

ICS 534.61.621.396
M 04



中华人民共和国国家标准

GB/T 15658—1995

城市无线电噪声测量方法

Methods of measurement for urban radio noise

1997-08-18 发布

1998-05-01 实施

国家技术监督局 发布

1 主题内容与适用范围

本标准规定了城市无线电噪声场强的地面测量方法及数据处理方法。
本标准适用于 0.15~1 000 MHz 无线电业务的保护。

2 引用标准

- GB/T 4365 电磁兼容术语
- GB 6113 电磁干扰测量仪

3 术语

本标准术语除符合 GB/T 4365 规定外,还应符合下列规定。

3.1 城市无线电噪声 urban radio noise

在城市市区或郊区主要由于各种人为干扰源产生的并以辐射形式传播的综合无线电噪声。

3.2 80%场强值 80% field strength value

在测量时间 T 内,有 80%的时间无线电噪声不超过某一给定值 E_1 的场强值,见图 1。

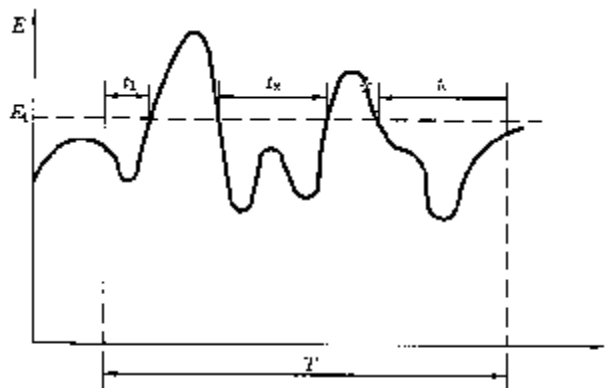


图 1 80%场强值示意图

E_1 的取值应满足式(1):

$$\frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{T} = 0.8 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: t_1, t_2, \dots, t_n ——测量时间内无线电噪声场强值不超过 E_1 的时间, s;
 T ——测量时间, s。

同理可定义 50%场强值或 95%场强值。

4 表征无线电噪声场强的参数

4.1 等效天线噪声系数

本标准采用等效天线噪声系数表征城市无线电噪声场强。

$$F_a = 10\lg\left(\frac{p_n}{k t_o b_m}\right) \dots\dots\dots(2)$$

式中： F_a ——等效天线噪声系数，dB；

p_n ——带宽 b_m 条件下，从一等效无耗天线可得到的噪声功率，W；

k ——波尔兹曼常数， $k=1.38\times 10^{-23}\text{J/K}$ ；

t_o ——参考温度，K，通常可取 288K (15℃)；

b_m ——干扰测量仪等效噪声功率带宽，Hz；可按附录 B 的方法确定。

$$b_m = \left(\frac{1}{A_m}\right)^2 \int_b^{\infty} A^2(f)df \dots\dots\dots(3)$$

式中： A_m —— $A(f)$ 的最大值；

$A(f)$ ——干扰测量仪检波器前的传输特性，与 A_m 取相同单位；

f ——频率，Hz。

4.2 等效天线噪声系数与均方根值电压的关系

$$F_a = V_{rms} + K_a - 10\lg b_m - 20\lg f + 95.5 \dots\dots\dots(4)$$

式中： V_{rms} ——干扰测量仪输入端均方根值电平，dB(μV)；

f ——频率，MHz；

K_a ——总天线校正系数，dB。 K_a 的值可由下式计算：

$$K_a = K'_a + L_c + L_i$$

式中： K'_a ——天线校正系数，dB；

L_c ——天线馈线损耗，dB；

L_i ——天线插入损耗，包括阻抗失配误差等，dB。

当天线与接收机为配套产品时， L_c 与 L_i 均包括在总天线校正系数 K_a 内，即 $K_a = K'_a$ ；非配套产品时， L_c 按两端口网络测量， L_i 根据天线以及接收机的输入端电压驻波比近似估算，可按附录 C 的方法确定。

5 等效天线噪声系数的测量

5.1 具有均方根值检波功能的测量接收机

可由该仪表读出的 V_{rms} 应用式 (4) 求得等效天线噪声系数。仪器指标应符合 GB 6113 均方根值测量接收机的相应要求，并应有与均方根值测量结果成线性关系的记录仪输出端口。

5.2 不具有均方根值检波功能的测量接收机

可借助一真有效值电压表进行测量，按图 2 方法测得 V_{rms} ，再由式 (4) 求得等效天线噪声系数。

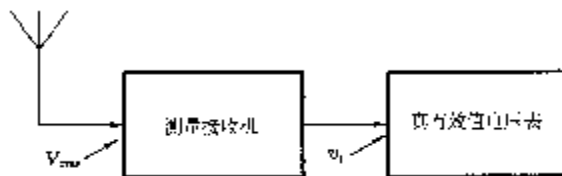


图 2 V_{rms} 的测量

5.2.1 仪表要求

测量接收机应具有中频输出端子，输出的中频频率为 f_i ，输出的中频信号带宽可由接收机面板控

制,其电平应能推动真有效值电压表。测量接收机亦可由带有射频预选器的频谱仪替代。

真有效值电压表为直读式,宽带,它对任何波形的信号都能指示其真正有效值。其工作频率的高端应不低于测量接收机等效噪声功率带宽的一半与其中频频率之和,并应有与该表读数成线性关系的记录仪输出端口。对该表的过载特性与时间常数的要求应符合组成的均方根值测量接收机的脉冲特性要求。

5.2.2 接线

将具有校正系数的天线接于测量接收机输入端,其中频输出用同轴电缆接至真有效值电压表输入端。选择真有效值电压表的量程,使中频信号不被本机噪声所淹没。

按图 2 构成的仪器的总体指标,应符合 GB6113 对均方根值测量接收机的要求。

5.2.3 定标

5.2.3.1 将一具有分贝刻度的高频信号发生器的输出等幅信号接于测量接收机输入端,测量接收机高频衰减器置于 10dB(A_{or}),中频衰减器足够大(A_{oi}),无信号时真有效值电压表不出现测量接收机的本机噪声。此时衰减器读数为 A_o , A_o 为 A_{or} 与 A_{oi} 之和。定标过程中保持不变。

5.2.3.2 将高频信号发生器输出电平从零开始增加,相应地改变真有效值电压表的量程。该表电压读数为 v_i ,应观察到 $20\lg v_i$ 与干扰测量仪输入端均方根值电平 V_{rms} 呈线性关系。同时,用测量接收机的准峰值检波表进行监视,当增加 V_{rms} 直至准峰值表头满度时为止。此时的数值分别为 V_{rms1} 及 v_{i1} 。

5.2.3.3 自 V_{rms1} 值开始递减信号发生器的输出,并读出相应的 v_i ,直到受真有效值电压表本机噪声限制为止。可做出 V_{rms} 与 $20\lg v_i$ 的曲线,或以函数形式表示。根据此曲线,读出 v_i 即可知 V_{rms} 。至此定标完毕。定标后,测量等效天线噪声系数时,对测量接收机的检波方式不再提出要求。

5.2.3.4 经过这样定标的均方根值接收机, v_{i1} 以下为真有效值电压表的可读数范围。

由于受过载的限制,经定标后的均方根值接收机,允许测量的最低脉冲重复频率,由式(5)计算

$$f_{PR_{min}} = b_m / \left(\frac{10^{O_L/20}}{1.27} \right)^2 \dots\dots\dots(5)$$

式中: $f_{PR_{min}}$ ——允许测量的最低脉冲重复频率,Hz;
 O_L ——测量接收机的检波器前过载系数,dB。

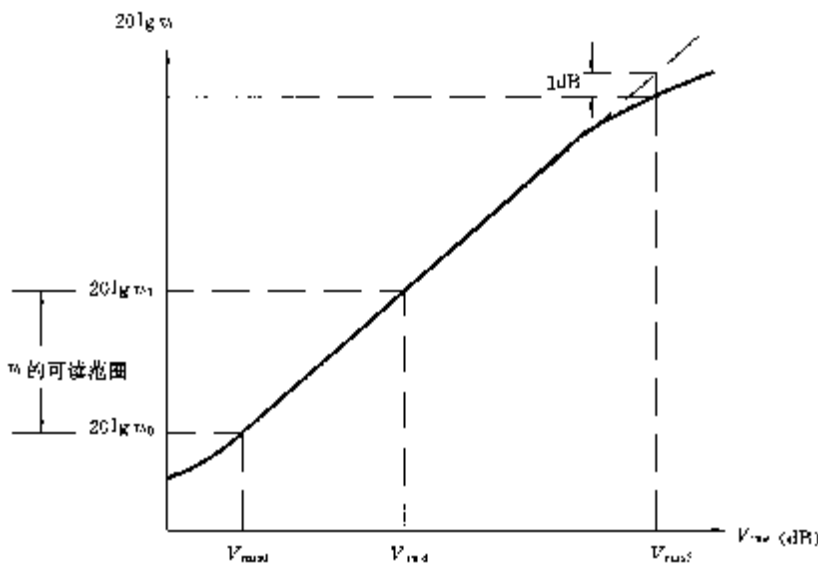


图 3 v_i 与 V_{rms} 的关系示意图

5.3 预放大器

当无线电噪声场强较弱时,可在测量接收机输入端加接预放大器。预放大器的本机噪声、增益、动态范围均视为测量接收机的一部分处理。预放大器引起的互调产物的电平应低于被测无线电噪声电平 6 dB。预放大器的噪声系数应优于 6 dB;有困难时,可以放宽,此时放弃一部分低噪声地区的测量。

5.4 测量接收机本机噪声的剔除

测量时如接收机的本机噪声超过被测无线电噪声-6 dB时,应按式(6)从被测值中消除本机噪声的影响。

$$v_{\text{rmsi}} = \sqrt{(v_{\text{rmsi}\Sigma})^2 - (v_{\text{rmsin}})^2} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中: v_{rmsi} ——剔除本机噪声的无线电噪声测量值, μV ;

$v_{\text{rmsi}\Sigma}$ ——包括本机噪声在内的无线电噪声测量值, μV ;

v_{rmsin} ——无输入时,本机噪声的测量值, μV 。 $v_{\text{rmsi}\Sigma}$ 及 v_{rmsin} 的值可由下式算出:

$$v_{\text{rmsi}\Sigma} = 10^{V_{\text{rmsi}\Sigma}}/20$$

$$v_{\text{rmsin}} = 10^{V_{\text{rmsin}}}/20$$

式中: $V_{\text{rmsi}\Sigma}$, V_{rmsin} ——当按 5.1 方法测量时,仪表的读出值;当按 5.2 条方法测量时,用图 2 定标后,由 v_{ii} 求出的值, dB。

最后测量结果为:

$$V_{\text{rmsi}} = 20 \lg v_{\text{rmsi}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中: V_{rmsi} ——剔除本机噪声的无线电噪声测量值, dB(μV)。

5.5 测量天线

5.5.1 0.15~30 MHz 使用 1 m 垂直振子天线测量垂直电场强度。固定点测量时,应保证天线接地电极的良好接地,带有地网的垂直振子可直接置于地面;其余类型天线振子低端距地面高 1 m。移动测量时,天线置于车顶。

5.5.2 30~1 000 MHz 使用水平面无方向性的垂直极化天线测量垂直电场强度。无论车载或固定,天线中心距地面高度 3.0 ± 0.5 m。

在环境场强很弱的条件下,在 30~1 000 MHz 频段,固定点测量时允许使用水平面有指向性的垂直极化振子天线,例如对数周期天线。此时天线指向干扰最强方向。

5.5.3 天线不得置于建筑物上。

5.6 测量频率

5.6.1 点频测量: 0.50, 5.0, 45, 150, 450, 800, 900 MHz, 允许偏差 $\pm 10\%$ 。应避开广播、电视、通信等强发射频率。

5.6.2 必要时,针对具体干扰源的主辐射频率或其谐波频率进行测量。

5.6.3 当环境噪声电平变化不超过 12 dB 左右时,可进行宽频带扫描测量。此时只有在采用最大值保持功能,并多次重复扫描,才能获得正确的结果。

5.7 测量结果的记录

允许应用下列记录方法之一进行测量结果的记录。对每一频率,每一地点有效测量时间不少于 8 min。

无论用那种记录方式,必须确认记录设备的机械与电气部件对测量系统不形成辐射的或传导的电磁干扰。

5.7.1 笔记录仪记录

将 Y-T 笔记录仪接于均方根值测量接收机或真有效值电压表的记录仪输出端进行定标,然后记录。笔的全行程时间不大于 0.5 s,纸速不低于每分钟 120 mm。数据处理时,每秒读取数据不少于 2 个。

5.7.2 磁带记录仪记录

将数字磁带记录仪或模拟磁带记录仪接在均方根值测量接收机或真有效值电压表的记录仪输出端进行定标,然后记录。记录仪通带不窄于0~50 Hz,记录仪本机噪声低于最小记录信号10 dB。数据处理时每秒读取数据2~10个,量化时用不低于8位的A/D变换器。

5.7.3 微型计算机磁盘存贮

将微型计算机的A/D变换器输入端接在均方根值测量接收机或真有效值电压表的记录仪输出端进行定标,然后记录。被记录信号直接读入微机。A/D变换器位数不低于8位,每秒读取数据2~10个。

5.7.4 扫描测量

当扫描测量时,可用5.7.2条或5.7.3条的方法进行记录。但必须用另一信道同时记录与频率或频率的对数成正比的电压,并进行定标。当用5.7.1条方法时,记录仪工作于X-Y方式,X轴为频率轴。

5.8 测量仪表电源供给

5.8.1 直流供电

可用仪器本身的电池组或外部电池供电。不允许使用车辆本身的蓄电池为仪器供电。用外部蓄电池供电时,应注意电源的接仪器机壳的一极的极性,防止短路。蓄电池任何一极都不允许与车辆外壳搭接。

5.8.2 交流市电供电

当使用交流市电为固定点测量提供仪器电源时,电源线应包括安全地、零线及相线共三根,并按有关国家标准使用插座。额定电压220 V±10%。电源线应从仪器接天线电缆的另一侧接至仪器,并确认交流电源的干扰不增加仪器本机噪声。

5.8.3 汽油发电机供电

当使用小型汽油发电机为仪器供电时,汽油机应有无线电干扰抑制措施。电源输出端应先接以滤波器再接仪器。固定点测量时,汽油发电机距仪器与天线的距离应大于20 m。不允许电源线通过天线下方。并确认,汽油发电机的干扰不增加仪器的背景噪声。

6 选点与数据处理

按环境普查、环境重点调查及干扰源重点调查三类分别规定。

6.1 环境无线电噪声普查

目的是收集城市综合无线电噪声场强作为控制整体噪声的基础数据,并可作为该城市的技术档案。普查的数据按功能区进行处理。

6.1.1 功能区的划分

应按各城市环境保护部门划分的物理噪声功能区为准,划分为工业区、商业区、居住区和郊区四类。

6.1.2 选点

将城市划分为0.5 km×0.5 km或1 km×1 km的方格。方格的划分位置应与国家测绘部门1:50 000地图相一致。方格中心为测量点。当在测量点上不能进行测量工作时,允许偏差方格边长的±25%或该点不测。

6.1.3 数据处理

6.1.3.1 每个测点、每个频率按5.7条的取样率进行取样。计算其50%、80%、95%场强值,瞬时最大值、最小值、子样标准差。

6.1.3.2 对某个功能区,将各个频率,各个测点的50%场强值,统一进行线性回归,求得该城市这一类型功能区的50%场强值的频率特性。同理可求80%及95%场强值的频率特性。进行此种计算时频率值应取对数。

6.2 环境无线电噪声重点调查

针对某一个保护对象或某一保护地域,研究其周围的无线电噪声环境。此类测量不再划分功能区。测量频率可按5.6条的规定,也可根据需要只测量某些特定频率。

6.2.1 选点

6.2.1.1 对某一保护对象,在其四周东、西、南、北四个方向上设点,各点距该保护对象的边界外的距离应为 30 ± 10 m。

6.2.1.2 对某一保护地域,指该地域面积大于 $0.5\text{ km}\times 0.5\text{ km}$ 的情况。在该地域内每 $0.5\text{ km}\times 0.5\text{ km}$ 选一点,地域边界外 30 ± 10 m 的东、西、南、北方向各选一点。

6.2.2 数据处理

按照 6.1.3 条进行。当测量频点少于 4 个时,不统计频率特性。

6.3 干扰源重点调查研究某个重点干扰源对城市无线电噪声的影响,以便采取相应措施进行控制。

6.3.1 对高压架空送电线、变电站、电气化铁路、内燃机点火系统以及工业、科学、医疗射频设备等重点干扰源,按有关国家标准执行。

6.3.2 对交通干线的无线电辐射噪声的测量,按本条方法进行。

6.3.2.1 选点

测量点选在交通干线、距最外侧一条机动车道中心线外 10 m 处。如该点不能架设天线,允许变化 ± 5 m。选点时应考虑到高架桥与高架线路的测量。测量点应避开有源或无源干扰(例如高压架空送电线、电气化铁路、高大建筑等)。

6.3.2.2 数据处理

每个频率按 5.7 条的取样率进行取样,计算 50%、80%、95%场强值,瞬时最大值、最小值、子样标准差。

将各个频率的 50%场强值进行线性回归,求得该交通干线的 50%场强的频率特性。进行此种计算时,频率值取对数。按同理求出 80%、95%场强值的频率特性。

7 测量时间

7.1 对于环境无线电噪声普查,测量时间选在当地时间 7:30~12:00 以及 13:30~18:00 范围内,在此时间以外进行测量时应对时间引起的电平差进行修正。

7.2 对于环境无线电噪声重点调查,除按 7.1 条进行之外,并应根据被保护对象的要求选定测量时间。

7.3 对于干扰源重点调查,应根据其工作时间确定测量时间。对于交通干线,应分别选在其繁忙时间及非繁忙时间进行,并注明测量时间,相距 2 h 以上的测量数据,不得统一进行数据处理。

7.4 根据需要可进行 24 h 监测。除重点调查外,推荐只使用 45 MHz 频率。每小时有效记录时间 8 min。在电平变化较快的时间(例如:工业区的换班时间,商业区的营业开始与结束时间,交通干线的凌晨及午夜公共车辆出车、收车时间,上班后及下班前的交通繁忙时间等)前后,需要 0.5 h 记录一次。

根据 24 h 监测数据绘制全天的 50%或 80%、95%场强值及标准差曲线,各电平点之间用直线连接。

附录 A

城市无线电噪声测量报告大纲

(参考件)

A1 背景资料

根据实际可能,将下列背景资料编入报告。

A1.1 环境无线电噪声普查

A1.1.1 工业区:该区的工业性质(如钢铁、化工、机械制造、铁路枢纽等)、用电量、上下班制度等。

A1.1.2 商业区:该区的营业时间、用电量、平均商店密度、是否允许机动车通行等。

A1.1.3 居住区:该区的用电量、平均居住密度(户/km²)或平均人口密度(人/km²)等。

A1.1.4 郊区:在该区有无孤立的大型工厂、科研单位等。

A1.2 环境无线电噪声重点调查

距重点保护对象边界 500 m 范围内的各种干扰源;保护对象(或单位)是否与其他干扰源共用配电变压器、共用低压配电线路等。

A1.3 干扰源重点调查

干扰源性质、类型、台数、位置、耗电、工作时间等。

对交通干线需记录双方向的车道数目,按全天交通的繁忙程度统计每小时通过的汽车辆数。

A2 测量系统组成的说明以及测量仪表、天线、微型计算机等硬件的型号、厂家、联接框图、面板设置等

A3 计算机应用软件的说明以及流程图

A4 测量实施细则

包括功能区划分、测量点位置、测量时间、测量内容等。

A5 统计处理结果

即 6.1.3 条,6.2.3 条或 6.3.2.2 条的数据。

A6 讨论与分析

A7 结论与建议

A8 参考资料

附录 B

等效噪声功率带宽的确定

(参考件)

B1 测量接收机等效噪声功率带宽的测定

B1.1 测量接收机做如下设置:通带设置于欲测带宽上;设置一定数值的高频及中频衰减器以保证本

机噪声不反应在仪器输出示值上,并保证仪器工作于线性范围;检波方式任意,在测量过程中保持不变;工作频率任意,保持不变;输出指示用线性,不可用分贝指示。

B1.2 将一频率稳定,分辨率足够高的等幅高频信号发生器接于测量接收机的输入端,频率调整至测量接收机工作频率上。调节输出电平,使测量接收机的输出指示为满度的 90%,记下此时的电压幅度为 A_m 。

B1.3 将信号发生器的频率左右偏调,并随时记下不同频率时的输出指示值,可得到一批 $A(f)$ 与 f 的关系数据。

B1.4 将各 $A(f)$ 平方,并画在方格坐标纸上,可得到 $A^2(f)$ 对频率的曲线如图 B1 所示。

B1.5 求 $A^2(f)$ 曲线下的面积 S_A , 则

$$b_m = \frac{S_A}{A_m^2} \dots\dots\dots(B1)$$

显然式(B1)是符合式(3)的定义的。

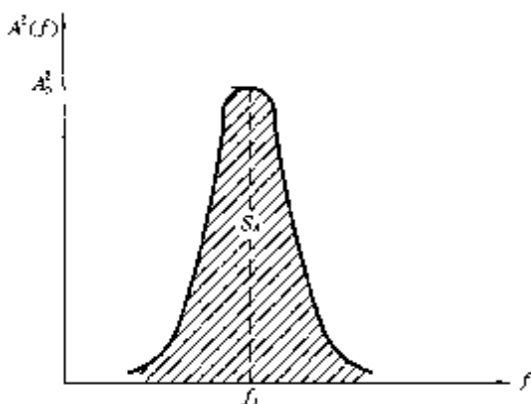


图 B1 $A^2(f)$ 曲线下的面积

B2 频谱仪等效噪声功率带宽的测定

B2.1 频谱仪做如下设置:分辨率带宽设置于欲测值上,设置 10 dB 的高频衰减器以便保护其混频器;扫描宽度设置为零;中心频率设置任意,并保持不变;屏幕坐标用线性,不可用分贝显示。

B2.2 将一频率稳定,分辨率足够高的等幅信号发生器接于频谱仪的输入端,频率调整至频谱仪中心频率上。调节输出电平,使频谱仪屏幕显示的一条横线位于屏幕的 90%位置,记下此时的电压幅度为 A_m 。或功率 P_m 。

B2.3 若频谱仪的显示为电压,则重复 B1.3 条至 B1.5 条,并用式(B1)求 b_m 值。

B2.4 若频谱仪的显示为功率,则求出 $p(f)$ 随频率变化的曲线下的面积 S_P ,并由式(B2)求 b_m 。

$$b_m = \frac{S_P}{P_m} \dots\dots\dots(B2)$$

式中: P_m —— $p(f)$ 的最大值。

B3 等效噪声功率带宽的近似确定方法

B3.1 对于临界耦合的双调谐回路

$$b_m = 1.037 b_3 = 0.831 2 b_6 \dots\dots\dots(B3)$$

式中: b_3 ——3 dB 带宽;
 b_6 ——6 dB 带宽。

所以当已知测量接收机选择性曲线接近临界耦合双调谐回路时,只需测定其 b_3 或 b_6 ,而不必测出整个 $A(f)$ 。

B3.2 对于大多数频谱分析仪

$$b_m = 1.2 b_r \dots\dots\dots(B4)$$

式中: b_r ——频谱仪的分辨率带宽,可从频谱仪面板设置上读出。

附 录 C
阻抗失配误差的估算
(参考件)

C1 失配误差的计算

天线作为信号源,通过馈线接至接收机输入端。当天线与馈线以及馈线与接收机输入阻抗失配时,接收机端口电压将不同于完全匹配时的端口电压,从而引入失配误差。失配时接收机端口电压为:

$$v_{in} = v_o \frac{1 + \Gamma_r [\cos(\alpha l) - j \sin(\alpha l)]}{1 - \Gamma_r \Gamma_a [\cos(2\alpha l) - j \sin(2\alpha l)]} \dots\dots\dots(C1)$$

- 式中: v_{in} ——失配时接收机端口矢量电压, μV ;
- v_o ——完全匹配时接收机端口矢量电压, μV ;
- Γ_r ——接收机端口反射系数, 矢量;
- Γ_a ——天线端口反射系数, 矢量;
- l ——馈线电缆长度, m ;
- α ——相位常数, rad 。 α 的值由下式计算:

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda}$$

- 式中: λ ——工作波长, m ;
- 则失配误差为:

$$\delta = 20 \lg \left| \frac{v_{in}}{v_o} \right| \dots\dots\dots(C2)$$

- 式中: δ ——失配误差, dB 。
- 实际上,失配误差可为正值或负值。

C2 失配误差的估算

按式(C2)计算失配误差比较繁琐,有时反射系数的复量为未知,更增加了计算困难。从工程要求出发,可进行近似计算。当所关心的是误差的最大范围时,式(C1)可写为:

$$|v_{in}|_{max} = |v_o| \frac{1 + |\Gamma_r|}{1 - |\Gamma_r| |\Gamma_a|} \dots\dots\dots(C3)$$

$$|v_{in}|_{min} = |v_o| \frac{1 - |\Gamma_r|}{1 - |\Gamma_r| |\Gamma_a|} \dots\dots\dots(C4)$$

则式(C2)可写为:

$$\delta_{max} = 20 \lg \frac{1 + |\Gamma_r|}{1 - |\Gamma_r| |\Gamma_a|} \dots\dots\dots(C5)$$

$$\delta_{min} = 20 \lg \frac{1 - |\Gamma_r|}{1 - |\Gamma_r| |\Gamma_a|} \dots\dots\dots(C6)$$

$$|\Gamma_r| = \frac{\rho_r - 1}{\rho_r + 1} \dots\dots\dots(C7)$$

$$|\Gamma_a| = \frac{\rho_a - 1}{\rho_a + 1} \dots\dots\dots(C8)$$

式中： ρ_r ——接收机端口电压驻波比，模量；

ρ_a ——天线端口电压驻波比，模量。

附加说明：

本标准由国家无线电管理委员会提出。

本标准由国家无线电管理委员会归口。

本标准由北方交通大学负责起草。

本标准主要起草人张林昌、王凤兰。

本标准编制组成员：张林昌、王凤兰、谢远生、张桂英、高玉田、岳芝维、姜春荣、陈霞生。