

5.1.1 测量框图

见图1。

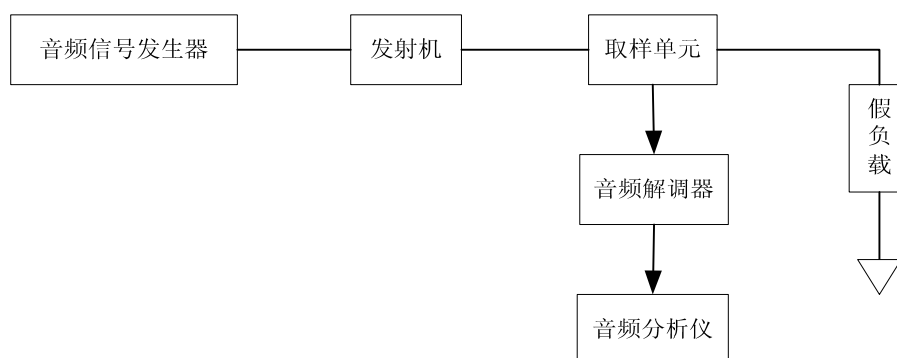


图1 信噪比、音频频率响应、谐波失真测量框图

5.1.2 测量步骤

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，以不加调制信号时音频分析仪测量的电平为基准0dB，用1000Hz正弦信号对发射机进行调制，调幅度为100%，测量信噪比。

5.2 音频频率响应

5.2.1 测量框图

见图1。

5.2.2 测量步骤

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，用1000Hz正弦信号对发射机进行调制，短波发射机的调幅度为75%、中波发射机调幅度为95%，将此时音频分析仪测出的电平作为基准电平0dB。按照4.3中规定的测量频率，保持输入信号的电平不变，由音频分析仪测量出各频率的频率响应。

5.3 谐波失真

5.3.1 测量框图

见图1。

5.3.2 测量步骤

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，用3.1.2中规定的音频信号对发射机进行调制，使发射机的调幅度为50%和90%，用音频分析仪按4.3中规定的测量频率，测量出发射机的谐波失真。

5.4 载波跌落

5.4.1 测量框图

见图2。

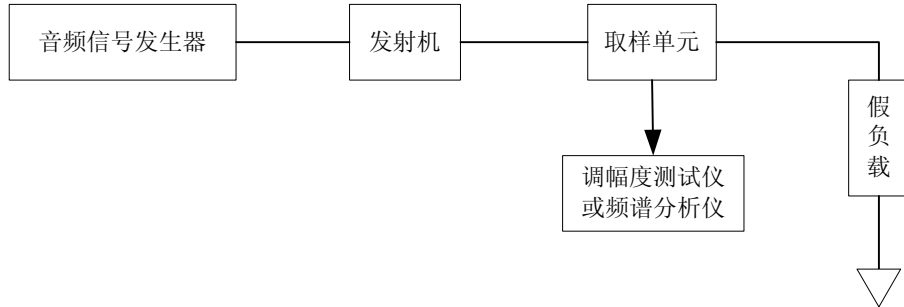


图2 载波跌落测量框图

5.4.2 测量步骤

5.4.2.1 使用调幅度测试仪测量

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，不加调制信号时调整调幅度测试仪，使载波指示为“1”，用1000Hz正弦信号对发射机进行调制，调幅度为100%，在调幅度测试仪上直接测量载波跌落。

5.4.2.2 使用频谱分析仪测量

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，在频谱分析仪上测量出载波电压的幅度，单位为 dB；用 1000Hz 的正弦信号对发射机进行调制，调幅度为 100%，此时在频谱分析仪上测量出 100% 调幅时载波电压的幅度，单位为 dB。按式（6）计算出电压幅度差值，再按照式（7）计算出载波跌落。

$$U_{\Delta} = U_1 - U_2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- U_{Δ} —— 100%调幅时载波电压幅度与无调幅时载波电压幅度差值；
- U_1 —— 无调幅时载波电压幅度；
- U_2 —— 100%调幅时载波电压幅度。

$$S = (10^{U_{\Delta}/20} - 1) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- S —— 载波跌落；
- U_{Δ} —— 同式（6）。

5.5 正负调幅不对称度

5.5.1 测量框图

见图3。

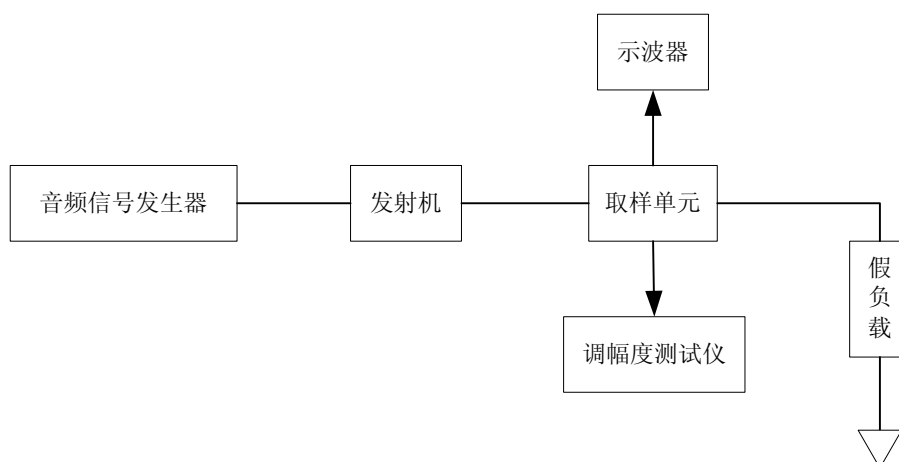


图3 正负调幅不对称度、正峰调制能力测量框图

5.5.2 测量步骤

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，用 1000Hz 正弦信号对发射机进行调制，正调幅度 m_p 为 95%，用调幅度测试仪测量出负调幅度 m_n ，按式（8）计算出正负调幅不对称度。

$$\Delta m = |m_p - m_n| \dots\dots\dots (8)$$

式中：

Δm —— 正负调幅不对称度；

m_p —— 正调幅度；

m_n —— 负调幅度。

5.6 载波输出功率

5.6.1 假负载测量法

5.6.1.1 测量框图

见图4。

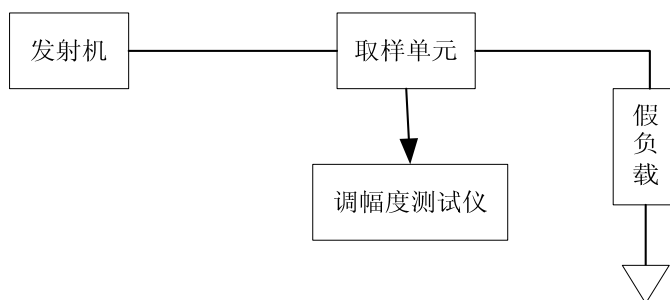


图4 假负载法测量框图

5.6.1.2 苏打水假负载测量步骤

开启发射机，根据液体的温升、流量和液体的冷却性能按式（9）计算出功耗，即为载波的输出功率。按照苏打水浓度、阻抗、温度曲线，将苏打水温度保持恒定。

$$P_o = \rho \times C \times \phi \times \Delta t \dots\dots\dots (9)$$

式中：

P_o —— 载波的输出功率(W)；

ρ —— 液体的质量密度 (kg/L)；

C —— 液体的比热容量 [J/(kg · °C)]；

ϕ —— 流量 (L/S);
 Δt —— 进出水温差 (°C)。

5.6.1.3 电阻体假负载测量步骤

当使用水冷却的电阻体假负载时, 按式 (10) 计算出载波的输出功率。

$$P_o = 1.16 \times \Delta t \times \phi \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

P_o —— 载波的输出功率(W);
 Δt —— 进出水温差 (°C);
 ϕ —— 流量 (L/S)。

假负载应该带有进水温度表、出水温度表和流量表, 能够直接读出假负载的进水温度、出水温度和流量。

5.6.2 电流-电阻测量法

5.6.2.1 测量框图

见图5。

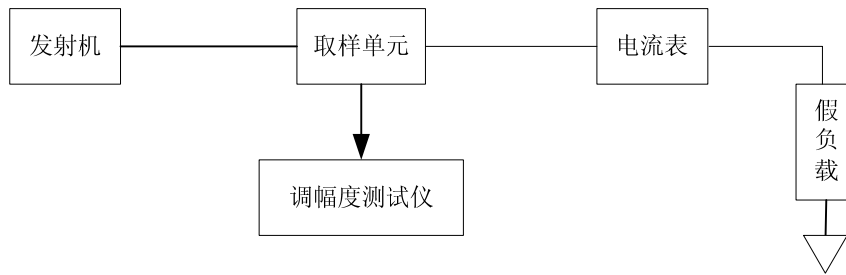


图5 电流-电阻法测量框图

5.6.2.2 测量步骤

开启发射机, 测量假负载阻抗的串联电阻分量, 用高频电流表测量出通过假负载的电流有效值, 按式 (11) 计算出载波的输出功率。

$$P_o = I^2 \times R \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中

P_o —— 载波的输出功率(W);
 I —— 假负载的电流有效值 (A);
 R —— 假负载电阻值 (Ω)。

5.6.3 电压-电阻测量法

5.6.3.1 测量框图

见图6。

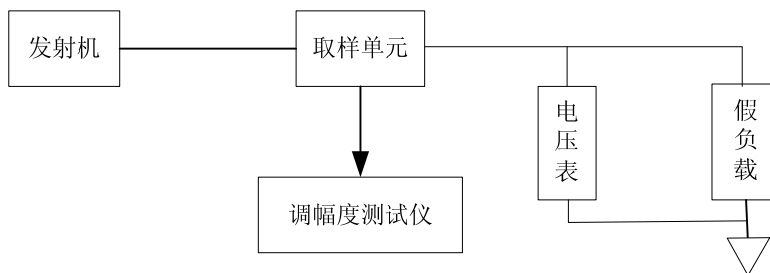


图6 电压-电阻法测量框图

5.6.3.2 测量步骤

开启发射机，测量假负载阻抗的并联电阻分量，用高频电压表测量出假负载两端的电压有效值，按式（12）计算出载波的输出功率。

$$P_o = \frac{U_d^2}{R} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- P_o —— 载波的输出功率(W)；
- U_d —— 假负载两端电压有效值 (V) ；
- R —— 假负载电阻值 (Ω) 。

5.7 载波输出功率变化

按5.6的测量方法，按式（13）计算出载波输出功率变化。

$$F = \frac{P_s - P_o'}{P_s} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

式中：

- F —— 载波输出功率变化；
- P_s —— 发射机的额定输出功率(kW)；
- P_o' —— 发射机载波输出功率测量值(kW)。

5.8 频率容限

5.8.1 测量框图

见图7。

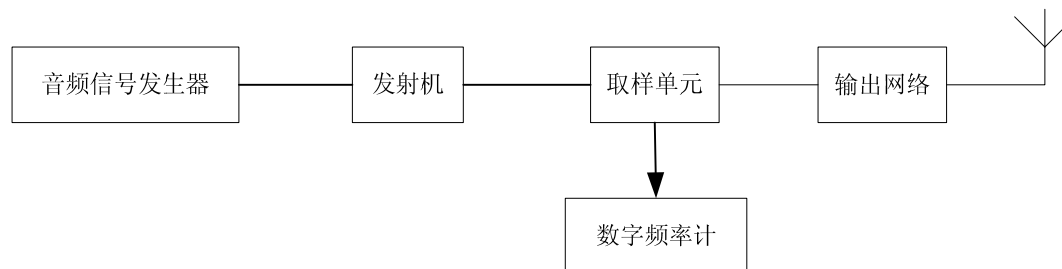


图7 频率容限测量框图

5.8.2 测量步骤

开启发射机，调整发射机输出功率到额定输出功率，用频率计测量发射机的发射频率，其测量值与指定载波频率之间差值的绝对值，即为发射机的频率容限，见式（14）。

$$\Delta F = |f - F_o| \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- ΔF —— 频率容限；
- f —— 频率测量值；
- F_o —— 指定载波频率。

5.9 杂散发射

5.9.1 测量框图

见图8。

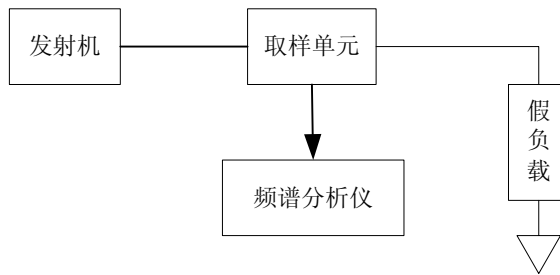


图8 杂散发射测量框图

5.9.2 测量步骤

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，以载波信号电平为基准电平0dB, 测量各杂散分量与载波相比所衰减的分贝数。

如果采用电容耦合取样，应对各次谐波的测量值进行修正，见表2。

表2 各次谐波修正值表

谐波	修正值	谐波	修正值
二次	-6.0dB	六次	-15.6dB
三次	-9.5dB	七次	-16.9dB
四次	-12.0dB	八次	-18.1dB
五次	-14.0dB	九次	-19.1dB

5.10 开关频率杂散发射

5.10.1 测量框图

见图8。

5.10.2 测量步骤

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，以载波信号电平为基准电平0dB, 测量与开关频率相关的杂散发射。

5.11 整机效率

5.11.1 输入功率测量

5.11.1.1 电力分析仪测量法

5.11.1.1.1 测量框图

见图9。

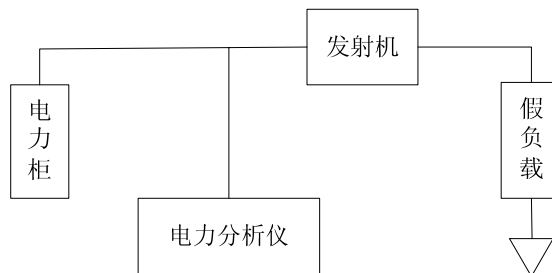


图9 电力分析仪测量框图

5.11.1.1.2 测量步骤

根据图9进行测量线路的连接，开启发射机，用电力分析仪测量出输入功率。

注：本方法适用于功率较小，380V供电的发射机。

5.11.1.2 其他方法测量

5.11.1.2.1 测量框图

见图10。

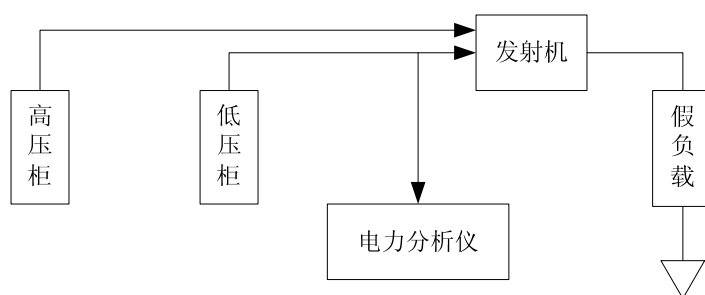


图10 其他方法测量框图

5.11.1.2.2 测量步骤

发射机采用高压输入或输入功率超出电力分析仪量程后，用电力分析仪测量380V低压输入功率，利用配电柜电度表或功率表测量高压输入功率，按式（15）计算出发射机的输入功率。

$$P_i = P_l + P_h \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

P_i —— 发射机的输入功率 (kW) ；

P_l —— 低压输入功率 (kW) ；

P_h —— 高压输入功率 (kW) 。

5.11.2 整机效率计算

按5.6和5.11.1的方法同时测量出发射机的输出功率和输入功率（包括10kV高压、380V低压），按2.11中式（5）计算出整机效率。

5.12 正峰调制能力

5.12.1 测量框图

见图3。

5.12.2 测量步骤

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定输出功率，用1000Hz三角波信号对发射机进行调制，逐渐增加调制信号的电平，观察示波器上已调波的波形，在调幅正峰出现平头之前测量出的调幅度即为发射机的正峰调制能力。

6 高频放大器稳定性检查

6.1 断激励性能

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，用1000Hz正弦信号对发射机进行调制，调幅度为100%，然后断开高频激励，发射机应自动掉高压，并显示无激励故障。

6.2 封锁性能

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，用1000Hz正弦信号对发射机进行调制，调幅度为100%，人为瞬间封锁高频激励3~5次，发射机应无掉高压、打火、过荷等现象。

6.3 限制性能

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，将发射机的调幅度起限点设置为95%，用1000Hz正弦信号、信号电平在95%调幅度的基础上再增加6dB送入发射机瞬间冲击3~5次，发射机应无任何异常现象。

6.4 过调幅性能

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，去掉发射机的调幅度限制性能，用1000Hz正弦信号对发射机进行调制，使调幅度在短暂时间内达到115%，冲击3~5次，发射机应无任何异常现象。

6.5 过负荷恢复性能

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，用 1000Hz 正弦信号对发射机进行调制，调幅度为 100%，人为使与大型电子管有关的过荷装置动作 3 次，发射机显示相应的故障信息并进行相应的保护。

6.6 高频放大器负阻特性

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，缓慢变动高频激励器的输出激励信号电平，从正常值到 0，再从 0 到正常值，反复 3 次，发射机各电流表值应随着激励电平的变化而相应变化。本检查仅适用于短波发射机。

7 稳定性、可靠性试验

7.1 最大调幅度

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，正弦波调幅信号在 3.1.2 规定的频率范围内，均能使发射机的调幅度达到 100%。

7.2 长时间最大调幅度

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，用 1000Hz 正弦信号对发射机进行调制，调幅度为 100%，持续 10min~15min，发射机应无任何异常现象。

7.3 连续 24 小时负荷

开启发射机，调整发射机的输出功率到额定值，输入音乐节目信号进行试验播音（在假负载或天线上均可；调幅度要求：在 1min 测量时间内，至少有 3 次达到 100%，半数时间（30s）以上高于 70%），指定一个或多个不同的频率，连续工作 24h，发射机应能满足规定的各项技术、经济指标。在 24h 连续运行过程中，单次停播时间不能超过 15min、总计停播时间不能超过 30min（换频时间除外，换频时间 < 3 min），发射机出现异常时人工干预不能超过 6 次/24h，并且在 24h 负荷中不能损坏大型元器件。

参考文献

- [1] GB 2017-1980 中波广播网覆盖技术
 - [2] GB/T 9376-1988 中波和短波调幅广播发射机基本参数
 - [3] GB/T 9377-1988 中波和短波广播发射机测量方法
 - [4] GY/T 210-2005 中、短波调幅广播质量开路监测技术规程
 - [5] ITU-R BS Series
 - [6] 张学田主编.《广播电视技术手册》第6分册.北京:国防工业出版社,2000
-

中 华 人 民 共 和 国
广 播 电 影 电 视 行 业 标 准
中、短波调幅广播发射机
技术要求和测量方法

GY/T 225 - 2007

*

国家广播电影电视总局广播电视规划院出版发行

责任编辑：王佳梅

查询网址：www.abp.gov.cn/广电标委会

北京复兴门外大街二号

联系电话：(010) 86093424 86092923

邮政编码：100866

版权专有 不得翻印