

5cm 微带“参放”定量检测

王志武

(浙江省舟山市气象局, 316004)

提 要

简要地说明了 713 雷达微带“参放”的原理, 提出一种“参放”调试方法, 使机务人员对分布参数电路的原理分析调试及注意事项有进一步的了解。

关键词: 微带“参放” 分析 调试

引 言

713 型天气雷达接收机中的高放电路是由分布参数的微带“参放”组成, 损坏率较高且对其透彻的理论分析和严格的调试均具相当的难度。本文提出的微带“参放”等效电路分析和调试方法基本可满足实际需要, 还可为其它同类型电路分析和调试提供借鉴。

1 5cm 微带“参放”的等效电路

画出 5cm 微带“参放”的等效电路并对它进行理论分析是为了在修复和调试该参放中可明确地知道如何选择变容管和体效应管及参数的动态趋势。

有环形器微带“参放”的等效电路见图 1。

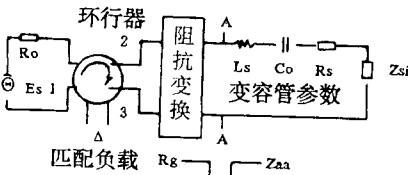


图 1 环形器微带“参放”等效电路

图 1 中的 Z_{si} 是由于非线性电容的能量转换作用, 使得闲路引入信路的阻抗:

$$Z_{si} = -\gamma^2 / (\omega_s \omega_i C_0^2 Z_i^*) \quad (1)$$

其中, γ 是功率因子; ω_s 是信路频率; ω_i 是闲路频率; Z_i 是闲路阻抗。

1.1 功率增益 G_0

因为待放大的信号由 A—A 面进入信路, 放大后的信号由 A—A 面反射出来, 所以 A—A 面上的电压反射系数 Γ 的平方即是功率增益 G_0 。即

$$G_0 = |\Gamma|^2 = \left| \frac{R_g - Z_{aa}}{R_g + Z_{aa}} \right|^2$$

$$= \left| \frac{R_g - R_s - jX_s - Z_{si}}{R_g + R_s + jX_s + Z_{si}} \right|^2 \quad (2)$$

当信路和闲路都调谐时 ($X_s = X_i = 0$), 则有:

$$G_0 = \{ [(R_g - R_s) / (R_g + R_s) + \alpha]^2 / (1 - \alpha)^2 \} \quad (3)$$

其中负阻系数 $\alpha = \gamma^2 / [\omega_s \omega_i C_0^2 (R_g + R_s) R_s]$ 。由此得出结论:

(1) $G_0 \propto \alpha$, 而 $\alpha \propto P_P$ (泵浦功率) (即 $\gamma \propto U_P \sqrt{(U_0 + \Phi)}$), 所以调节 P_P 可在大范围调节 G_0 , $\alpha \rightarrow 1$ 时会引起 G_0 急剧变化;

(2) 增大 R_g / R_s 会使功率稳定性得到改善, 但 R_g 太大又使 G_0 不够, 希望选变容管 R_s 小些, 取 $R_s < 1.8 \Omega$;

(3) $\alpha = 0$ 时, $G_0 \approx 1$, 说明参放出现故障时仍使信号畅通, 但需再计入插入损耗值。

1.2 噪声系数最小值 NF_{\min}

NF_{\min} 由下式决定:

$$NF_{\min} = 10 \times \lg \left[1 + \frac{\alpha f_i}{(\gamma Q_s)^2 f_s - \alpha f_i} \right] \times$$

$$(1 + \alpha \frac{f_s}{f_i}) + c < 2.5(\text{dBz}) \quad (4)$$

可满足要求。式中变容管 $Q_s > 22$, γ 取 0.2, α 取 0.75, 损耗值 $C = 0.8\text{dBz}$ 。由

$$NF = 1 + (T_d/T_0)\{(R_s/R_g) + \alpha(W_s/W_i)[1 + (R_s/R_g)]\} \dots \quad (5)$$

为降低 NF , 需要:

- ①减小 R_s 值, 仍取 $R_s < 1.8\Omega$;
- ② Q_s 值取大些, $Q_s > 22$;
- ③减小 W_s/W_i 值, 即高泵频运行, 但本机已限制了;
- ④降低 α , 即降低增益, 需统筹兼顾。

1.3 功率增益 G_0 随参数的变化

1.3.1 泵浦功率 P_p 对 G_0 的影响

根据:

$$dG_0/G_0 = dG_p/G_p = K_p \times dP_p/P_p \quad (6)$$

式中, K_p 叫增益不稳定系数, $K_p = f(\alpha \sqrt{G_0} \cdot \frac{R_s}{R_g})$ 。泵浦功率波动时影响较大, 所以需对泵源采取稳幅措施; 高增益运行时不利; R_s 仍取小些。

1.3.2 偏压 E_0 变化对 G_0 的影响

由

$$|dG_p/G_p| = K_p \times d(\Phi - E_0)/(\Phi - E_0) \quad (7)$$

所以需采取高稳定度的偏压源。

1.3.3 温度变化对 G_0 的影响

由于温度变化引起 R_s 、 C_0 和 γ 变化, 导致 G_0 变化, 还使泵浦系统失配, 所以需采取温度补偿系统, 采用不同线胀系数的材料制造腔体。

1.3.4 泵浦频率 ω_p 对 G_0 的影响

根据:

$$|dG_0/G_0| = K_p \times \omega_p/(\omega_p - \omega_s) \times d\omega_p/\omega_p$$

而

$$d\omega_p/\omega_p = 0.5 \times d\epsilon_r/\epsilon_r \quad (8)$$

即水蒸气对 ω_p 影响甚大, 所以需对振荡器密封, 还要采用隔离器使振荡器与负载隔离, 以免负载变化引起 ω_p 变化。

1.4 求变容管的静态参数值 C_{j0}

现取用变容管 WB52 一般参数 $L_s = 2.8\text{nH}$, 又选变容管自谐振频率为空闲频率 f_i , 得:

$$C_{j0} = 0.7 \times C_0 = 0.7 \times /(\omega_i^2 \times L_s) \quad (9)$$

实取 $C_{j0} = 0.57 - 0.64\text{PF}$, 并用低温材料金属钎焊接。

2 5cm 微带“参放”的调试方法

本文所言的调试方法是基于一般使用单位现有条件并结合本人积累的调试经验提出来的, 经实践证明这一方法完全能够调试好参放。

2.1 P_p 、 ω_p 和 $d\omega_p/\omega_p$ 的测量

测量框图见图 2。

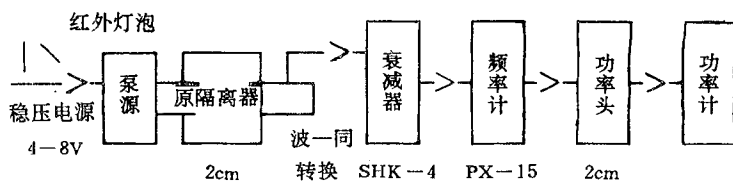


图 2 测量框图

当加热并恒温在 40°C 左右时, 测试值应如下:

$$P_p \geq 24\text{MW}; f_p \approx 16\text{GC} \pm 50\text{MC} \text{ (记下调}$$

谐杆对应的位置); 记下 U_p 和 I_p 的值; 将频率计 PX-15 调到吸收点半小时内频偏 $d\omega_p/\omega_p \leq 0.001$ 。

注意事项:

①由于体效应管的反向特性差,所以千万不能将体效应管反偏;也不要再用三用表去测体效应管的正反向电阻;而且不能瞬间过压($\geq 9V$)。

②为了减小泵浦功率 P_p ,需增加泵浦功率的耦合度,这要求泵浦功率通道的机械和电气接触良好外,还要在微带盒中变容管底座和微带基片之间加一厚0.15mm的薄片。

2.2 微带“参放”的调试

调试框图见图3。

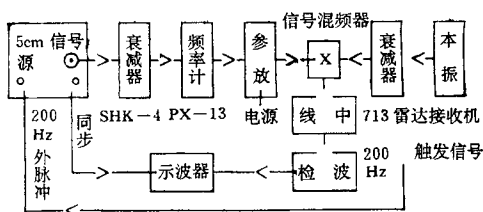


图3 调试框图

调试步骤:

①将5cm信号源调到5.4GHz附近,等信号源稳定、“参放”恒温后,关闭泵源。“手动”调谐本振频率,使整个系统进入最佳状态,调衰减器使示波器上波形便于观察;

②加上泵电源并微调偏置电源($-0.7V \pm 0.5V$ 一般为 $-0.1V$),此时“参放”在 f_s 附近应有放大作用,这时“参放”的中心频率 f_0 可能不在 f_s 。这主要是由于闲路失谐,可用金属钨粘贴微带闲路末端来改变 Z_{in} ;也可微调(在记号内)泵源调谐杆使“参放”的 $f_0 \approx f_s$,再微调偏置电源使波形最佳;

③用频率计PX-13测量信号源输出频率,即为 $f_s, f_s = 5.4GHz \pm 20mc$ 。记录下泵电源和偏置电源的值,为以后工作中的值;

④关闭泵电源,再改变SHK-4衰减值,使输出波形幅度一样,SHK-4上的改变值即为“参放”的 G_p ,且 $G_p \geq 12dBz$;

⑤改变信号源频率并调谐“手动”电位器,使“参放”从最大的 G_p 处下降3dB,则对应上下边频 $F1 - F2 = \Delta F$,即为“参放”的通带宽度;

⑥调“参放”的温控电位器,应使“参放”的微带盒温度保持在 $40 \pm 1^\circ C$;

⑦让“参放”连续工作4小时,并定时开关“泵源”电源,观察示波器上的波形幅度变化量,即为 ΔG ,且 $\Delta G \leq 1dBz$ 。

参考文献(略)

The Quantitative Detection of the 5cm Microband Parametric Amplifier

Wang Zhiwu

(Zhoushan Meteorological Bureau, Zhejiang Province 316004)

Abstract

The principle of the microband parametric amplifier of 713 radar is briefly presented. A method adjusting the parametric amplifier is given to be used in the operation.

Key Words: parametric amplifier microband adjusting