

SJ

中华人民共和国电子行业军用标准

FL 6625

SJ 20551—95

高频干扰场强测试仪
测试方法

Test methods for high frequency
interference field tester

1996-06-14 发布

1996-10-01 实施

中华人民共和国电子工业部 批准

中华人民共和国电子行业军用标准

高频干扰场强测试仪测试方法

SJ 20551-95

Test methods for high frequency
interference field tester

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了军用高频干扰场强测试仪主要性能特性的测试方法。

1.2 适用范围

本标准适用于 SJ 20550-95 规定的军用高频干扰场强测试仪(以下简称干扰场强测试仪)。

2 引用文件

GB 6592-86 电子测量仪器误差的一般规定
SJ 20550-95 高频干扰场强测试仪通用规范

3 定义

本标准中所用定义应符合 SJ 20550 中 6.2 条规定。

4 一般要求

4.1 测试条件

测试应在 SJ 20550 中 4.4 条规定的条件下进行。

4.2 测试仪表和标准设备

4.2.1 测试所需的仪表、设备,应符合 GB 6592 的规定和详细规范中的规定。

4.2.2 测试仪表及标准设备均应具有计量单位的合格证明书和有效期保证书;自制仪表和设备必须经过鉴定批准后才能使用。

4.3 操作人员

操作人员应有一定的使用该仪器的操作经验,了解该仪器的基本性能。

4.4 记录和试验报告

4.4.1 记录

各项测试过程中,必须记录与试验有关的原始资料,主要包括:

a. 标准设备的名称、编号;

中华人民共和国电子工业部 1996-06-14 发布

1996-10-01 实施

- b. 测试中的测试数据；
- c. 测试过程中的工作、故障和维修情况；
- d. 操作、记录人员姓名。

4.4.2 测试报告

测试报告应包括下列内容：

- a. 测试的依据、时间、地点、项目及实施过程；
- b. 受试干扰场强测试仪的技术状态及所用仪表和标准设备的准确度；
- c. 测试结果及结论。

5 详细要求

本标准所规定的各项主要性能特性测试方法均在下面分别列出。

方法 101 频率范围及其误差

1 目的

测量受试干扰场强测试仪的频率范围及其误差。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.1 条规定的频率范围要求。

3 测试程序

3.1 测试框图

见图 1。

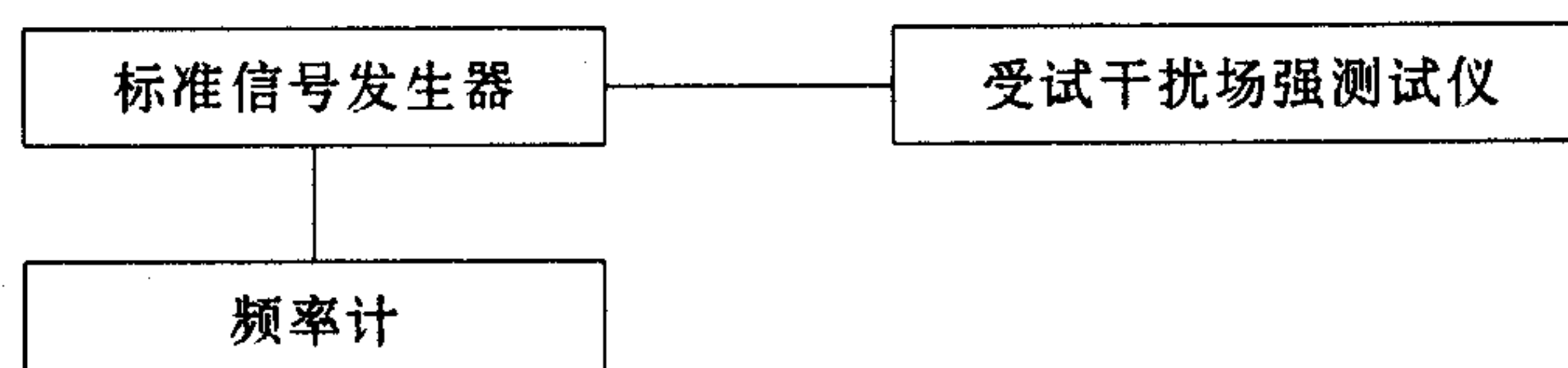


图 1

3.2 测试步骤

3.2.1 将受试干扰场强测试仪处于标准工作状态，分别在每一波段频率的最低端和最高端输入等幅正弦波信号，调节信号发生器的频率使受试干扰场强测试仪输出指示最大。

3.2.2 分别测出各波段的最低端、最高端的标准信号发生器频率，即为被试干扰场强测试仪的各波段频率范围，其中最低波段的最低端到最高端波段的最高端的频率即为受试干扰场强测试仪的频率范围。

3.2.3 标准信号发生器输出频率为 f_x 的预置信号给受试干扰场强测试仪，读出受试干扰场强测试仪的实际指示值 f_o ，该点的频率误差即为：

$$\Delta = \frac{f_x - f_o}{f_o} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中： Δ ——频率精度

f_x ——预置精度, kHz;

f_0 ——实测频率, kHz。

方法 102 选择性测试

1 目的

测试受试干扰场强测试仪的选择性试验。

2 要求

应符合 SJ 20551 中 3.14.2 规定的频率选择性要求。

3 测试程序

3.1 测试框图

见图 2。

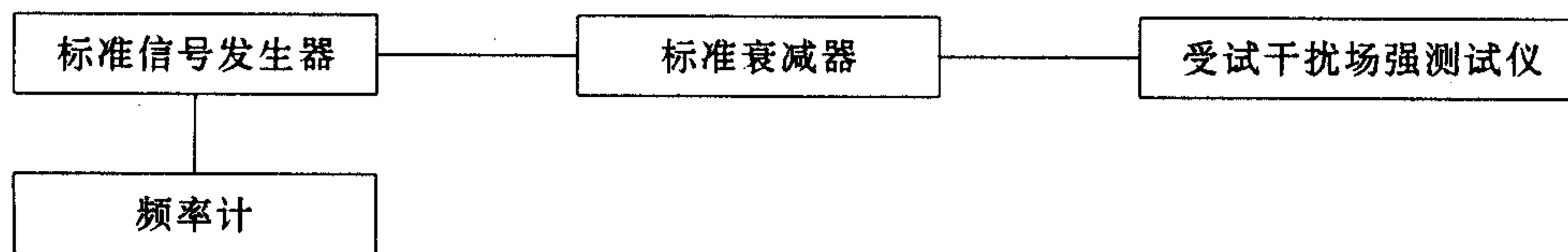


图 2

3.2 测试步骤

3.2.1 6dB带宽(或其他带宽)的测试

3.2.1.1 将受试干扰场强测试仪的频率指示调至预置值 f_0 处(测试频率点),并使仪器处于标准工作状态,调至信号发生器的频率使受试干扰场强测试仪输出指示最大;调节标准信号发生器的输出使受试干扰场强测试仪的输出指示为某一合适的值 U_0 (例如指针式的表头,使表针指示到刻度的中心值)。

3.2.1.2 调节标准衰减器,使其衰减量减少 6dB(或其他预置带宽),增加标准信号发生器的频率,使受试干扰场强测试仪的输出指示回复到 U_0 值,用频率计读出标准信号发生器比 f_0 高的频率 f_1 和比 f_0 低的频率 f_2 ,受试干扰场强测试仪的 6dB 带宽。即为:

$$B = f_1 - f_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中: B ——干扰场强测试仪的 6dB 带宽, kHz;

f_1 ——6dB 带宽的高端频率, kHz;

f_2 ——6dB 带宽的低端频率, kHz。

3.2.2 其他带宽的测试

可用 3.2.1 的方法测试。

3.2.3 中频抑制比的测试

按 3.2.1.1 调好后,调节标准信号发生器的频率使其与受试干扰场强测试仪的实际中频频率相一致,减小标准衰减器衰减量,使受试干扰场强测试仪的输出指示回复到 U_0 ,标准衰减器减少的衰减量,即为中频抑制比, dB。

3.2.4 镜频抑制比和其他假响应的测试

用 3.2.3 的同样方法测试。

方法 103 互调效应的抑制测试

1 目的

测试受试干扰场强测试仪互调效应的抑制。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.3 条规定的互调效应的抑制要求

3 测试程序

3.1 测试框图

见图 3。

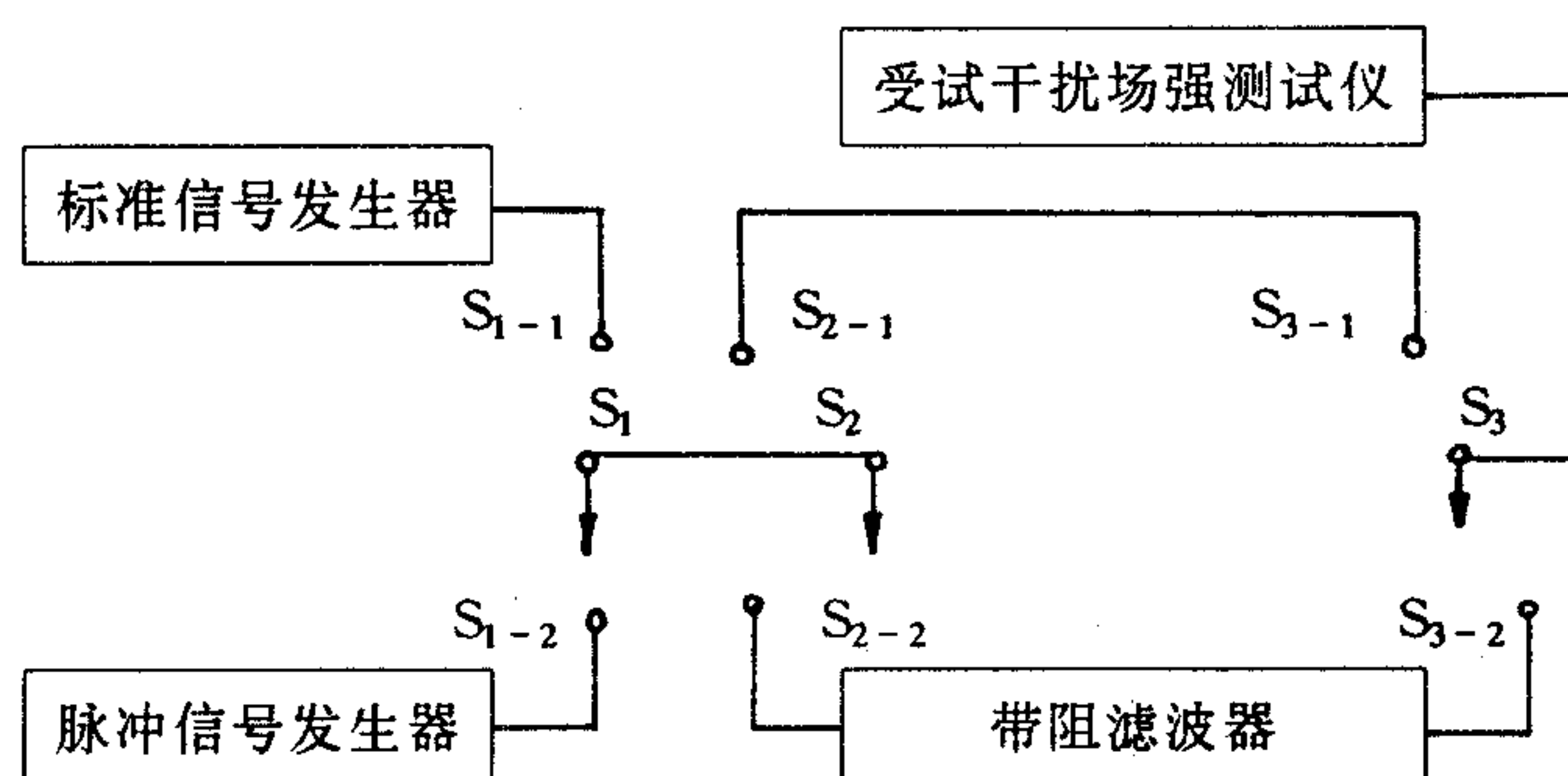


图 3

3.2 测试步骤

3.2.1 按 3.1 测试框图, 将开关 S_1 、 S_2 、 S_3 置于 S_1-1 、 S_2-1 、 S_3-1 位置, 由标准信号发生器输出 $60\text{dB}\mu\text{V}$ 的正弦信号, 校准受试干扰场强测试仪。

3.2.2 检查带阻滤波器的特性, 将开关 S_1 、 S_2 、 S_3 分别置于 S_1-1 、 S_2-2 、 S_3-2 位置, 带阻滤波器的中心频率与标准信号发生器的频率相同, 受试干扰场强测试仪的指示至少衰减 40dB 。

3.2.3 标准脉冲信号发生器的输出, 将开关 S_1 、 S_2 、 S_3 分别置于 S_1-2 、 S_2-1 、 S_3-1 位置, 调节脉冲信号发生器输出脉冲的幅度, 使受试干扰场强测试仪的指示在 60dB 处。

3.2.4 将开关 S_1 、 S_2 、 S_3 分别置于 S_1-2 、 S_2-2 、 S_3-2 位置, 记录受试干扰场强测试仪比 3.2.3 条指示小的数值, dB 。

方法 104

机内随机噪声和寄生信号的测试

1 目的

测试受试干扰场强测试仪的机内随机噪声和寄生信号的抑制。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.4 条规定的机内随机噪声和寄生信号的抑制要求。

3 测试程序

3.1 测试框图

见图 4。

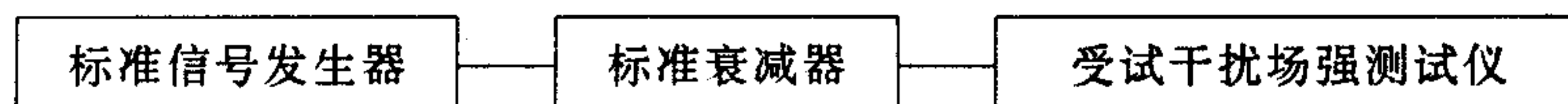


图 4

3.2 测试步骤

3.2.1 机内随机噪声测试

将受试干扰场强测试仪工作在最小可测位置,通过标准信号发生器送入与受试干扰场强测试仪调谐的信号,使受试干扰场强测试仪的输出指示为 U_0 ,然后将受试干扰场强测试仪的中频衰减器增加 10dB 的衰减并同时改变标准衰减器的衰减量,使受试干扰场强测试仪的输出指示仍为 U_0 ,标准衰减器的衰减量应在 10~11dB 之间。

3.2.2 寄生信号的测试

将受试干扰场强测试仪工作在最小可测位置,当输入端不接入信号时,调节增益使输出指示在适当位置。缓慢调节受试干扰场强测试仪的频率,其输出指示的噪声电平不应有大的起伏,如存在较大的起伏点,则应按 3.2.1 的方法检查该点的灵敏度以及引入的电压测量误差不得大于 1dB。

方法 105

屏蔽效果的测试

1 目的

测试受试干扰场强测试仪的屏蔽效果。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.5 条规定的屏蔽效果要求。

3 测试程序

当干扰场强测试仪置于其场强测量上限的电磁场中时,不应在机内产生任何影响干扰场强测试仪正常工作的响应。试验时输入端可以屏蔽起来。对于在高于场强测量上限或频谱很宽而场强接近测量上限的环境场中使用,可以要求附加屏蔽,在详细规范中予以说明。

方法 106

电压、场强的测量误差及其测量范围

1 目的

测试受试干扰场强测试仪的电压、场强测量误差及测量范围。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.6 条、3.14.8.1 规定的干扰场强测试仪的电压、场强误差及测量范围的要求。

3 测试程序

3.1 电压测量误差和测量范围的测试框图

同图 4。

3.2 测试步骤

3.2.1 电压测量误差

受试干扰场强测试仪首先进行内部校准,然后由标准信号发生器通过标准衰减器输送一个等幅正弦波信号 U_0 (dB)给受试干扰场强测试仪,经调谐后,受试干扰场强测试仪的实测值 U_1 与 U_0 比较,则可得受试干扰场强测试仪的电压测量误差:

$$\Delta U = U_0 - U_1 \dots \dots \dots (3)$$

式中: ΔU ——电压测量和误差, dB;

U_0 ——标准信号发生器经标准衰减器后的输出电压, dB;

U_1 ——受试干扰场强测试仪的实测电压, dB。

3.2.2 电压测量范围

受试干扰场强测试仪在信噪比(S/N)为 6dB 时的最小可测电压 U_{\min} ,受试干扰场强测试仪的衰减器置于最大位置时的最大可测电压 U_{\max} ,这两个值的差值($U_{\max} - U_{\min}$)即为受试干扰场强测试仪的电压测量范围。

3.2.3 场强测量误差

将受试干扰场强测试仪置于一个标准场强为 E_0 的电磁场中的 P 点位置。首先进行内部校准,然后通过接收天线测得该点的场强为 E_1 ,则可得受试干扰场强测试仪的场强测量误差:

$$\Delta E = E_0 - E_1 \dots \dots \dots (4)$$

式中: ΔE ——场强测量误差 dB/m;

E_0 ——P 点位置的标准场强, dB/m;

E_1 ——受试干扰场强测试仪的实测场强, dB/m。

3.2.4 场强测量范围

受试干扰场强测试仪在信噪比(S/N)为 6dB 时的最小可测场强 E_{\min} ,受试干扰场强测试仪的衰减器置于最大位置时的最大可测场强 E_{\max} ,这两个值的差值($E_{\max} - E_{\min}$)即为受试干扰场强测试仪的场强测量范围。

方法 107 输入阻抗与驻波比的测试

1 目的

测试受试干扰场强测试仪的输入阻抗与驻波比。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.7 和 3.14.8.2 条规定的干扰场强测试仪的输入阻抗和驻波比的要求。

3 测试程序

3.1 输入阻抗测试

3.1.1 测试框图

见图 5。

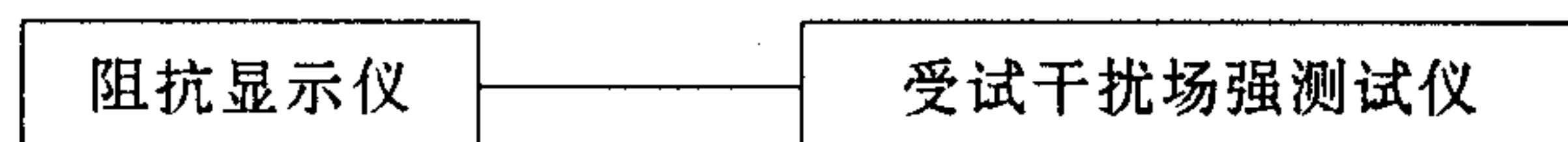


图 5 输入阻抗测试

3.1.2 测试步骤

输入阻抗的测试,按图 5,将阻抗分析仪与受试干扰场强测试仪的输入端连接,直接由阻抗分析仪测得。具体操作可按阻抗分析仪使用说明书。

3.2 驻波比的测试

3.2.1 测试框图

见图 6。

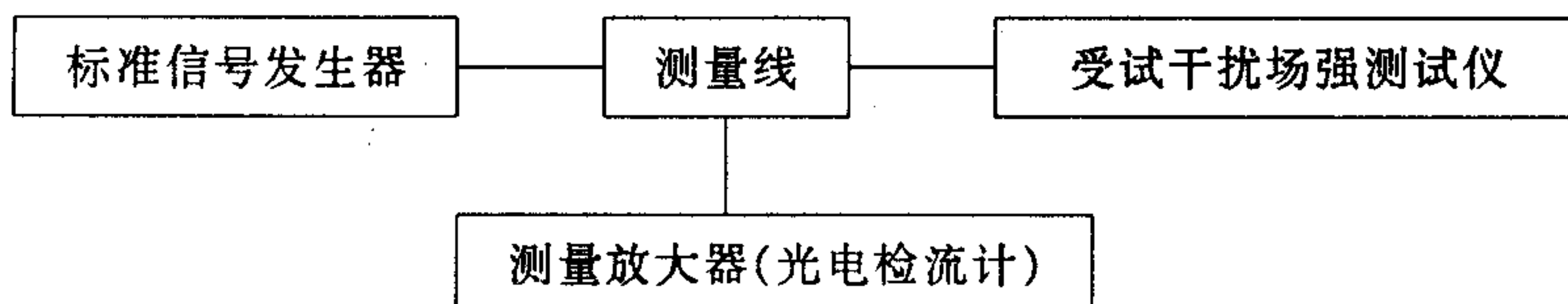


图 6 驻波比测试

3.2.2 测试步骤

驻波比用测量线测试,按图 6 连接后,在预置频率点上将测量线调谐,通过测量放大器(光电检流计)找出射频电压的波峰值 U_1 和波谷值 U_2 ,驻波比按下式计算,即可得出该频率点的驻波比:

$$S \cdot W \cdot R = \sqrt{U_1/U_2} \dots\dots\dots(5)$$

式中: $S \cdot W \cdot R$ ——驻波比;

U_1 ——测量放大器(光电检流计)测量的电压波峰值;

U_2 ——测量放大器(光电检流计)测得的电压波谷值。

方法 108

其他输出、校准的检查

1 目的

对受试干扰场强测试仪的校准、输出端座的检查。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.8.5 条规定的可作为干扰场强测试仪的基准参考信号源的要求及 3.14.8.3, 3.14.8.4 条规定的干扰场强测试应具有的输出端座的要求。

3 测试程序

用目测法检查受试干扰场强测试仪是否具有“校准”功能键, 中频输出端座、记录器输出端座及详细规范中规定的其他输出端座。

方法 109

带有准峰值检波器的干扰场强测试仪的主要特性

1 目的

测试受试带有准峰值检波器的干扰场强测试仪的主要特性。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.9 条规定的要求。

3 测试程序

3.1 6dB 带宽

见方法 102 中 3.2.1 条。

3.2 充电时间常数

3.2.1 测试框图

见图 7

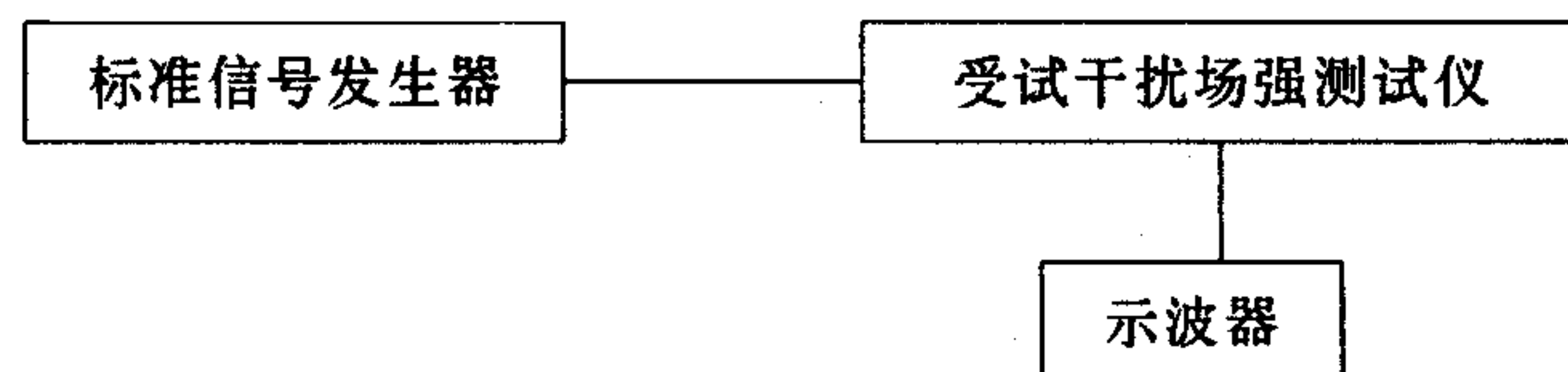


图 7

3.2.2 测试步骤

在受试干扰场强测试仪的未级中频放大器的输入端施加幅度恒定的中频信号, 用一个无惯性的指示器(具有高输入阻抗的阴极射线示波器)接到直流放大器电路中不影响检波器性能的测试点上, 记下指示器的指示值 D (施加的中频信号电平应使得有关各级放大器的响应保持

在线性工作范围内)。控制中频信号的施加时间(包络线为矩形的波列),从施加信号到指示器上的指示上升到 $0.63D$ 所用的时间即为充电时间常数。

3.3 放电时间常数

与 3.2.2 条测试方法相同,所不同的是中断中频信号,指示器上的指示由 D 下降开始到 $0.37D$ 所需时间,即为放电时间常数。

3.4 临界阻尼指示器的机械时间常数

3.4.1 测试框图

见图 8。

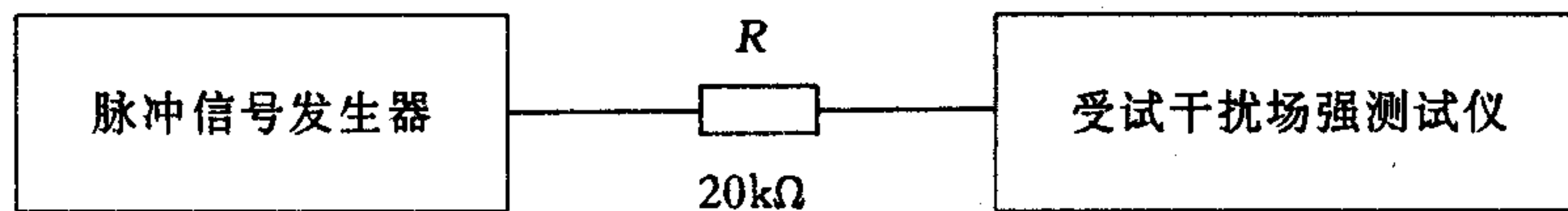


图 8

3.4.2 测试步骤

脉冲信号发生器输出重复频率为 0.1Hz ,持续时间大于 1s 的矩形脉冲信号,通过电阻 R 给受试干扰场强测试仪的指示器,调节脉冲的幅度使指示器偏转满度指示为 D 。改变脉冲的持续时间,使受试干扰场强测试仪指示器的指示为 $0.37D$,此脉冲的持续时间即为临界阻尼指示器的机械时间常数。

3.5 过载系数

3.5.1 测试框图

见图 9。

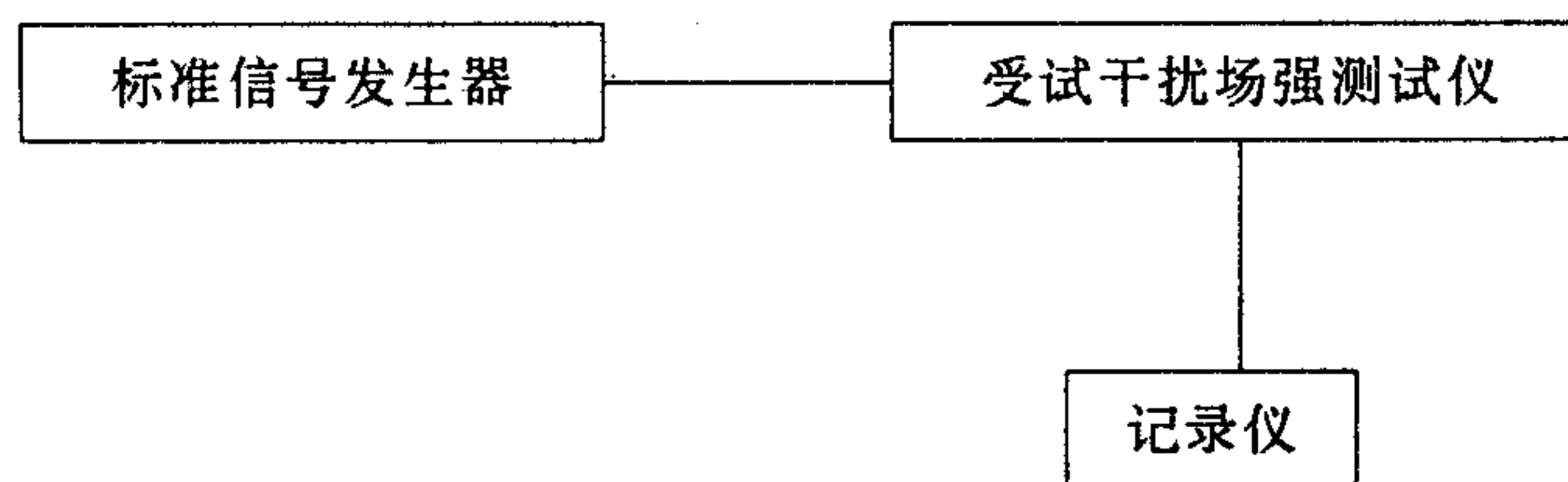


图 9

3.5.2 测试步骤

3.5.2.1 检波器前的过载系数的测试

在受试干扰场强测试仪输入端输入等幅正弦信号,并在检波前的中频输出端座上连接记录仪(或其他指示器),调整信号发生器的频率使受试干扰场强测试仪的指示器指示为最大,调节标准信号发生器的输出电平,使受试干扰场强测试仪的指示满刻度,记录输入信号电平为 U_1 ,逐步加大输入信号电平,直至记录仪上的指示值偏离理想线性 1dB 时为止,记录此时的输入信号电平为 U_2 。

检波前过载系数即为:

$$\Delta U = U_2 - U_1 \dots \dots \dots (6)$$

式中: ΔU ——过载系数, dB ;

U_2 ——偏离理想线性 1dB 时标准信号发生器输出电平值, $\text{dB}\mu\text{V}$;

U_1 ——受试干扰场强测试仪指示满刻度时标准信号发生器输出值, $\text{dB}\mu\text{V}$ 。

3.5.2.2 检波器与指示器之间直流放大器的过载系数

将记录仪(或其他指示器)移接到受试干扰场强测试仪检波后直流放大器的输出端,用

3.5.2.1方法即可测量检波器与指示器之间直流放大器的过载系数。

3.6 标准脉冲响应

见方法 110。

方法 110

标准脉冲响应的测试

1 目的

测试受试干扰场强测试仪的标准脉冲响应。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14, 9.2, 3.14.10.2, 3.14.11.2, 3.14.12.2 条规定的标准脉冲响应。

3 测试程序

3.1 测试框图

见图 10

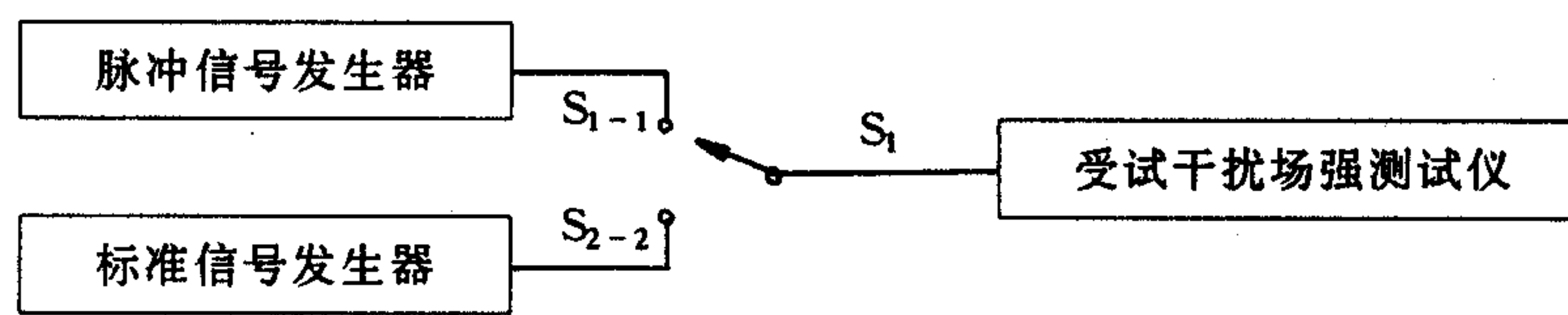


图 10

3.2 测试步骤

3.2.1 幅值响应

将开关 S1 置于 S1-2 位置, 由标准信号发生器给受试干扰场强测试仪输入电动势为 $66\text{dB}\mu\text{V}$ 的等幅正弦信号, 经调谐后使受试干扰场强测试仪的指示为 $60\text{dB}\mu\text{V}$ (校准受试干扰场强测试仪)。将开关 S1 置于 S1-1 位置, 由脉冲信号发生器给受试干扰场强测试仪输入符合 SJ 20550 中 3.14.9.2.1 条表 2 规定的基准脉冲, 此时受试干扰场强测试仪的指示值与 $60\text{dB}\mu\text{V}$ 的差值即为幅值响应误差, 应符合 SJ 20550 中的 3.14.9.2.1 的规定。

SJ 20550 中 3.14.10.2.1, 3.14.11.2, 3.14.12.2.1 的幅值响应均可按上述方法测试。

3.2.2 重复频率响应

以 3.2.1 中脉冲信号发生器输出的基准脉冲为基准电平, 调节受试干扰场强测试的增益, 使其指示值为 $60\text{dB}\mu\text{V}$ 。按 SJ 20550 中 3.14.9.2.2 条表 3 规定改变脉冲信号重复频率, 并调节脉冲信号发生器的输出电平, 使受试干扰场强测试仪的指示值仍为 $60\text{dB}\mu\text{V}$ 。此时脉冲信号发生器的输出电平与基准电平之差即为重复频率响应误差, 应符合 SJ 20550 中 3.14.9.2.2 条的规定。

SJ 20550 中 3.14.10.2.2, 3.14.12.2.2 的规定, 均可按上述方法测试。

方法 111

带有均方根值检波器的干扰场强测试仪的主要特性

1 目的

测试受试带有均方根值检波器的干扰场强测试仪的主要特性。

2 要求

应符合 SJ 20551 中 3.14.10 条规定的要求。

3 测试程序

3.1 3dB 带宽

见方法 102 中 3.2.1 条。

3.2 检波器前电路的过载系数

见方法 109 中 3.5.2.1 条。

3.3 标准脉冲响应

见方法 110。

方法 112

带有峰值检波器的干扰场强测试仪的主要特性

1 目的

测试受试带有峰值检波器的干扰场强测试仪的主要特性。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.11 条规定的要求。

3 测试程序

3.1 有效脉冲带宽

见方法 102 中 3.2.1 条和附录 E。

3.2 标准脉冲响应

见方法 110。

方法 113

带有平均值检波器的干扰场强测试仪的主要特性

1 目的

测试受试带有平均检波器的干扰场强测试仪的主要特性。

2 要求

应符合 SJ 20550 中 3.14.12 条规定的要求。

3 测试程序

3.1 带宽

3.1.1 3dB 带宽

见方法 102 中 3.2.1 条。

3.1.2 有效脉冲带宽

见方法 102 中 3.2.1 条和附录 E。

3.2 检波器前电路的过载系数

见方法 109 中 3.5.2.1 条。

3.3 标准脉冲响应

见方法 110。

附录 A

脉冲响应的确定

(参考件)

本标准规定了确定脉冲响应时,计算用的参数以及计算过程。

A1 检波器前各级的响应

一般说来,检波器前各级电路的脉冲响应主要取决于确定接收机总选择性的中频放大器。

习惯上认为,将两个临界耦合调谐变压器级联即可获得这个选择性,从而在 6dB 处产生符合要求的通带。亦可将其它型式的电路,归纳成上述之等效电路再进行计算。由于这个通带实际上是对称的,所以允许采用等效低通滤波器计算脉冲响应的包络。而这种近似计算产生的误差,可以忽略不计。脉冲响应的包络为:

$$A(t) = 4\omega_0 G e^{-\omega_0 t} (\sin\omega_0 t - \omega_0 t \cos\omega_0 t) \dots\dots\dots(A1)$$

式中: G ——调谐频率的总增益;

$$\omega_0 = \pi/\sqrt{2}B_6;$$

B_6 —— -6dB 处的带宽。

A2 准峰值电压表的检波器对前置各级输出的响应

假定检波电路接到末级中频放大器的输出端而不影响输出的中频信号幅度和波形,就可进行这个计算。

任何一个检波器都可简化为一个非线性元件(例如一个二极管)的形式(实际或等效)。这个元件与一个电阻(总正向电阻为 s)相串联,其后与电容 C 和放电电阻 R 的并联电路相连接。

充电时间常数 T_C 取决于 SC 的积,放电时间常数 T_D 取决于 R_C 的积。

突然施加幅度恒定的射频信号,当时间 $t = T_C$ 时,指示电压达到最终稳定值的 0.63 倍以后,就可以确定 T_C 与乘积 SC 之间的关系。

电容器两端的电压 U 与施加于检波器上的射频信号幅度 A 之间的关系可用下式表示:

$$\frac{dU}{dt} + \frac{U}{RC} = A \frac{(\sin\theta - \theta\cos\theta)}{\pi SC} \dots\dots\dots(A2)$$

式中: θ ——导通角($U = A \cos\theta$)

式(A2)不能直接积分。对于满足上述条件所选择的时间常数 SC 的值,可以用近似的方法求得。例如:

$$A \text{ 频段: } T_C = 45\text{ms}, \quad T_D = 500\text{ms}, \quad 2.81sc = 1\text{ms}_0$$

$$B \text{ 频段: } T_C = 1\text{ms}, \quad T_D = 160\text{ms}, \quad 3.95sc = 1\text{ms}_0$$

$$C、D \text{ 频段: } T_C = 1\text{ms}, \quad T_D = 550\text{ms}, \quad 4.07sc = 1\text{ms}_0$$

将以上数值代入式(A2)中,由 A1 中的式(A1)所给定的函数 $A(t)$ 取代恒定幅度 A ,则可求出孤立脉冲或重复脉冲(用近似方法)。

只要任意假设每个脉冲起始时,检波器输出电平,确定脉冲所引起的这个电压的增量

ΔU , 然后即可求得两相邻脉冲之间的间隔(为了重复假设的初始条件, 这个间隔是必定要有的)。

A3 指示器对检波器输出信号的响应

为了简化起见, 假设检波器输出电压的上升部分是瞬时的, 则可用下式求解:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{2}{T_1} \cdot \frac{d\alpha}{dt} + \frac{1}{T_1^2}\alpha = \frac{1}{T_1^2}\exp\left(-\frac{t}{T_D}\right) \quad \dots\dots\dots(A3)$$

式中: $\alpha(t)$ ——指示器的偏转;

T_D ——准峰值电压表的放电时间常数;

T_1 ——指示器临界阻尼时的机械时间常数。

问题的解对于响应曲线的两端是十分简单的; 一种情况是脉冲有足够的间隔, 可令起始点为零, 因此是已知的。另一方面是脉冲具有足够高的重复频率, 指示器的惯性不会使仪器完全随着振幅摆动。对于响应曲线的中间情况的一些计算, 则变得较为复杂。每个脉冲起始时, 仪器指针在移动。为此在求解时, 必须考虑指针的起始位置和运动速度。

附录 B

脉冲发生器频谱的测量

(参考件)

B1 脉冲发生器

为了检定 SJ 20550 中 3.14.9.2 条的要求, 需用脉冲发生器或附录 G 中所述的一些技术。但本附录仅讨论用脉冲发生器检定 SJ 20550 中第 3.14.9.2.1 条和第 3.14.9.2.2 条的要求。

脉冲发生器所产生的脉冲, 应具有表 B1 所列的特性。在低于所考虑的频段上限时, 频谱应基本上保持均匀, 脉冲发生器的脉冲的重复频率应是可调的, 至少应覆盖表 B1 所列的频率, 频谱幅度的准确度应在 $\pm 1\text{dB}$ 之内, 重复频率的准确度应在 1% 以内。

如果在规定的频段内: 频谱幅度相对于该频段低频部分的幅度的变化不大于 2dB, 则可认为该频段内频谱的均匀性是符合要求的。

频谱用曲线表示, 此曲线作为接收机调谐频率的函数, 它表示在带宽不变时, 干扰测量仪输入端等效电压的变化规律。

为了检定是否符合 20550 中 3.14.9.2 条的要求, 必须限制高于所考虑的频段上限的频谱, (在两倍于上限频率处, 降落 10dB)。由于调谐频率所分隔的所有各频谱成分的互调效应对响应产生影响, 所以对试验的要求必须有一个统一的标准。

表 B1

频段 MHz	脉冲面积 μVs	重复频率 Hz
A	13.5	1, 2, 5, 10, 25, 60, 100
B	0.316	1, 2, 10, 20, 100, 1000
C	0.044	1, 2, 10, 20, 100, 1000
D	(见注)	1, 2, 10, 20, 100, 1000

注:此脉冲发生器应能产生足够幅度的一些脉冲,并要求在 1000MHz 以下的频率有一个尽可能均匀的频谱。

B2 一般测量方法

在附录 G 中,给出了精确测量脉冲频谱幅度绝对值的方法。可以使用下列方法测量频谱幅度随频率变化的规律。

把脉冲发生器连接到一个射频接收机的输入端,在接收机的中频输出端连接一个示波器,用来指示射频脉冲。在接收机的每个调谐频率上进行下述测量:

a. 接收机的带宽 B_0 (Hz)。

b. 标准信号发生器的输出 E_0 ,标准信号发生器的源阻抗与脉冲发生器的源阻抗相同。调谐接收机的频率,使 E_0 在示波器上产生的偏转与射频脉冲的峰值产生的偏转相同。则每个频率上频谱的相对幅度为:

$$S_r(f) = \frac{E_0}{B_0} \dots\dots\dots(B1)$$

$S_r(f)$ 相对于测量频率的曲线给出了脉冲的频谱。接收机的各级电路,对施加的信号的峰值电平应是线性的。

对于寄生响应,特别是镜频响应和中频响应的抑制,至少应达到 40dB。

在一系列的测量过程中,只要脉冲的重复频率保持不变,就可以用准峰值电压表代替示波器,用符合本标准的接收机进行测量。

注:对适合于 A 频段和 B 频段用的持续脉冲,可以用示波器直接测量脉冲面积(等于 1/2 频谱幅度)。在 C 和 D 频段可以采用取样示波器测量。

附录 C

非准峰值干扰场强测试仪和准峰值干扰场强测试仪

测量结果的换算

(参考件)

C1 引言

在测得的干扰值与在规定的通信系统所造成的损害之间建立较为合理的相互关系,是制定干扰允许值的基础。在规定的通信系统中,容许的信噪比数值是系统参数的函数。这些参数包括带宽、调制型式以及其它许多因素。因此,在研究和试制工作中,应用了各种类型的测量仪器。本附录给出了干扰场强测试仪的特性与被测干扰波形之间的依从关系,从而使不同的测量仪器测得的数据经过换算而得到统一。

C2 干扰场强测试仪的关键特性

在确定干扰场强测试仪的脉冲响应时,最关键的因素是带宽,检波器以及被测干扰的类型。其次是过载系数、自动增益控制(如采用的话)、其它假响应以及指示器临界阻尼机械时间常数等。在有些场合,为分析干扰场强测试仪的某些性能时,这些次要因素仍然是相当重要的。

C3 三种基本类型的电磁噪声

三种基本类型的电磁噪声为连续波噪声、重复冲击噪声和随机噪声。每种噪声的响应与干扰测量仪的带宽和检波型式的依从关系,列于表 C1 中。在该表中, δ 是脉冲强度, Δf_{imp} 是脉冲带宽, E' 是随机噪声的频谱幅度, Δf_m 是随机噪声带宽, f_{PR} 是脉冲的重复频率。图 C1 表示了一台干扰测量仪所用的各种检波器对脉冲干扰的相对响应。

表 C1

输入波形	检波器型式			
	滑退峰值	准峰值 1/600	平均值	均方根值
连续波	$e^{1)}$	e	e	e
重复冲击	$1.414\delta\Delta f_{imp}^{4)}$	$1.41\delta\Delta f_{imp}P(\alpha)^{2)}$	$1.41\delta f_{PR}^{4)}$	$1.41\sqrt{f_{PR}\Delta f_{imp}}$
幅度成高期分 ⁵⁾ 布的随机噪声	—	$1.85\sqrt{\Delta f_m E'^{3)}$	$0.88\sqrt{\Delta f_m E}$	$\sqrt{\Delta f_m E'}$

注:1) e ——所加连续波的均方根值;

2) $P(\alpha)$ ——在图 C2 中给出;

3) E' ——频谱强度,以 V(均方根值)/H(带宽)表示;

4) δ ——脉冲强度,假设干扰场强测试仪是用正弦波的均方根值加以校准;

5)用检波器测量随机噪声包络线特性。

由表 C1 可知,干扰场强测试仪的响应对带宽的依从关系,对三种类型干扰是不同的。如果能够确定被测干扰的波形是表 C1 所列的三种类型干扰中任何一种噪声的波形,并且由一个标准信号源提供这种类型的噪声。那末,任何具有足够过载系数的干扰场强测试仪,不管其带宽是多少,都可以用这种信号来校准。因此,对随机噪声干扰或已知重复频率的脉冲干扰。均可以利用相应的信号源或根据已知电路参数,由计算得到的相关系数来校准。

如果某一特定的干扰波形,处于这三种形式之间,那么,相关系数也将处于三种形式之间。在任何一种给定的条件下,为这能确定有意义的相关系数,都必须用这样的方法对噪声的波形进行分类。因此,必须研究典型的干扰源,以确定它们的干扰形式在多大的程度上是属于重复冲击噪声或随机噪声,还是连续波噪声。

如果所用的干扰场强测试仪带有几种类型的检波器,如峰值检波器、准峰值检波器以及平均值检波器和均方根值检波器等,则这些检波器所得读数之比,可以用来确定干扰的类型。当然,这些比值取决于所用干扰场强测试仪的带宽和其它特性。

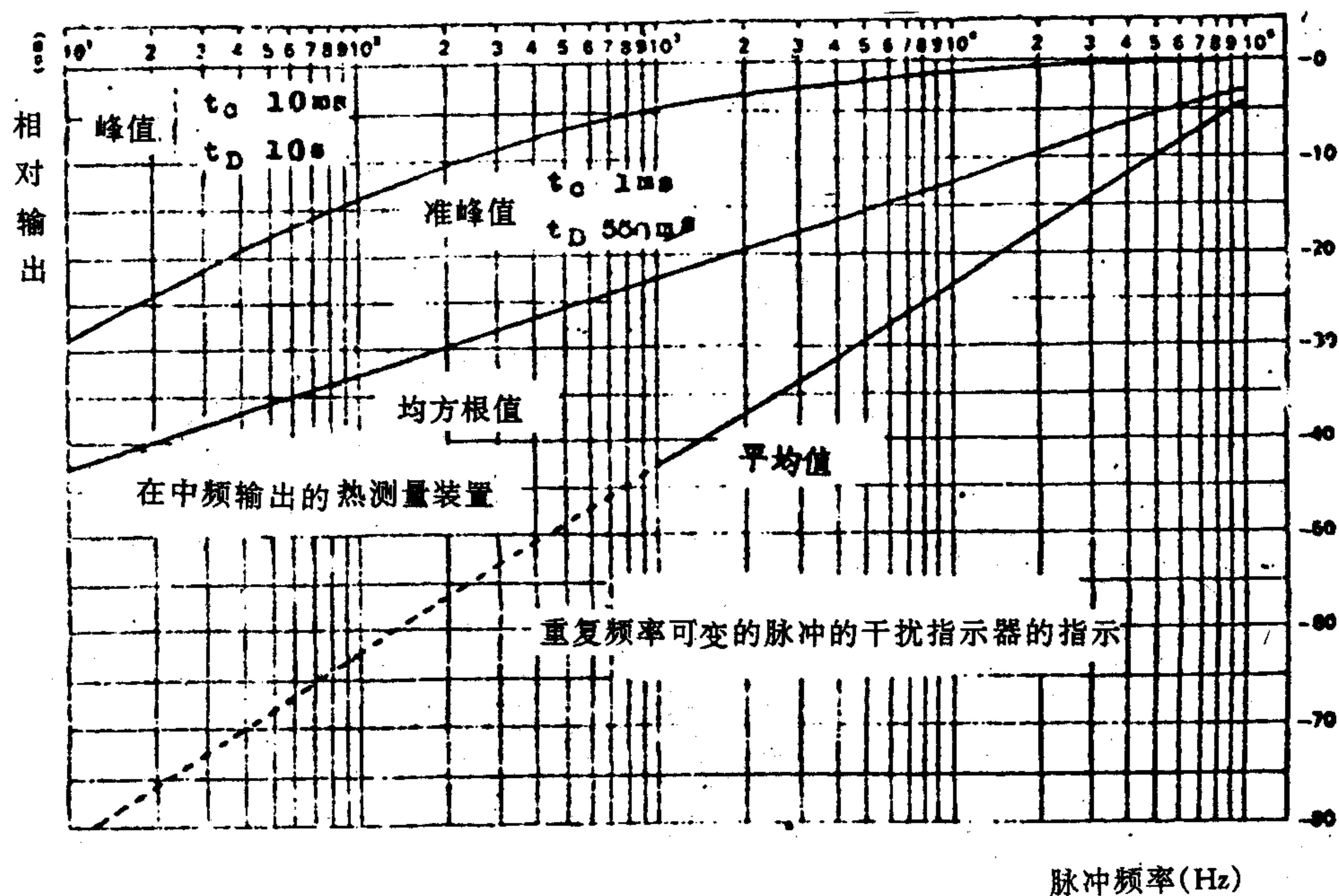


图 C1 各种检波器对脉冲干扰的相对响应

C4 干扰脉冲——相关系数

C4.1 任何干扰场强测试仪,其准峰值检波器对等幅的规则的重复脉冲的响应,可以用图 C2 给出的脉冲响应曲线来确定。该图对于任何一个给定的带宽以及充电电阻值,都以峰值响应的百分数来表示检波器的响应。利用这个曲线时,应注意,峰值本身取决于带宽,带宽增大峰值也增大,但检波器所读到的峰值百分数则减小了,在较窄带宽范围内,这些作用容易相互抵消。这个曲线是在 6dB 带宽下取得的。对于最典型的干扰场强测试仪的通带特性来说,这个带宽比脉冲带宽大约小 5%。

图 C3 给出的是具有各种不同带宽和检波器的干扰场强测试仪同准峰值干扰场强测试仪的比较(理论值)。

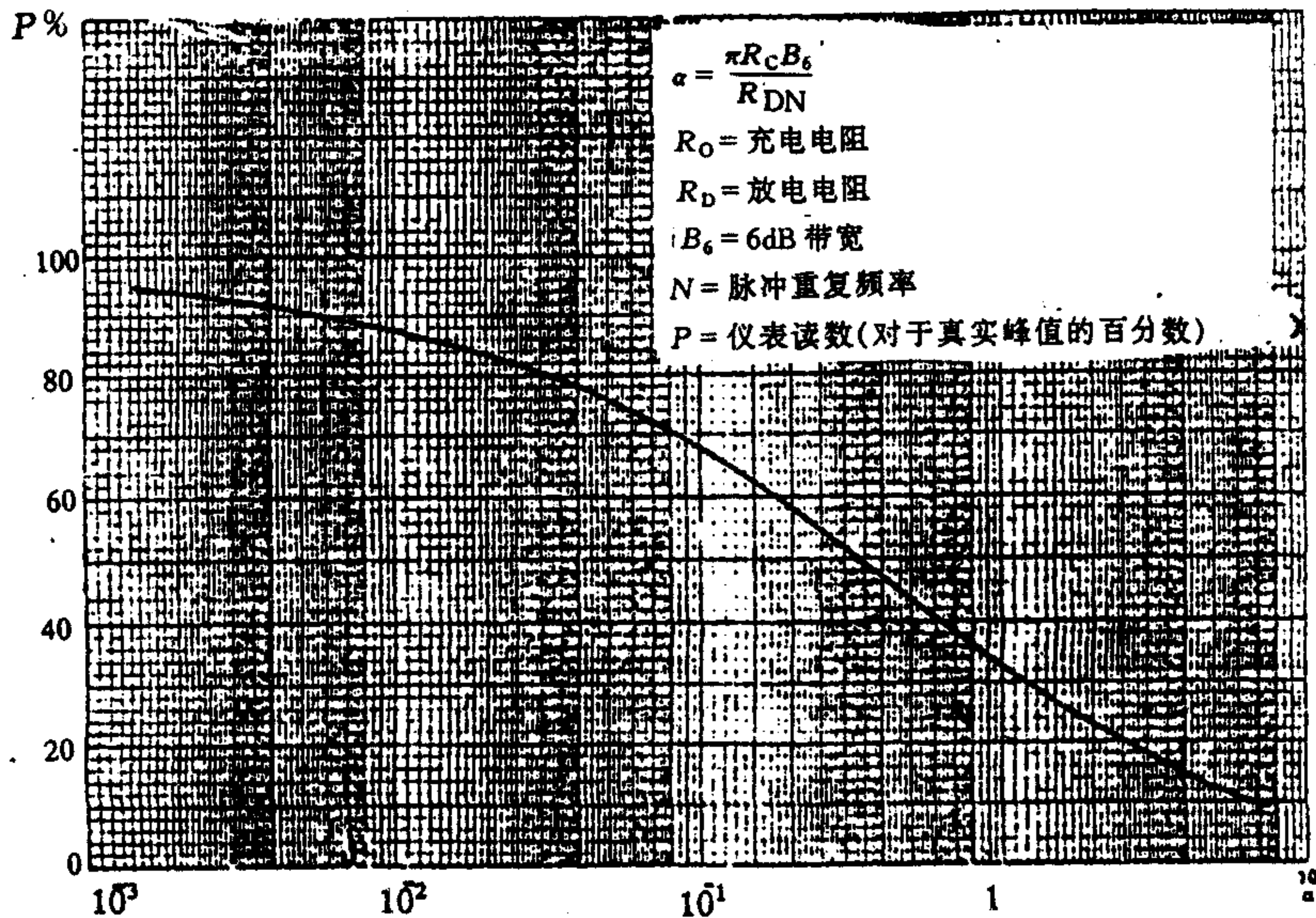


图 C2 $P(\alpha) - \alpha$ 曲线

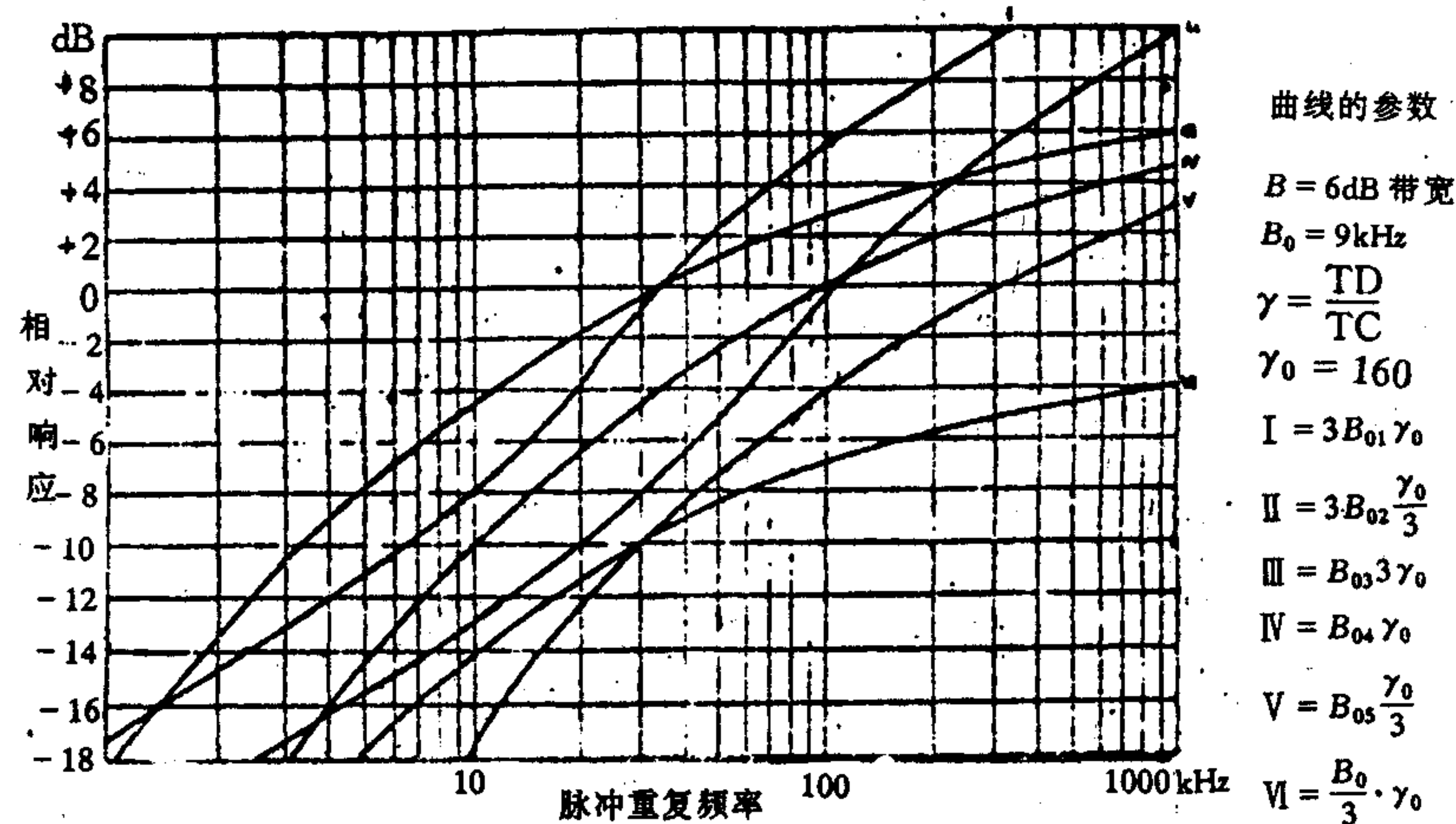


图 C3 准峰值检波器在不同带宽和不同放电时间/充电时间的响应比较

C4.2 平均值干扰场强测试仪

脉冲噪声在平均值检波器上的读数,与检波器前置各极电路的带宽无关。此读数直接正比于重复频率。在绝大多数情况下,用平均值检波器获得脉冲噪声读数很小,除非干扰场强测试仪的带宽非常窄(如约为几百赫兹),否则,读出的量值没有实用意义。当重复频率为100Hz、带宽约为10kHz,平均值读数近似等于峰值读数的1%。不管测量精确度如何,这样的数值总是太低难以测量。对于多数通信系统,噪声干扰在系统中产生的效应,远远超过用平均值仪器测得的读数,这当然是采用准峰值干扰场强测试仪的原因之一。

C5 随机噪声(幅度成高期分布)

干扰场强测试仪对随机噪声的响应与带宽的平方根成正比。它与所用检波器的类型无关。随机噪声带宽与 3dB 带宽的比值,取决于滤波电路的型式,随机噪声的有效带宽与 3dB 带宽的比值约为 1.04。

C6 均方根值干扰场强测试仪

对于宽带噪声,由均方根值检波器所得到的输出正比带宽的平方根,即噪声功率直接正比于带宽,这个特点是均方根值检波器用于测量大气无线电噪声的主要原因之一。另一个优点是均方根值检波器能使各种干扰源(如脉冲和随机噪声)产生的噪声功率达到正确的叠加。这样就允许有较高的背景噪声。

噪声对接收调制的射频信号造成骚扰的主观效应,用均方根值表征更确切。但是在使用宽频带干扰场强测试仪来测量脉冲噪声时,要求干扰场强测试仪具有更宽的动态范围,这就是均方根值检波器仅限于窄带测量的主要原因。

C7 讨论

上面论述了用特性不同的干扰场强测试仪测得噪声干扰的结果进行比较的理论基础。如上所述,相关系数的确定,取决于能否对干扰噪声进行鉴别和分类。在很宽的频段中,最严重的是脉冲干扰。但对于电力线路来说,最关心的是电晕干扰。因而,预计随机干扰是重要的特征。这里还要说明,过载系数是一个重要参数

附录 D

采用均方根值检波器的测量仪器基本特性的确定

(参考件)

D1 带宽

测量仪器的带宽,是指测量仪器的总选择性曲线中心频率响应电平之下 3dB 处的频带宽度。如果具有理想滤波器的测量仪器所给出的均方根值响应与实际使用的测量仪器相同,则测量仪器的有效带宽等于功率带宽 Δf , 定义为:

$$\Delta f = \frac{1}{F_0^2} \int_{-\infty}^{+\infty} F^2(f) df \dots\dots\dots (D1)$$

式中: $F(f)$ ——选择性曲线;

F_0 —— $F(f)$ 的最大值(假设是单峰选择性曲线)。

实际使用中,通常以功率带宽(Δf)代替 3dB 带宽(B_3)。这两个带宽数之间的差异很小,在附录 F 中计算带通滤波器带宽时有如下关系:

$$B_3 = 0.96 \Delta f \dots\dots\dots (D2)$$

在过载系数和幅度关系的计算中用到了这个关系式。

D2 过载系数

在电路(或电路组)的稳态响应曲线上,偏离理想线性度 1dB 时的最大电平规定为该电路

(或电路组)的实际线性动态范围。这个最大电平与指示器满刻度指示时的电平之比,称为该电路(或电路组)的过载系数。

附录 E

平均值检波器和峰值检波器的响应

(参考件)

E1 检波器前各极电路和响应

有人已经证明,具有对称频率特性的窄带电路对于脉冲的响应。其包络线下的面积与带宽无关,可由下式求出:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} A(t)dt = 2v\tau G_0 \dots\dots\dots(E1)$$

式中: v ——矩形脉冲的幅度;

τ ——矩形脉冲的持续时间,并且此脉冲的 $B_{imp} \tau \ll 1$;

G_0 ——电路在中心频率的增益。

只有在包络线不振荡的情况下,这个定理才严格地成立。振荡的包络线具有双调谐电路的特性。如果不用相敏元件,就必须经过校准来补偿振荡响应引起的误差。在临界耦合的情况下,包络线的第二峰值为第一峰值的 8.3%。

只要脉冲在中频放大器的电路中不产生重叠。平均值就与脉冲的重复频率 n 成正比。所以,平均值电压等于 $2\gamma\tau G_0 n$ 。

由式(E1)看来,对平均值检波器规定有效带宽是没有意义的。

E2 过载系数

确定检波器前各极电路的有效脉冲带宽量值,对于过载系数的计算以及过载系数在峰值检波器方面的应用是很有用的。此有效脉冲带宽的量值用下式确定:

$$B_{imp} = \frac{A(t)_{max}}{2G_0} \dots\dots\dots(E2)$$

式中: $A(t)_{max}$ ——单个脉冲在中频输出极的包络线的峰值。

引入式(F14)可得:

$$B_{imp} = \frac{0.944}{2} \omega_0 = 1.05B_0 \text{ 或 } 1.31B_3$$

式中: B_0 ——分别是测试仪器 -6dB 处的带宽。

B_3 ——分别是测试仪器 -3dB 处的带宽。

对于其它型式的电路。如果 B_{20} 和 B_0 的比值已知。就可以由图 E1 来确定 B_{imp} 与 B_0 的比值。这里 B_{20} 是测试仪在 20dB 时的带宽。

E3 平均值电压表与准峰值电压表之间的关系

如果要求重复频率为 n Hz 的脉冲在平均值电压表上的响应,与正弦波信号发生器(输出阻抗与脉冲信号发生器相同)所产生有 $2mV_{rms}$ 未加调制的信号在调谐频率上的响应相同。则此脉冲的强度应为:

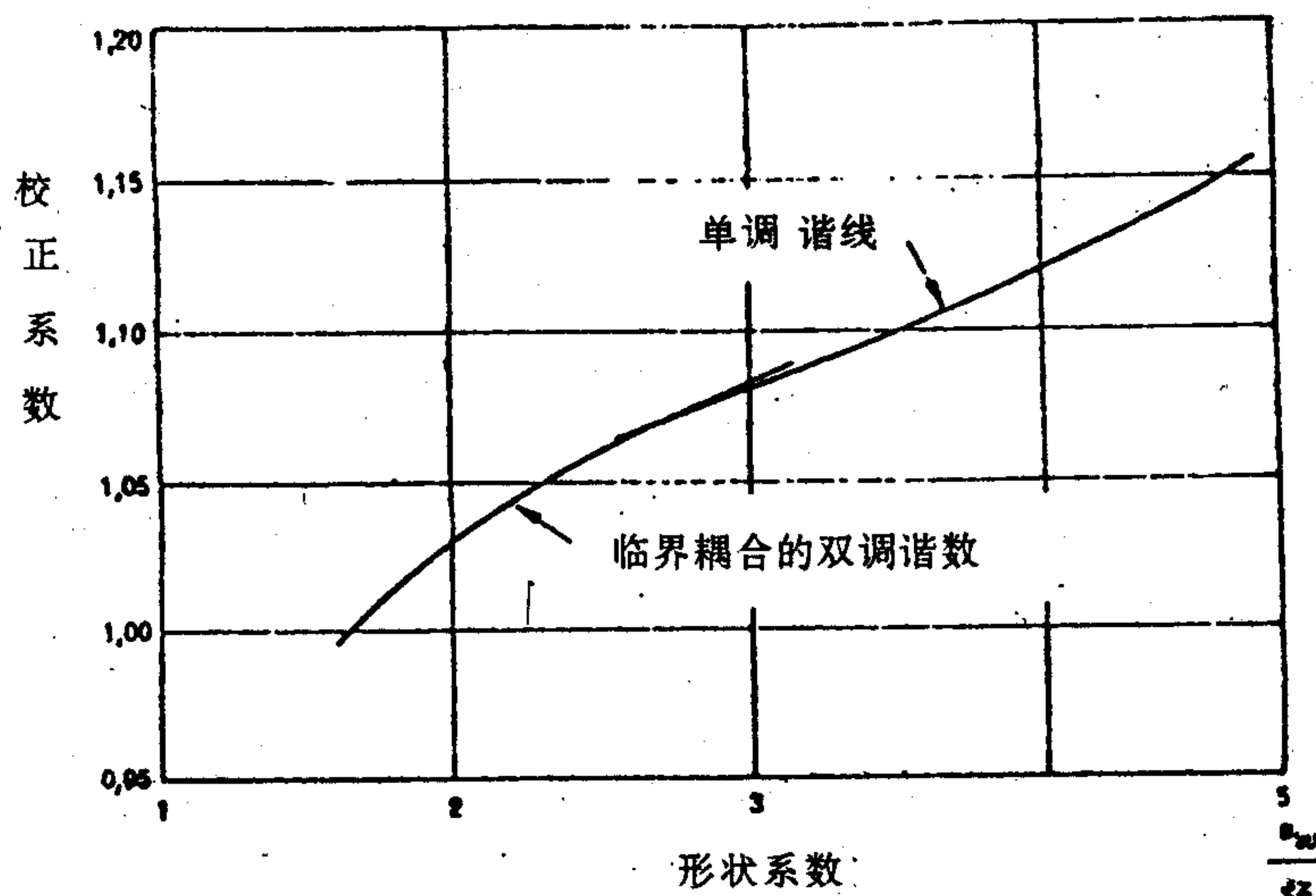


图 E1

$$\gamma\tau = \frac{1.4}{n} \text{mVs} \quad \dots\dots\dots(\text{E3})$$

当重复频率为 100Hz 时, 则此脉冲的强度就应为 $14\mu\text{Vs}$ 。

所以, 根据附录 F 中 F4 条, 产生相同指示的 $(\gamma\tau)_{\text{ave}}$ 与 $(\gamma\tau)_{\text{qp}}$ 之比为:

当频率范围为 0.15~30MHz 时:

$$(\gamma\tau)_{\text{ave}}/(\gamma\tau)_{\text{qp}} = 32.9\text{dB}.$$

当频率范围为 25~1000MHz 时:

$$(\gamma\tau)_{\text{ave}}/(\gamma\tau)_{\text{qp}} = 50.1\text{dB}.$$

上述之结果是假设在所讨论的重复频率, 测试仪器具有满足要求的过载系数, 并且所用之带宽亦分别与 SJ 20550 第 3 章中的带宽相对应。当重复频率为 1000Hz 时, 相应的比值分别为 17.4dB 和 38.1dB。

E4 峰值检波器

在采用直读式峰值表时, 可由图 C3 的曲线来确定对时间常数的要求。

该曲线给出了相对于真实峰值的百分数 $P(\alpha)\%$ 是参数 α 的函数。参数中包括有: 充放电时间常数比、带宽 B 以及脉冲的重复频率。在使用这个曲线时应该注意到它是在下述条件下得到的:

$$\frac{R_C}{R_D} = \frac{1}{4} \cdot \frac{T_C}{T_D} \quad \dots\dots\dots(\text{E4})$$

式中: T_C ——充电时间常数;

T_D ——放电时间常数。

例如, 要求仪表读数在重复频率为 1Hz 时至少是真实峰值的 90%。

则充电时间常数与放电时间常数的比值必须是:

当频率范围为 0.15~30MHz 时为 1.25×10^6 ;

当频率范围为 25~1000MHz 时为 1.67×10^7 。

E5 峰值表与准峰值表指示之间的关系

当重复频率为 100Hz 时,利用图 C3 所得到的比值如表 E1 所列:

表 E1

频率范围 MHz	B kHz	T_C/T_D	α	准峰值/峰值之比	
				P %	dB
0.15~30	9	1/160	0.45	44.7	7.0
25~1000	120	1/550	1.77	24.8	12.1

附录 F

均方根值检波器脉冲响应的确定

(参考件)

F1 检波器前各极电路的响应

根据附录 A 的式(A1),两个临界耦合调谐变压器对于强度为 $\gamma\tau$ 的脉冲响应包络线为:

$$A(t) = (\gamma\tau)4\omega_0 G e^{-\omega_0 t} (\sin\omega_0 t - \omega_0 t \cos\omega_0 t) \dots\dots\dots(F1)$$

式中:G——在调谐频率时的总增益。

ω_0 ——角频率。

等效低通滤波器的选择性曲线可以写成:

$$F(f) = G [(2\omega_0^2)/(\omega_0 + j\omega)^2 + \omega_0^2]^2 \dots\dots\dots(F2)$$

式中: $\omega = 2\pi f$;

$$\tau \ll \frac{1}{\omega_0}$$

选择性曲线在 3dB 处的带宽(B_a)和在 6dB 处的带宽(B_0)分别为:

$$B_a = (\sqrt{2} \cdot \sqrt[4]{(\sqrt{2}-1)} \cdot \omega_0/\pi) \dots\dots\dots(F3 a)$$

$$B_0 = \sqrt{2} \cdot \omega_0/\pi = 0.450\omega_0 \dots\dots\dots(F3 b)$$

功率带宽(参阅附录 D)由下式给出:

$$\Delta f = \int_{-\infty}^{+\infty} F^2(f) df (F_0 = 1) \dots\dots\dots(F4)$$

由式(F2)求 F(f),并使 $G=1$,则可得:

$$\Delta f = 2 \int_0^{\infty} [2\omega_0^2/(\omega_0 + j\omega)^2 + \omega_0^2]^4 df \dots\dots\dots(F5)$$

$$\text{由此可得, } \Delta f = 0.265\sqrt{2} \cdot \omega_0 = 0.375\omega_0 \dots\dots\dots(F6)$$

$$\text{因此: } B_3 = 0.964\Delta f \dots\dots\dots(F7)$$

F2 均方根值检波器对前置各极输出电压的响应

根据均方根值检波器对于其前置各极电路输出电压的响应的定义,得均方根值检波器的输出电压为:

$$U_{rms} = [n \int_0^{\infty} (A^2(t)/2) dt]^{1/2} \dots\dots\dots(F8)$$

式中: n ——脉冲重复频率, Hz。

也可由频率响应曲线按下式求出输出电压:

$$U_{rms} = [n \int_{-\infty}^{+\infty} [(2\gamma\tau \cdot F(f))^2] df]^{1/2} \dots\dots\dots(F9)$$

式中: $\gamma\tau$ ——具的均匀频谱的脉冲的面积。由此得:

$$U_{rms} = \sqrt{2} \cdot \gamma\tau \cdot \sqrt{n} [\int_{-\infty}^{+\infty} F^2(f) df]^{1/2} \dots\dots\dots(F10)$$

将方程(F4)代入方程(10)可得:

$$U_{rms} = \sqrt{2} \cdot \gamma\tau \cdot \sqrt{n} \sqrt{\Delta f} \dots\dots\dots(F11)$$

取 $U_{rms} = 2mV$, $n = 100Hz$ 则由式(F11)可导出幅度关系为:

$$\gamma\tau = (100\sqrt{2}) / \sqrt{\Delta f} \mu Vs \dots\dots\dots(F12)$$

或者由方程(F7)可得:

$$\gamma\tau = 139 / \sqrt{B_a} \mu Vs \dots\dots\dots(F13)$$

F3 过载系数的计算

与脉冲重复频率为 n (Hz) 的脉冲相应的过载系数的计算方法如下:

由下式(F11):

$$U_{rms} = \sqrt{2} \cdot \gamma\tau \cdot \sqrt{\Delta f} \cdot \sqrt{n}$$

由式(F1)得:

$$A(t)_{peak} = 0.944 \gamma\tau \cdot W_G \quad (\text{当 } G = 1)$$

得过载系数为:

$$A(t)_{peak} / \sqrt{2} \cdot U_{rms} = 1.27 \sqrt{\frac{B_3}{n}} \dots\dots\dots(F14)$$

F4 均方根值电压表与准峰值电压表之间的关系

由式(F13)可知:对于均方根值电压表来说,如果它所表示的脉冲的量值($\gamma\tau$)_{rms} 与 $2mV_{rms}$ 正弦波信号等效,则其幅度关系为:

$$(\gamma\tau)_{rms} = 139 / B_3 \quad \mu Vs$$

如果选择特性与式(F2)所引用的相同,则相应的幅度关系为:

$$(\gamma\tau)_{rms} = 155 / B_6 \quad \mu Vs$$

对于本规范所规定的准峰值仪表来说,与 $2mV_{rms}$ 正弦波信号等效的脉冲的量值($\gamma\tau$)_{qp} 为:

当频率范围为 $0.15 \sim 30MHz$ 时:

$$(\gamma\tau)_{qp} = 0.316 \quad \mu Vs$$

当频率范围为 $25 \sim 1000MHz$ 时:

$$(\gamma\tau)_{qp} = 0.044 \mu Vs$$

因此,如果干扰场强测试仪的通带特性与式(F2)相一致,并且 6dB 处的带宽与 SJ 20550 中 3.14.9 规定的额定带宽相同,则存在如下关系:

当频率范围为 0.15~30MHz 时:

$$(\gamma\tau)_{rms}/(\gamma\tau)_{qp} = 14.2 \text{dB}$$

当频率范围为 25~1000MHz 时:

$$(\gamma\tau)_{rms}/(\gamma\tau)_{qp} = 20.1 \text{dB}$$

上述这些关系,只限于脉冲重复频率为 100Hz 时才成立。在其它重复频率时,必须使用相应的脉冲响应曲线。

附录 G

毫微秒脉冲发生器输出的精确测量

(参考件)

G1 引言

附录 B 中规定了干扰场强测试仪对短脉冲的响应。经验证明还可以利用其他方法。尤其是可以用脉冲调制的射频载波来替代视频脉冲,而频谱密度可以用各种方法来测量。但困难的是精确地测量毫微秒脉冲发生器的输出。本附录的主旨就是讨论这些问题。

G2 幅度关系

当脉冲重复频率为 F 时,在干扰测量仪上给出相同响应的正弦波信号和脉冲信号之间的幅度关系 $R(f, F)$ 定义为:

$$R(f \cdot F) = \frac{U}{S(f)} \dots\dots\dots(G1)$$

式中: $s(f)$ ——输入脉冲电压的频谱幅度,并假设这个脉冲的频谱幅度在通带内是均匀的。

U ——输入的正弦波电压在调谐频率(f)时的均方根值。

注:任何一个施加电压 $V(t)$ 在频率 f 时的频谱幅度由下列方程给出:

$$S(f) = 2 \left| \int_{-\infty}^{\infty} V(t) e^{-j2\pi ft} dt \right| \sqrt{S}$$

在 $F = 100\text{Hz}$ 时,所要求的值如下:

在 0.15~30MHz 频段内, $R_{100} = 3160 \text{ 1/S}$;

在 30~1000MHz 频段内, $R_{100} = 22700 \text{ 1/S}$ 。

R 值容许有 $\pm 1.5\text{dB}$ 的误差(当脉冲重复频率为 100Hz 时)。

G3 频谱幅度的测量

在理论上和实践上的研究表明精确的测量方法有下列几种(采用时应适当注意):

G3.1 面积法

被测的脉冲通过一个窄带滤波器馈送。带通滤波器的中心频率为设定在具有对称幅度特性和不对称相位特性的频率 f 处(可以使用放大器,但必须工作在线性区域内)。

测量带通滤波器的输出包络线下 $A(t, f)$ 的总面积(考虑各部分的符号)。以便计算方程中的积分。

$$S(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(t, f) dt \quad \dots\dots\dots(G2)$$

式中: $A(t, f)$ ——单个脉冲(以等效的正弦波输入电压表示)所引起的包络线的幅度。

在使用这个方程时,低频接收机或干扰场强测试仪的中频放大器与一系列频率变换器一起使用,以便在脉冲的整个频谱范围内调谐。末级中频放大器的输出直接与示波器连接,进行脉冲面积的测量。

在用这个方法测量的变化中可以看到:当脉冲的持续时间比频率 f 的周期短得多时, $S(f)$ 的量值是固定的,并等于脉冲强度的两倍。这里脉冲强度规定为该脉冲下的面积(VS)。如果使用合适的示波器(例如:对于毫微秒脉冲则要求用取样示波器),可以直接测量这个脉冲信号并用此信号不同部位的参数经计算而得到脉冲下的面积。

G3.2 标准谐振线法

众所周知,谐振线的长度与传播时间 τ 相对应。将谐振线充电至电压为 V_0 , 然后通过一个与谐振线的特性阻抗相等的负载电阻放电,这里所说的谐振线还包括在开关外壳之内的充电的线段。在脉冲频谱的低频部分,频谱幅度 $S(f)$ 是恒定的。为 $2\gamma_0\tau$, 有随频率而变化,不受谐振线与负载电阻之间的某些杂散阻抗的影响,也不受有限的开关时间的影响。在被测频谱幅度保持不变的频率范围内, $S(f)$ 的值可直接由 γ_0 和 τ 的测量值进行计算。

G3.3 谐波测量

可以使用脉冲重复频率足够高,并且稳定的脉冲发生器的方法。

当脉冲的重复频率 F 超过测试仪的带宽时,则测试仪可在脉冲的频谱选出一根谱线。在这种情况下,频谱幅度可用下式确定:

$$\phi(F, K) = \frac{V_K}{F} = \frac{\sqrt{2} \cdot V}{F}$$

式中: V_K —— $\sqrt{2} \cdot V$ 表示 K 次谐波电压的峰值。于是可利用脉冲发生器来校准峰值干扰场强测试仪的脉冲响应。

G3.4 能量法

这是目前正在研究的另一种方法,它是把一个热源(电阻器)所产生的功率与脉冲发生器所产生的功率进行比较,但与上述三种方法相比,这种方法的精确度稍低。但这个方法在频率约为 1000MHz 时,使用是有利的。

G4 脉冲发生器的频谱特性要求

校准用的脉冲信号发生器应具有下列特性:

G4.1 为了确定是否符合 SJ 20550 中 3.14.9.2.1 的要求,脉冲的频谱幅度差不超过 $\pm 0.5\text{dB}$ 。

G4.2 脉冲重复频率的误差不超过 1%。

G4.3 为确定脉冲是否符合 SJ 20550 中 3.14.9.2.2 的要求,频谱幅度不应受重复频率变化的影响。

G4.4 为确定是否符合 SJ 20550 中 3.14.9.2,脉冲的频谱在测试仪器的通带内应是均匀的,达到下述之要求,则认为是均匀的。

G4.4.1 如果频谱随重复频率的变化在通带内基本上是线性的,并且在 -6dB 通带内频谱的不平度不超过 0.5dB 。

G4.4.2 如果频谱在干扰场强测试仪的调谐频率的两侧是平滑下降,那么它在电平处的频谱宽度至少比干扰场强测试仪 -6dB 处的带宽要大五倍。

上述两种情况都是指在调谐频率的频谱幅度值。

附录 H 高频场强的测量 (参考件)

当辐射功率为 P 时各向同性的辐射系统在自由空间所产生的场强为 E :

$$E = \sqrt{\frac{Z_0}{4\pi}} \cdot \sqrt{P} \cdot \frac{1}{d} \quad \dots\dots\dots(H1)$$

式中: Z_0 ——自由空间阻抗;

d ——测量点与辐射系统之间的距离。

当 $Z_0 = 120\pi\Omega$ 时,得如下方程:

$$E = \sqrt{30P} \cdot \frac{1}{d} \quad \dots\dots\dots(H2)$$

用增益为 G 的天线来代替各向同性的辐射系统。则自由空间的场强为:

$$E = \sqrt{30PG} \cdot \frac{1}{d} \quad \dots\dots\dots(H3)$$

对于 $\lambda/2$ 偶极子,设 G 的值为 1.64,则:

$$E\lambda/2 = 7\sqrt{P} \cdot \frac{1}{d} \quad \dots\dots\dots(H4)$$

由于地面的反射,故天线是处在直射波和反射波构成的复合场中。由于直射波和反射波的路径长度不同。因而两者之间会存在相位差。故在水平极化时具有:

$$(h_S + h_E)^2/d^2 \ll 1 \quad \dots\dots\dots(H5)$$

式中: h_S ——辐射系统离地面的高度;

h_E ——被研究的复合场的点离地面的高度。

可求得这个复合的最大值为:

$$E = (7\sqrt{P}/d)2\text{Sin}(2\pi h_S h_E/\lambda d) \quad \dots\dots\dots(H6)$$

出现最大场强的条件为:

$$\text{Sin}(2\pi h_S h_E/\lambda d) = 1 \quad \dots\dots\dots(H7)$$

或 $h_S h_E/\lambda d = 1/4, 3/4, 5/4, \dots\dots\dots$ 当距离使 $h_S h_E/\lambda d \ll 1/4$ 时,正弦函数可由自变量代替:

$$E = 7\sqrt{P} \cdot \frac{1}{d}(4\pi h_S h_E/\lambda d) \quad \dots\dots\dots(H8)$$

这时不出现最大场强。可是在 300~1000MHz 频段内,根据所选定的测量距离,有可能出现 $\text{sin}\alpha = 1$ 这样的情况。此处 $\alpha = 2\pi h_S h_E/\lambda d$ 。如果出现这种情况的频率是 f_{gr} ,那么高于这个频率时的正弦值就减少。当频率 $f = 2f_{gr}$ 时,正弦函数为零。

为了避免由于这个效应而引起的误差,就必须改变高度 h_E ,直至达到与 $\text{sin}\alpha = 1$ 相应的最大场强为止。为了实现这个条件,必须在最不利的情况下,在 1~3m 的范围内改变高度。

例如:若 $h_S = 1\text{m}$, $h_E = 3\text{m}$, $d = 10\text{m}$, 则在 300MHz 时 $h_S h_E / \lambda d$ 值已超过 $1/4$ 。这就表示已经超过 f_{gr} 。

通常,当频率高于 300MHz 时,测量距离为 30m 以上时可以不需改变测量天线的高度,但是,若测量距离为 10m 和 3m , 频率为几百 MHz 时,场强随 h_E 的变化就已经非常明显了。为了检查测试仪器的布置,可用由信号发生器馈电的水平 $\lambda/2$ 偶极子代替被试仪器。如果馈入偶极子的功率为 P , 就可以根据式(H4)计算出在距离为 d 的点所产生的场强。用这样的替代法可以确定受试仪器所辐射的噪声功率。

注:本附录给出的计算数据是 30m 的测试距离时的一级近似结果。当距离更近时,上述 $(h_S + h_E)^2 / d^2 \ll 1$, 这个假设不再适用。

附 录 J

干扰测量仪天线系数校准方法

(参考件)

J1 10kHz~30MHz

J1.1 标准磁场法校准环天线系数

环天线系数主要用标准场法来检定。因为这个方法简单,操作方便。所谓标准场法,就是用一个单圈无屏蔽的平衡发送环天线,在这个已知半径的环上馈送一个已知电流 I , 那么在空间产生的准静态磁场可用下式准确地计算出来:

$$|H| = \frac{IS_1 N}{2\pi R_0^3} \left[1 + \frac{15}{8} \left(\frac{r_1 r_2}{R_0^2} \right)^2 + \frac{315}{64} \left(\frac{r_1 r_2}{R_0^2} \right)^4 + \dots \right] \times (1 + \beta^2 R_0^2)^{\frac{1}{2}} \dots (J1)$$

式中: $R_0 = [d^2 + r_1^2 + r_2^2]^{\frac{1}{2}}$;

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}。$$

当 $d \gg r_1$ 和 $d \gg r_2$ 时,则式(J1)可简化为:

$$|H| = \frac{IS_1 N}{2\pi R_0^3} \sqrt{1 + \beta^2 R_0^2} \dots (J2)$$

式中: I ——发送环上的电流, A;

S_1 ——发送环的截面积, m^2 ;

r_1 ——发送环的半径, m;

r_2 ——接收环的半径, m;

N ——环天线圈数。

校准环天线的示意图如图 J1

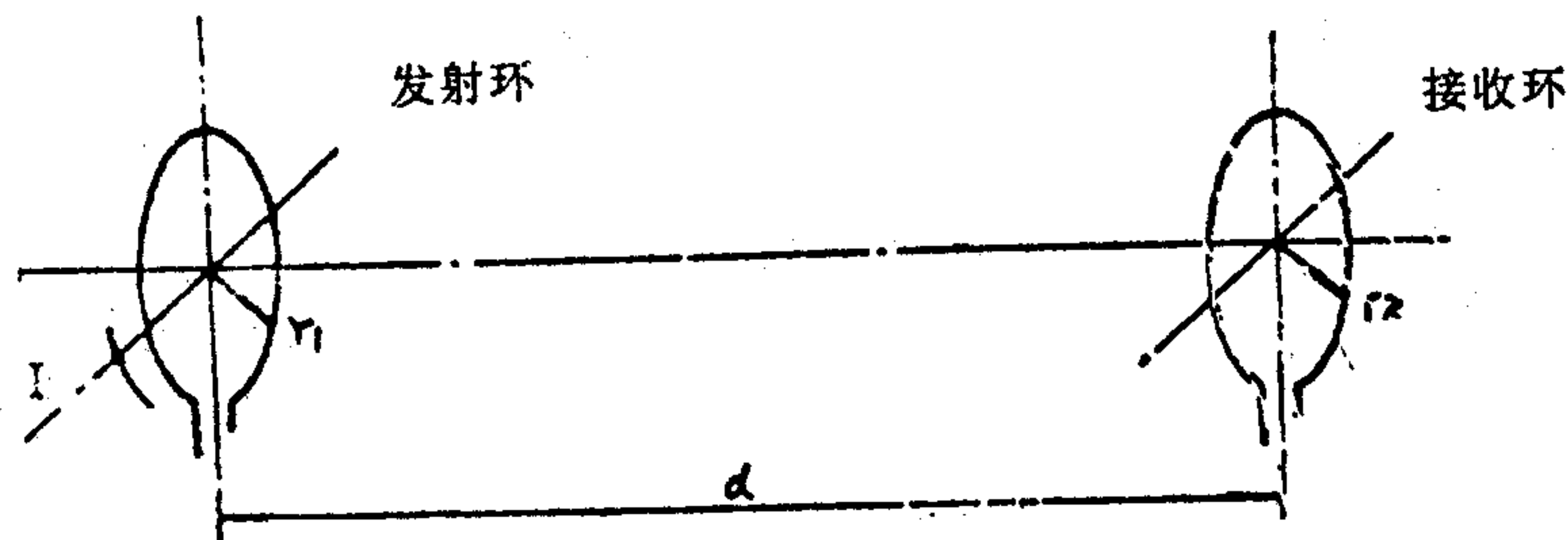


图 J1 环天线校准

式(J2)还可进一步简化为:

$$|H| = \frac{IS \cdot N}{2\pi d^3} \sqrt{1 + \beta^2 d^0} \dots\dots\dots(J3)$$

虽然环天线只对磁场分量产生反应,但是通常都是以电场的分量来刻度。这是可以实现的,因为在自由空间中存在下列之关系:

$$E = Z \cdot H \dots\dots\dots(J4)$$

式中:Z——自由空间的波阻抗, $Z = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 120\pi\Omega$ 。所以等效电场分量为:

$$E = Z \cdot H = \frac{60\pi r_1^2 IN}{d^3} \sqrt{1 + \beta^2 d^2} \dots\dots\dots(J5)$$

考虑到各种误差之后。本方法建立的标准场的误差可以达到5%。这个频段的环天线系数的校准可在室内进行。对室内环境的要求是:在距标准磁场发生器的天线及被校环天线周围一米之内,不应有较大的金属反射体。

J1.2 等效天线法校准杆状天线的天线系数

接地的垂直杆状天线参数的计算方法与悬空垂直导体相同。如图 J2 所示。

J1.2.1 有效高度

假定天线电流是正弦分布。若天线底部电流为 I , 波腹电流为 I_0 , 天线的实际长度 $L < \lambda/4$, 则天线有效高度的表示式为:

$$L_H = \frac{1}{I} \int_0^l I_0 \sin(\beta X) dX \dots\dots\dots(J6)$$

式中: β ——相位常数,即等于 $2\pi/\lambda$ 。

因为 $I = I_0 \sin\beta l$, 所以式(J6)又可写成:

$$\begin{aligned} L_H &= \frac{1}{\sin\beta l} \int_0^l \sin\beta(l-X) dX \\ &= \frac{1}{\sin\beta l} \frac{1}{\beta} [\cos\beta(l-\pi)]_0^l = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{1 - \cos\beta l}{\sin\beta l} \dots\dots\dots(J7) \end{aligned}$$

当 $l = \lambda/8$ 时,由式(J7)可知 $\beta l = \pi/4$, 所以可得:

$$\cos \frac{\pi}{4} = \sin \frac{\pi}{4} = \frac{1}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots(J8)$$

将式(J8)代入(J7)可得:

$$L_H = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{\lambda}{2\pi} (\sqrt{2} - 1)$$

$$= \frac{8l}{2\pi}(\sqrt{2}-1) = 0.527l \cong \frac{1}{2}l \quad \dots\dots\dots(J9)$$

当天线长度 $l \leq \lambda/8$ 时, 接地的垂直杆状天线的有效高度为其实际长度的二分之一。

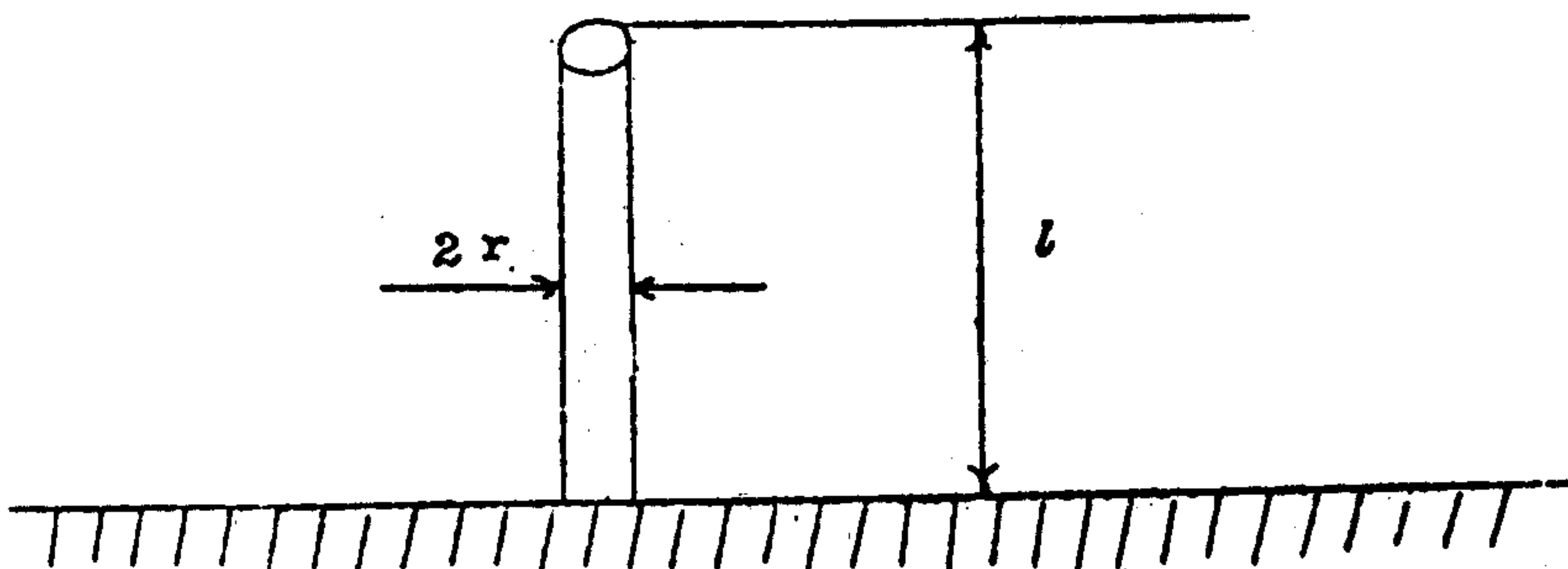


图 J2 杆状天线

J1.2.2 静电电容

$$C_0 = \frac{l}{2l_n^{1/r} + 0.4} \cdot \frac{10^{-11}}{9} [F] \quad \dots\dots\dots(J10)$$

平均半径 r 为 0.4cm、长度 l 为 1m 的垂直接地杆状天线的静电电容为:

$$\begin{aligned} C_0 &= \frac{100}{2l_n^{100/0.4} + 0.4} \cdot \frac{10^{-11}}{9} = \frac{100}{2[\frac{\lg 250}{\lg e}] + 0.4} \cdot \frac{10^{-11}}{9} \\ &= \frac{100}{11.04 + 0.4} \cdot \frac{10^{-11}}{9} = 9.7 \cdot 10^{-12} = 9.7 [PE] \end{aligned}$$

J1.2.3 电感

$$L_0 = 2l(l_n^{2/r} - \frac{3}{4}) \cdot 10^{-9} [H] \quad \dots\dots\dots(J11)$$

平均半径 r 为 0.4cm、长度 l 为 1m 的垂直接地杆状天线的电感为:

$$\begin{aligned} LL_0 &= 2 \cdot 100(l_n^{200/0.4} - \frac{3}{4})10^{-9} \\ &= 200(l_n^{500} - \frac{3}{4})10^{-9} = 200(\frac{\lg 500}{\lg e} - \frac{3}{4})10^{-9} \\ &= 1090 \cdot 10^{-9} [H] \cong 1.1 [\mu H] \end{aligned}$$

频率低于 30MHz 时, L_0 的影响可以忽略不计, 故一米长的垂直接地杆状天线可以等效为一个 10PF 的静电电容。

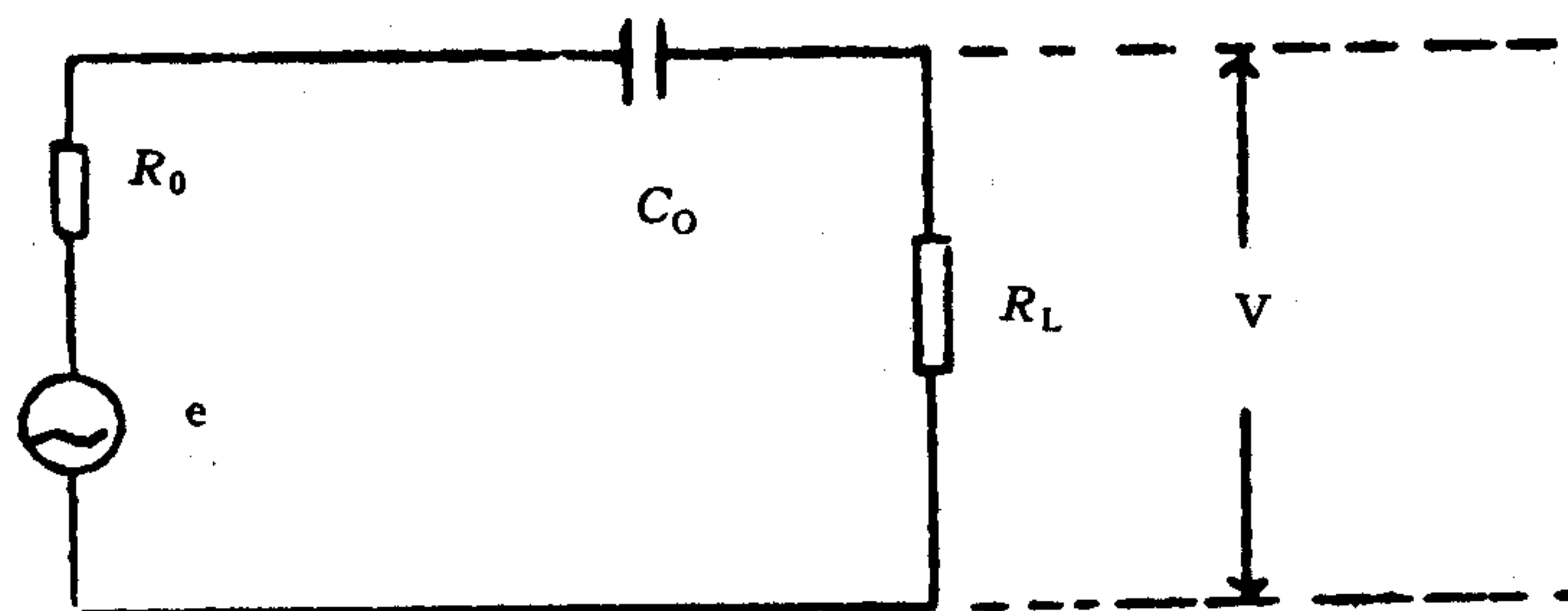


图 J3 校准杆状天线系数的等效电路

由等效电路得:

$$V = \frac{R_L}{Z}e = K \cdot e \quad \dots\dots\dots(J12)$$

式中: $Z = (R_0 + R_L)^2 + (\frac{1}{\omega C_0})^2$, e 为信号源的电动势, R_0 为信号源的源阻抗, R_L 为天线的负载电阻, K 为 R_L/Z 。

故得杆状天线的天线系数为:

$$K_{dB} = K_{dB} + L_{H_{dB}} \quad \dots\dots\dots(J13)$$

J2 30MHz—1000MHz

J2.1 标准偶极子天线法校准天线系数

电场天线的天线系数的校准, 主要用标准偶极子天线法。因为这种方法比较简单, 对场地的要求不是非常严格。标准偶极子天法的基本原理如下:

将已知有效高度的偶极子天线置于自由空间的电场中, 用射频高阻电压表直接测得天线上的感应电动势, 即可用下式求出该点的场强的绝对值:

$$E = \frac{e}{L_H} [V/m] \quad \dots\dots\dots(J14)$$

式中: e ——标准偶极子天线上的感应电动势(V);

L_H ——标准偶极子天线的有效高度(m)。

如果标准偶极子天线上的电流是正弦分布, 那么, 在测量均匀的平面波时, 它的有效高度为:

$$L_H = \frac{\lambda}{\pi} \tan \frac{\pi l}{\lambda} \quad \dots\dots\dots(J15)$$

当 $l = \lambda/4$ 时, 那么, 式(J15)可简化为:

$$L_H = \frac{\lambda}{\pi} \quad \dots\dots\dots(J16)$$

用这种方法建立的电场标准的精度为 $\pm 12\%$ 。

J2.1.1 对试验场地的要求

试验场地应是无反射物体的尽可能宽阔的场地, 通常要求场地是椭圆形, 长轴是两点距离的两倍, 短轴是两焦点间距离的 $\sqrt{3}$ 倍。标准偶极子天线或被校准的偶极子天线与辐射场强的天线分别置于椭圆的两个焦点上。来自椭圆周边上的任何反射物体的反射直线距离必须大于两焦点距离的两倍。

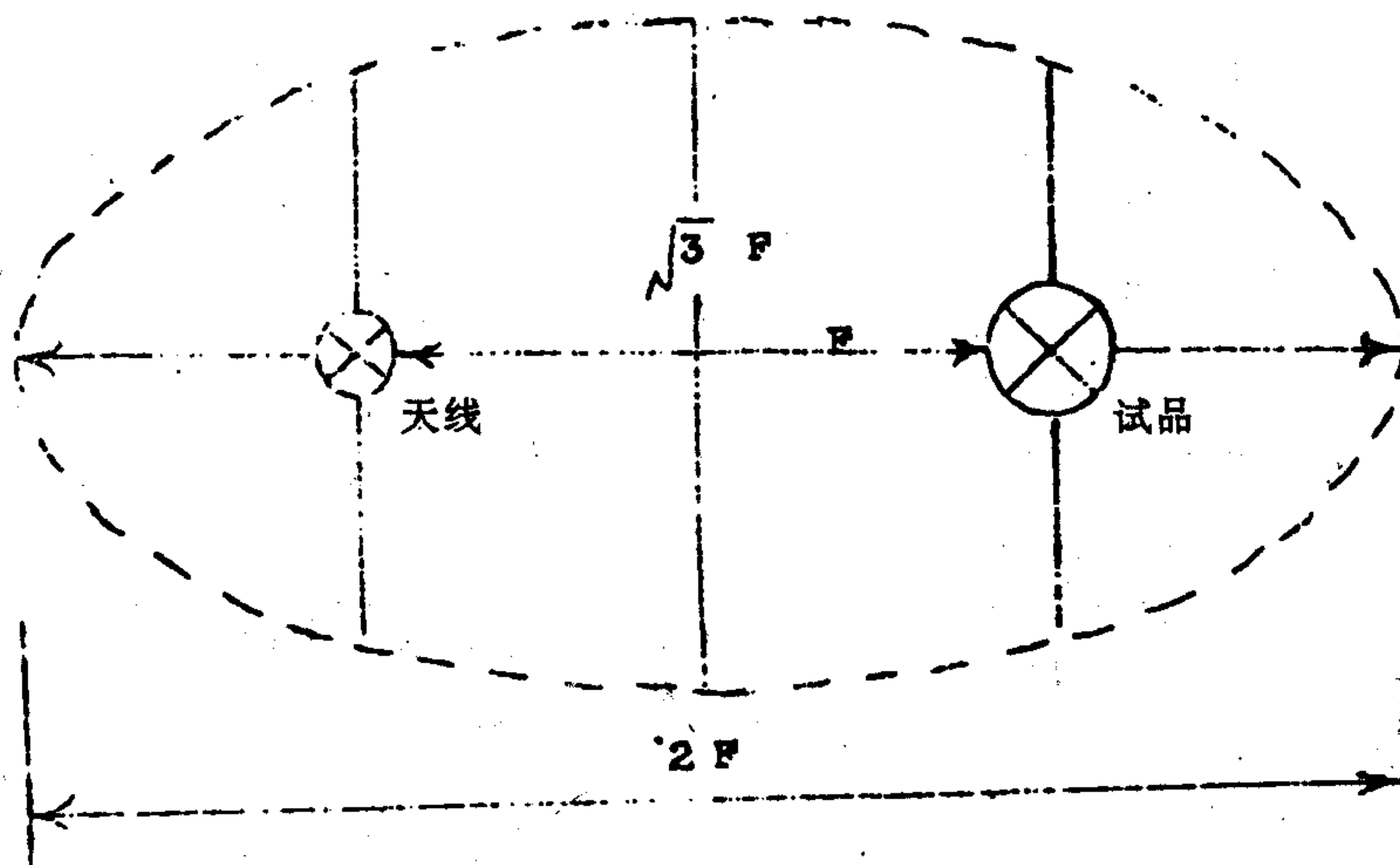


图 J4 试验场地

J2.2 互易法校准天线系数

待测天线的增益系数为：

$$G_0 = \frac{4\pi D}{\lambda} \sqrt{\frac{P_C}{P_T}} \dots\dots\dots(J17)$$

式中： P_C ——接收机的输入功率，W；

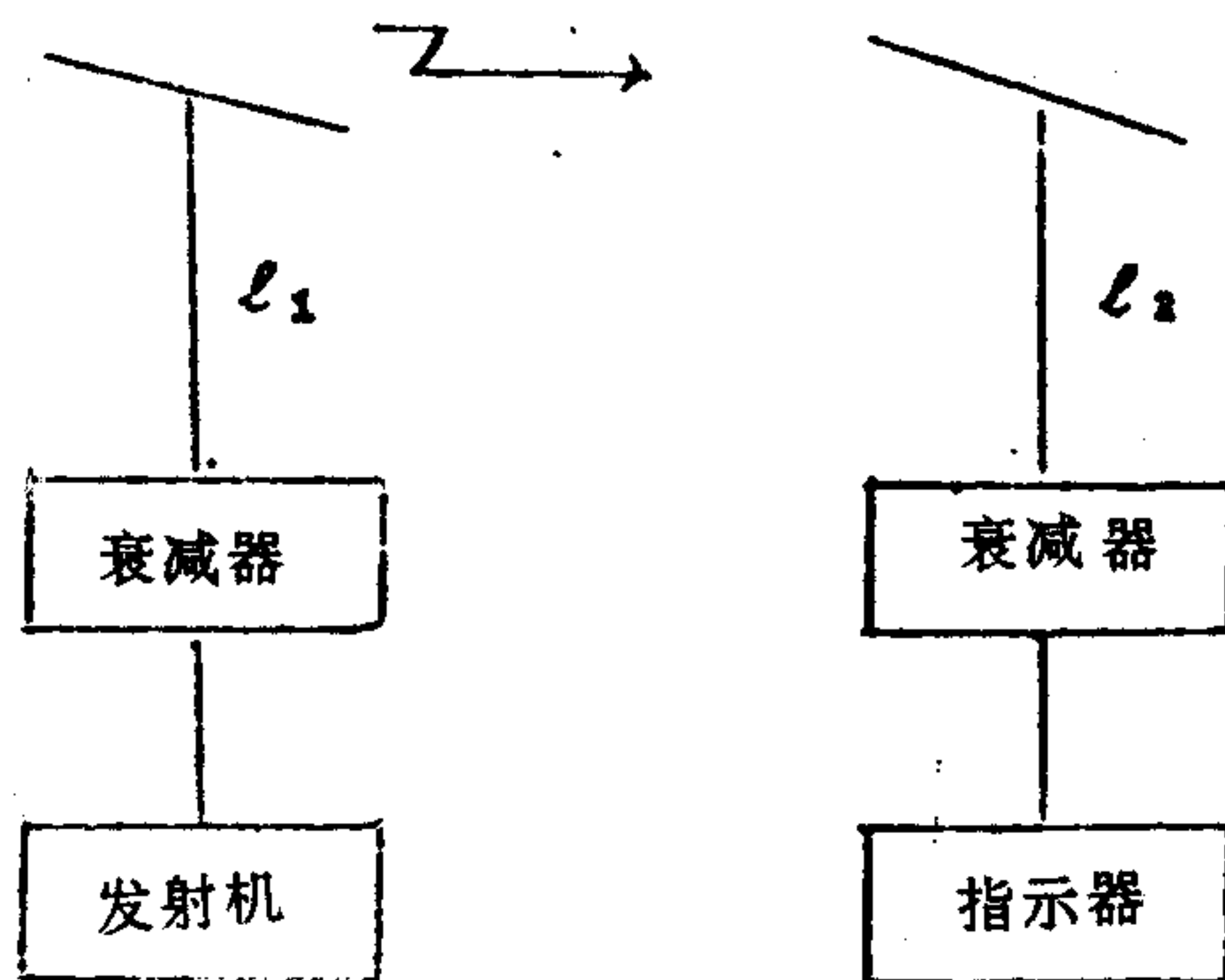
P_T ——馈送到发送天线的功率，W；

D ——收发天线间的距离。

今假设 α 表示传播损耗，并定义为：

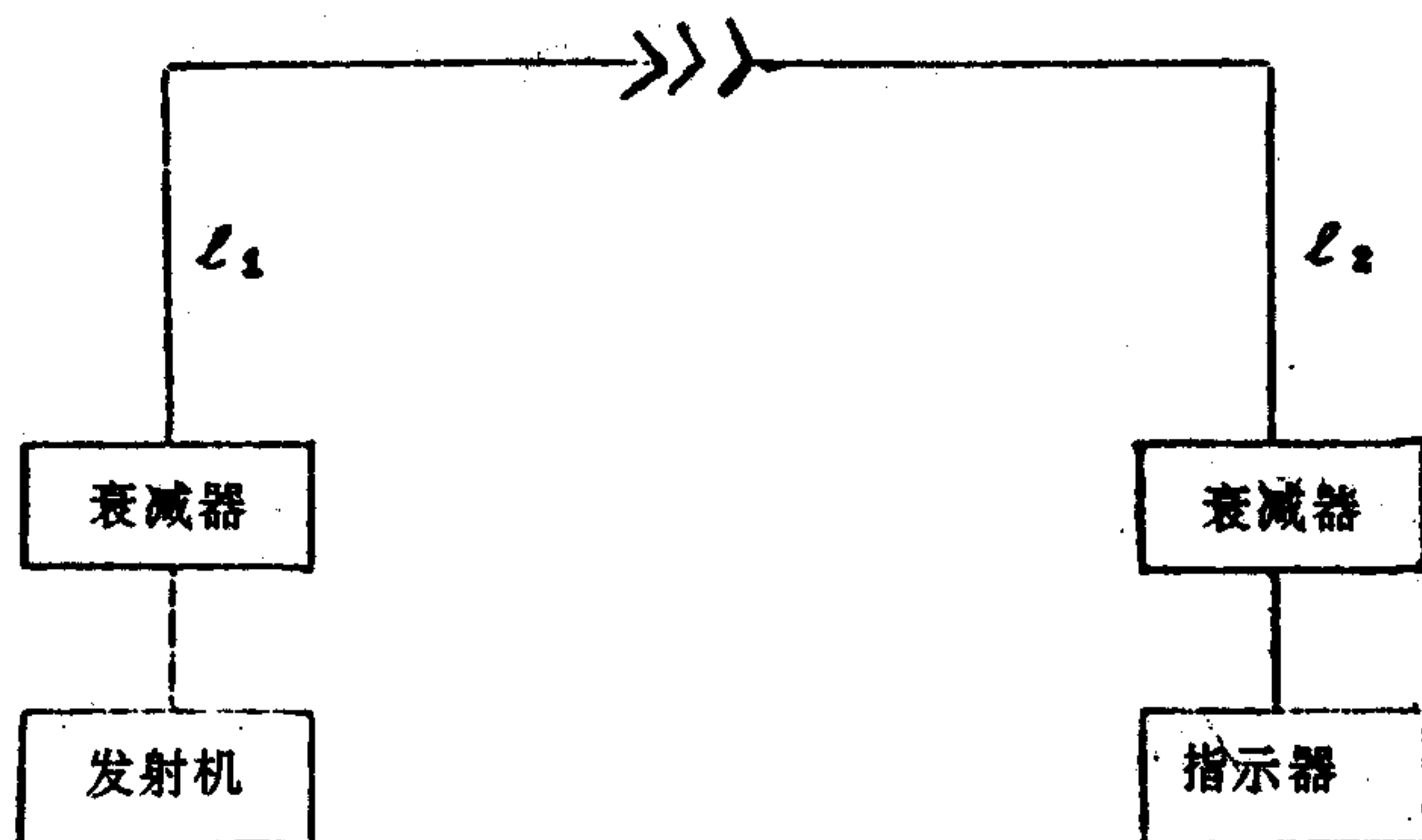
$$\alpha = \frac{P_T}{P_C} \dots\dots\dots(J18)$$

传播损耗 α ，可用测量的方法得到。测量方法如下：



(a)

图 J5 传播损耗的测量



(b)

图 J6 传播损耗的测量

首先如图 J5 所示, 馈送给发射天线以恒定功率 P_T , 经由接收天线到接收机的指示器, 得到示值 $P_1 = P_C$ 。

再如图 J6 所示, 去掉接收天线, 将接收机与发射机通过衰减器和连接电缆 l_1 、 l_2 直接相连, 保持馈送功率不变, 这时接收机指示器的示值为 $P_2 = P_T$ 。那么, 通过式(J17)可以得到 G_0 。另外, 已知发射天线增益的通式为:

$$G_1 = \frac{E^2 D^2}{30 P_T} \dots\dots\dots (J19)$$

式中: E ——距发射天线 P 点的场强;
 D ——收发天线间的距离;
 P_T ——馈送到发射天线上的功率。

当 $G_1 = G_0$ 时, 由式(J19)可导出:

$$P_T = \frac{E^2 D^2}{30 G_0} \dots\dots\dots (J20)$$

将式(J20)代入式(J18)可得场强为:

$$E = \frac{4\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{30 P_C}{G_0}} \dots\dots\dots (J21)$$

天线系数为场强 E 与接收机输入端电压 V_{in} 之比, 即:

$$K = \frac{E}{V_{in}} \dots\dots\dots (J22)$$

已知 $V_{in} = \sqrt{P_C R_{in}}$ \dots\dots\dots (J23)

将式(J20)与式(J22)代入式(J23)可得到:

$$K = \frac{E}{V_{in}} = \frac{4\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{30}{R_{in} G_0}} \dots\dots\dots (J24)$$

取对数:

$$20 \lg K = 20 \lg E - 20 \lg V_{in}$$

$$= 20\lg \frac{4\pi}{\lambda} + 10\lg \frac{30}{R_{in}G_0} \dots\dots\dots(J25)$$

此处得到的系数 K 中未包括连接电缆的损耗,在计算天线系数 K 时,应考虑连接电缆的损耗。

连接电缆损耗,可用下述的测量方法得到。首先按图 J6(b)的布置连接,由信号发生器给出功率 P_T ,接收机得到示值 P_C 。然后去掉连接电缆 L_1 和 L_2 ,将接收机与信号发生器直接连接,信号发生器给出的功率 P_T 不变,调节衰减器使接收机的示值仍为 P_C 。那么,衰减器的变化量 A_L 即为两条传输电缆的损耗,故接收天线的天线系数 k 为:

$$K_{dB} = 20\lg \frac{4\pi}{\lambda} - 10\lg \frac{30}{R_{in}G_0} + \frac{A_L}{2} [dB] \dots\dots\dots(J26)$$

校测时注意事项:

1. 连接插头要接触良好,牢固可靠。
2. 收发天线系统及其连接电缆,插头座等应完全相同。
3. 测试场地应满足要求。
4. 在测量传播损耗时,为消除地面反射的影响,应采用场平均法进行校测。

附加说明:

本规范由中国电子技术标准化研究所归口。

本规范由北京星亚新技术研究所起草。

本规范主要起草人:陈少祥。

计划项目代号:B33047。