

频谱分析与频谱测量

孙隆庆 编著

人民邮电出版社

内 容 简 介

本书较系统地讲述了各类电信号的频谱分析、频谱测量技术以及频谱分析仪的构造、原理和设计。在叙述频谱分析和频谱测量的物理概念的同时，还介绍了在实际测量中一些应该注意的问题。

本书供从事无线电测量技术方面的工程技术人员参考，尤其适合于从事微波测量技术的人员阅读。

频谱分析与频谱测量

孙隆庆 编著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1982年2月第 一 版
印张：5 16/32 页数：104 1982年2月河北第一次印刷
字数：147 千字 印数：1—5,500 册

统一书号：15045·总2557—无6172

定价：0.63 元

目 录

第一章 频 谱 分 析

§ 1.1 付利埃级数和付利埃积分	(1)
§ 1.2 频谱定理	(5)
1. 叠加定理	(5)
2. 微分定理	(5)
3. 积分定理	(6)
4. 延迟定理	(8)
5. 搬移定理	(8)
6. 反比定理	(9)
7. 乘积定理	(10)
8. 缩减定理	(10)
§ 1.3 等幅微波信号的频谱分析	(11)
§ 1.4 调幅微波信号的频谱分析	(13)
§ 1.5 调频微波信号的频谱	(16)
§ 1.6 脉冲式载波频谱的分析	(23)
1. 用理想直角脉冲调制的微波信号的频谱	(23)
2. 用梯形脉冲调幅的微波信号的频谱	(28)
3. 用三角形脉冲调制的微波信号的频谱	(32)
4. 用斜顶直角脉冲调制的微波信号的频谱	(36)
5. 用钟形脉冲调制的微波信号的频谱	(38)
6. 存在线性调频的载波脉冲的频谱	(41)
7. 载波脉冲闭锁不全时的频谱	(43)
§ 1.7 干扰脉冲的频谱	(47)
1. 阶跃脉冲	(47)

2. 尖脉冲	(48)
§ 1.8 一些常用的时域函数和频域函数对照表	(50)
§ 1.9 微波振荡器输出信号的频谱	(52)
1. 振荡器的边带噪声	(53)
2. 小信号调幅噪声测量原理	(56)
3. 小信号调相噪声测量原理	(59)
4. 频谱密度	(62)
5. 谱内噪声	(65)
§ 1.10 解调频谱	(67)
1. 线性检波	(68)
2. 平方律检波	(70)
3. 拍频检波	(71)

第二章 频谱测量

§ 2.1 梳状频率发生器简介	(76)
§ 2.2 微波参数的测量	(78)
1. 大驻波比的测量	(78)
2. 大衰减的测量	(80)
3. 各种类型滤波器的传输特性的测量	(81)
4. 低品质因数谐振腔Q值的测量	(82)
§ 2.3 窄脉冲参数的测量	(84)
§ 2.4 雷达发射机性能的检查	(85)
§ 2.5 微波放大器参数的测试	(89)
1. 微波放大器噪声系数的测量	(90)
2. 微波放大器增益的测量	(91)
3. 微波放大器失真系数和寄生振荡的测量	(93)
§ 2.6 微波振荡器参数的测量	(94)
1. 振荡器寄生调频的测量	(95)
2. 振荡器谐波失真系数和寄生振荡的测量	(96)

3. 振荡器边带噪声的测量	(98)
4. 调幅振荡器参数的测量	(100)
5. 调频振荡器的频偏和调频系数的测量	(102)
6. 压控振荡器的调频线性度的测量	(105)
7. 微波振荡器转频系数的测量	(107)
8. 脉冲调制振荡器通断比的测量	(108)
9. 微波振荡器调相噪声测量技术	(112)
9.1 平衡混频器	(113)
9.2 两个振荡器技术的调相噪声测量系统	(116)
9.3 用延迟线技术的调相噪声测试系统	(121)
10. 高功率微波放大管的噪声测量	(124)
10.1 连续波工作的高功率微波放大管的噪声测试	(125)
10.2 脉冲工作的高功率微波放大管的噪声测试	(126)
§ 2.7 电磁干扰的测量	(128)
1. 电磁兼容与电磁干扰	(128)
2. 射频干扰信号的测量	(131)
3. 噪声干扰信号的测量	(135)

第三章 频谱分析仪

§ 3.1 全景频谱仪的构造和原理	(142)
§ 3.2 扫中频频谱仪的构造和原理	(146)
§ 3.3 频谱分析仪的设计原理	(149)
1. 频谱仪频率参数的决定	(149)
1.1 频谱仪的中频带宽和频谱宽度	(149)
1.2 频谱仪的扫描时间	(152)
1.3 频谱仪的中频频率	(153)
1.4 全景接收	(155)
2. 频谱仪的灵敏度	(157)
3. 频谱仪的分辨力	(160)

4. 频谱仪显示器的动态范围	(163)
§ 3.4 频谱测量的几个问题	(166)
1. 泄漏干扰	(167)
2. 混频器的工作状态	(168)
3. 线状频谱线和脉冲状频谱线	(171)
4. 频谱仪的动态带宽与灵敏度衰减	(179)
5. 假响应的识别	(183)

附 录

1. 频谱仪的灵敏度衰减和动态带宽	(193)
2. 测量无规则噪声功率密度时,对数显示器的修正 ...	(199)

第一章 频谱分析

为了更好地了解频谱仪的应用，必须对频谱的含意有一个正确的了解。用示波器观察到的是电信号的幅度与时间的关系，这种测量属于时域技术。在定标的示波管横轴上可以直接读出脉冲上升时间、脉冲宽度及其重复频率。普通示波器可以显示频率高到 500MHz 的正弦信号，取样示波器工作频率可以达到 18GHz 以上。无论是普通示波器还是取样示波器，示波屏上看到的图像都是信号幅度与时间的关系。

频谱仪是显示信号幅度与频率的关系，这种测量属于频域技术。用付利埃级数和付利埃积分可以把时域技术与频域技术有机地联系起来。

§ 1.1 付利埃级数和付利埃积分

当周期性函数 $f(t) = f(t + KT)$ 满足狄利赫列条件时，则此函数可用三角函数的级数表示：

$$f(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} C_k e^{ik2\pi t/T} \quad (1-1)$$

上式是复数形式的付利埃级数，它表示周期性函数 $f(t)$ 可用幅度是 C_k 、频率是 $K2\pi/T$ 的正弦振荡之和来表示。

式中 K 是 $-\infty$ 到 $+\infty$ 的一切整数；

T 是周期性函数 $f(t)$ 的重复周期；

$2\pi/T$ 是角频率；

C_k 称为复数振幅, $C_k = |C_k| e^{-j\phi_k}$;
 ϕ_k 称为相位频谱,

$$C_k = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) e^{-jK2\pi t/T} dt \quad (1-2)$$

付利埃级数也可写成实数形式:

$$f(t) = a_0 + \sum_{K=1}^{+\infty} [a_k \cos(2\pi kt/T) + b_k \sin(2\pi kt/T)] \quad (1-3)$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt \quad (1-4)$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos(2\pi kt/T) dt \quad (1-5)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin(2\pi kt/T) dt \quad (1-6)$$

如函数 $f(t)$ 是奇函数, $f(-t) = -f(t)$, 则付利埃级数变成:

$$f(t) = \sum_{K=1}^{+\infty} b_k \sin(2\pi kt/T) \quad (1-7)$$

如函数 $f(t)$ 是偶函数, $f(-t) = f(t)$, 则付利埃级数变成:

$$f(t) = a_0 + \sum_{K=1}^{\infty} a_k \cos(2\pi kt/T) \quad (1-8)$$

a_0 表示函数在一周期内的平均值, 常称为直流分量。量 a_k 、 b_k 与 C_k 的关系是:

$$C_k = |C_k| e^{-j\phi_k}$$

$$= \frac{1}{2}(a_k - jb_k) \quad (1-9)$$

$$|C_k| = \frac{1}{2} \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$$

$$\tan \phi_k = \frac{b_k}{a_k}$$

$$a_k = 2 |C_k| \cos \phi_k \quad (1-10)$$

$$b_k = 2 |C_k| \sin \phi_k \quad (1-11)$$

由此得出，凡满足狄利赫列条件的周期性函数 $f(t)$ 均可用无限个幅度是 C_k 、角频率是 $2\pi k/T$ 的正弦振荡之和表示。

把付利埃级数公式改写一下就变成：

$$f(t) = C_0 + \sum_{k=1}^{+\infty} C_k \cos(k\omega_1 t - \phi_k) \quad (1-12)$$

式中 $\omega_1 = 2\pi/T$ ，是基频。

周期性函数的频谱如图(1-1)所示。其特征是：(1)对应于每个 $k\omega_1$ 值，有一个 C_k 值，频谱分布是离散性的，所以叫离散频谱，也叫线状频谱。

(2)频谱是谐波性的，是由等距离的频谱线组成的，谐波频率有着简单的倍数关系。

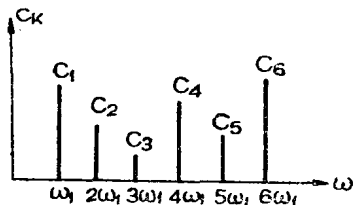


图 1-1 周期性函数的频谱

在 $-T/2$ 到 $T/2$ 的这一

段区间内，非周期性函数 $f(t)$ 满足狄利赫列条件，且在无限范围内绝对可积时，则此函数可用付利埃积分表示。

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(\omega) e^{-j\omega t} d\omega \quad (1-13)$$

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (1-14)$$

上式是复数形式的付利埃积分，是相互联系着的积分方程，每一方程为另一方程的解。用这两个方程可把时间函数变为频率函数，或把频率函数变为时间函数。其物理意义是：非周期性函数可用无限个正弦波之和来表示。

付利埃级数以正弦函数之和表示周期性函数，虽然正弦函数有无限多个，但其频率具有一定的离散值，就是说周期性函数的频谱是谐波性的线状频谱。付利埃积分以具有连续频率的正弦函数之和表示非周期性函数，就是说非周期性函数中包含着一切频率，其频谱是连续的。

由于非周期性函数 $f(t)$ 的频谱是连续频谱，它可用付利埃积分表示：

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\omega t} f(t) dt \quad (1-15)$$

若这样的非周期性函数 $f(t)$ 经过时间间隔 T 后重复一次，则得到周期为 T 的周期性函数，这种函数的频谱可用付利埃级数求得：

$$C_k = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} e^{-i2\pi Kt/T} f(t) dt \quad (1-16)$$

比较 (1-15) 式和 (1-16) 式，可看出：当幅角 $\omega = (2\pi/T)K = K\omega_1$ 时，连续频谱 $S(\omega)$ 与线状频谱 C_k 的值相重合，即 $S(\omega) = TC_k$ 。所以，决定周期性函数 $f(t)$ 的线状频谱的所有点 TC_k 都落在非周期性函数 $f(t)$ 的频谱曲线 $S(\omega)$ 上。换句话说，周期性函数 $f(t)$ 的线状频谱的包络与非周期性函数 $f(t)$ 的连续频谱的曲线是一致的。从这里也可看到由付利埃级数到付利埃积分的过渡，当周期性函数的重复周期逐渐增长时，在连

续曲线 $S(\omega)$ 上描绘的线状频谱的一些点就愈来愈密，直到与连续频谱曲线 $S(\omega)$ 相重合为止。

§ 1.2 频 谱 定 理

1. 叠加定理

如函数 $f_1(t)$ 的频谱是 $S_1(\omega)$ ，函数 $f_2(t)$ 的频谱是 $S_2(\omega)$ ，则函数 $f(t)=f_1(t)+f_2(t)$ 的频谱是 $S_1(\omega)+S_2(\omega)$ 。

根据付利埃积分公式，函数 $f_1(t)$ 的频谱是

$$S_1(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\omega t} f_1(t) dt$$

函数 $f_2(t)$ 的频谱是

$$S_2(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\omega t} f_2(t) dt$$

则函数 $f_1(t)+f_2(t)$ 的频谱是

$$\begin{aligned} S(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\omega t} (f_1(t) + f_2(t)) dt \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\omega t} f_1(t) dt + \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\omega t} f_2(t) dt \\ &= S_1(\omega) + S_2(\omega) \end{aligned}$$

线性和叠加原理同时应用在时域和频域，函数线性相加以后的频谱就是它们频谱的线性和。换句话说，任何函数可以看成是许多分量之和，因而其频谱也是分量频谱之和。

2. 微分定理

如函数 $f(t)$ 的复数频谱是 $S(\omega)$ ，则函数 $f^{(n)}(t) = \frac{d^n f(t)}{dt^n}$ 的

复数频谱是 $(j\omega)^n S(\omega)$ 。即函数 n 阶导数的频谱是 $(j\omega)^n$ 乘上该函数的频谱。

根据付利埃积分公式，函数 $\frac{d^{(n)}f(t)}{dt^{(n)}}$ 的频谱是

$$\begin{aligned}
 S_{(n)}(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} \frac{d^{(n)}f(t)}{dt^{(n)}} dt \\
 &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} d \left[\frac{d^{(n-1)}f(t)}{dt^{(n-1)}} \right] \\
 &= e^{-j\omega t} \left[\frac{d^{(n-1)}f(t)}{dt^{(n-1)}} \right] \Big|_{-\infty}^{+\infty} + j\omega \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} \frac{d^{(n-1)}f(t)}{dt^{(n-1)}} dt \\
 &= j\omega \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} d \left[\frac{d^{(n-2)}f(t)}{dt^{(n-2)}} \right] \\
 &= \dots\dots\dots \\
 &= (j\omega)^n \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \\
 &= (j\omega)^n \cdot S(\omega)
 \end{aligned}$$

一只微分网络在一定频率范围内具有传输函数是 $jK\omega$ ，因此输出电压正比于输入电压的导数。式中 K 是无量纲的或具有阻抗或导纳的量纲。

3. 积分定理

若函数 $f(t)$ 的复数频谱是 $S(\omega)$ ，则

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) (dt)^n$$

的复数频谱是 $(j\omega)^{-n} \cdot S(\omega)$ 。即函数 n 重积分的频谱是 $(j\omega)^{-n}$ 乘

上该函数的频谱。

根据付利埃积分公式，函数

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) (dt)^{(n)}$$

的频谱是

$$\begin{aligned} S_{(-n)}(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) (dt)^{(n)} \right] dt \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d(e^{-j\omega t})}{-j\omega} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt^{(n)} \right] \\ &= -\frac{1}{j\omega} \left\{ e^{-j\omega t} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt^{(n)} \right] \right\} \Big|_{-\infty}^{+\infty} \\ &\quad + \frac{1}{j\omega} \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt^{(n-1)} \right] \right\} \\ &= \frac{1}{j\omega} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt^{(n-1)} \right] \\ &= \dots\dots \\ &= -\frac{1}{(j\omega)^2} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} f(t) dt \\ &= \frac{1}{(j\omega)^n} \cdot S(\omega) \end{aligned}$$

一只积分网络在一定频率范围内具有传输函数是 $\frac{K}{j\omega}$ ，因此输出电压正比于输入电压的积分。式中 K 是无量纲的或者具有阻抗或导纳的量纲。

4. 延迟定理

若函数 $f(t)$ 的复数频谱是 $S(\omega)$ ，则函数 $f(t-\tau)$ 的复数频谱是 $e^{-j\omega\tau} \cdot S(\omega)$ 。

根据付利埃积分公式，函数 $f(t-\tau)$ 的频谱是

$$S_{(t-\tau)}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} f(t-\tau) dt$$

令 $u = t - \tau$ ，则 $f(t - \tau) = f(u)$ ， $du = dt$ ，

代入后得

$$\begin{aligned} S_{(t-\tau)}(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega(u+\tau)} f(u) du \\ &= e^{-j\omega\tau} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega u} f(u) du \\ &= e^{-j\omega\tau} S(\omega) \end{aligned}$$

函数 $f(t)$ 延迟一段时间 τ ，其频谱等于 $e^{-j\omega\tau}$ 乘上函数 $f(t)$ 的频谱，也就是在 $f(t)$ 频谱的相位上加上一个线性相位 $\theta = -\omega\tau$ ，而其频谱包络保持不变。

5. 搬移定理

若函数 $f(t)$ 的复数频谱是 $S(\omega)$ ，则函数 $e^{j\Omega t} f(t)$ 的复数频谱是 $S(\omega \mp \Omega)$ 。

根据付利埃积分公式，函数 $e^{j\Omega t} f(t)$ 的复数频谱是

$$\begin{aligned} S_{\Omega}(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} \{e^{j\Omega t} f(t)\} dt \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j(\omega \mp \Omega)t} f(t) dt \end{aligned}$$

$$=S(\omega \mp \Omega)$$

给时域函数 $f(t)$ 乘上 $e^{\pm i\Omega t}$ ，能使其频谱的中心频率从频率是 ω 的点移到频率是 Ω 的点，而其频谱包络保持不变。也就是用函数 $f(t)$ 对载频 Ω 进行幅度调制，其频谱的包络保持不变，只不过频谱的中心频率搬移到 Ω 就是了。

6. 反比定理

若函数 $f(t)$ 的频谱是 $S(\omega)$ ，则函数 $f(Kt)$ 的复数频谱是 $\frac{1}{K} S\left(\frac{\omega}{K}\right)$

根据付利埃积分公式，函数 $f(Kt)$ 的复数频谱是

$$S_k(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\omega t} f(kt) dt$$

令 $kt=u$ ，则 $t=\frac{u}{K}$ ， $dt=\frac{1}{K}du$

代入后得：

$$\begin{aligned} S_k(\omega) &= \frac{1}{K} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\omega u/k} f(u) du \\ &= \frac{1}{K} S\left(\frac{\omega}{K}\right) \end{aligned}$$

时域函数的宽度增加 K 倍时，其频域函数的频谱宽度就减小 K 倍，使时间与带宽的乘积保持不变。由于能量分布在较窄的带宽内，所以频谱的幅度也减小 K 倍。例如，宽度是 $\Delta t=\tau$ 的矩形脉冲的频谱的主瓣宽度是 $\Delta f=\frac{1}{\tau}$ ，所以， $\Delta f \cdot \Delta t=1$ 。当 τ 增加 K 倍时，即 $\Delta t=K\tau$ ，其频谱的主瓣宽度减小 K 倍，即 $\Delta f=1/K\tau$ ，其乘积保持不变，即 $\Delta f \cdot \Delta t=1$ 。

7. 乘积定理

若函数 $f_1(t)$ 的复数频谱是 $S_1(\nu)$, 函数 $f_2(t)$ 的复数频谱是 $S_2(\nu)$, 则函数 $f(t)=f_1(t) \cdot f_2(t)$ 的复数频谱是 $S(\omega)=\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(\nu) \cdot S_2(\omega-\nu) d\nu$.

根据付利埃积分公式得

$$f_1(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(\nu) e^{i\nu t} d\nu$$

两边乘上 $\phi_2(t)$, 并在 $\pm\infty$ 内对 t 积分得

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(t) \cdot \phi_2(t) dt &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \phi_2(t) dt \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(\nu) e^{i\nu t} d\nu \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(\nu) d\nu \int_{-\infty}^{+\infty} \phi_2(t) e^{i\nu t} dt \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(\nu) \cdot S_2(-\nu) d\nu \end{aligned}$$

令 $\phi_2(t)=f_2(t)e^{-i\omega t}$, 则根据频谱搬移定理得 $S_2(\nu)=S_2(\omega+\nu)$ 即: $S_2(-\nu)=S_2(\omega-\nu)$, 所以

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f_1(t) \cdot f_2(t) e^{-i\omega t} dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(\nu) \cdot S_2(\omega-\nu) d\nu$$

8. 缩减定理

如函数 $f_1(\tau)$ 的复数频谱是 $S_1(\omega)$, 函数 $f_2(\tau)$ 的复数频谱是 $S_2(\omega)$, 则函数 $f(t)=\int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\tau) \cdot f_2(t-\tau) d\tau$ 的复数频谱是 $S(\omega)=S_1(\omega) \cdot S_2(\omega)$.

根据付利埃积分公式, 函数 $\int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\tau) \cdot f_2(t-\tau) d\tau$ 的复

数频谱是

$$\begin{aligned} S(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} dt \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\tau) \cdot f_2(t-\tau) d\tau \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\tau) d\tau \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega t} f_2(t-\tau) dt \end{aligned}$$

令 $u = t - \tau$, 则 $t = u + \tau$, $du = dt$, 代入后得

$$\begin{aligned} S(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\tau) d\tau \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega(u+\tau)} f_2(u) du \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega\tau} f_1(\tau) d\tau \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\omega u} f_2(u) du \\ &= S_1(\omega) \cdot S_2(\omega) \end{aligned}$$

上述八个频谱的一般定理, 在分析频谱时是很有用的, 它使数学分析简化, 概念明确, 是频谱分析的强有力的数学工具, 因此必须很好地理解它, 使用它。

§ 1.3 等幅微波信号的频谱分析

用频谱仪接收一个简单的等幅正弦信号时, 如果频谱仪的本振以较慢的速度扫过该信号时, 则显示器上得到的显示应是频谱仪末级中频放大器的通带特性曲线。一个纯的等幅正弦信号, 在频谱仪显示器上应是一根竖线, 当频谱宽度逐渐降低时, 所显示的竖线就逐渐展宽, 最后变成频谱仪的末级中频放大器的带通特性。