

一种新型功率放大器

许昌继电器研究所 王奎甫 刘广亮

由于输电线上存在很强的干扰电压,因而在对电力线载波通信质量进行精确的分析与测量和进行高频保护专用收发信机的调试时,需要有较大功率输出的功率放大器,为此我们设计了一种新型的功率放大器。该放大器具有输出功率大($\geq 20\text{W}$,如需要可以 $\geq 40\text{W}$)、谐波衰耗大、非线性失真小、增益稳定、体积小、使用方便等特点。

1 本功率放大器的主要特点

1.1 输出功率大: $P_z \geq 20\text{W}$ (43dBm)

1.2 具有输出阻抗转换功能:通过输出阻抗转换开关,可使输出阻抗置于 75Ω 、 100Ω 、 150Ω 和高阻抗中的任一档。

1.3 频率特性好:在 $10\sim 500\text{kHz}$ 工作范围内,输出功率电平差小于 0.5dB 。

1.4 具有短路保护作用:当负载发生短路时,通过保护电路自动断开放大器的输入信号,从而保护了功放管。

2 电路和工作原理

功率放大器的电路如图1所示

2.1 输入回路:由晶体管 V_1 、电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、电容 C_1 、 C_2 、 C_3 组成。此电路中 R_2 的B端交流电位与 R_4 两端的输出电压 U_{R_4} 相同,当输入信号 U_i 增加时,A端电位也随之增加,因此B端电位能自动抬举。设跟随器的电压增益为 K_v ,则: $U_{R_4} = K U_i$

$$\text{流过 } R_2 \text{ 的电流: } I_{R_2} = \frac{U_{R_2}}{R_2} = \frac{U_i - U_{R_4}}{R_2} = \frac{U_i(1 - K_v)}{R_2}$$

因此 R_2 支路的等效电阻为:

$$R_2' = \frac{U_i}{I_{R_2}} = \frac{R_2}{1 - K_v}$$

当 $K_v \rightarrow 1$ 时, R_2' 的数值很大,因此该放大器具有很高的输入阻抗,可以不加阻抗转换直接与振荡器相配接。

2.2 功率放大部分:该部分属于直接耦合式准互补推挽功率放大器,输入信号通过输入回路经 C_4 送到前置级,前置级由 V_2 、 V_3 构成单端输入、单端输出的非平衡差动放大器,由 V_8 、 V_{10} 、 C_5 、 C_6 、 R_6 组成的电路对 V_2 、 V_3 进行电源滤波并组成 V_2 、 V_3 的恒流源,由于 V_8 的射极电流 $I_{R_8} = \frac{U_{R_8}}{R_8} \approx 4\text{mA}$ 不变,所以当环境温度在很大范围内变化时,差动放大器的静态工作电流 I_{C_2} 、 I_{C_3} 也能保护恒定。前置级的输出信号从 V_2 的C极输送给推动级 V_6 。

该放大器与其它放大器的区别是在前置级和推动级间加了一个低通滤波器,该低通滤波器由 L_1 、 R_{11} 、 C_7 、 C_8 、 C_9 、 R_{12} 、 R_{13} 组成,用于滤除 500kHz 以上的高频谐波,使放大器的谐波衰耗指标大大提高。

V_5 、 R_{P1} 、 R_{17} 、 R_{21} 构成恒压源,用于决定倒相级 V_7 、 V_9 和输出级 V_{11} 、 V_{12} 的直流工作状态。调整 R_{P1} 可有效地改变 V_7 、 V_9 两个基极之间直流电压降 U_{B_1}' ,使其工作在甲、乙类状态以减少交越失真。

V_7 、 V_8 为互补倒相级， R_{23} 、 R_{24} 、 R_{25} 为泄流电阻，用以减小流入输出管 V_{11} 、 V_{12} 的反向饱和电流，增加输出级的C、e极反向耐压及热稳定性。

V_{11} 、 V_{12} 构成放大器的输出级。串联在 V_{11} 、 V_{12} 发射极电路中的 R_{26} 、 R_{27} 用来取得交、直流负反馈，达到稳定工作点和改善输出信号波形的目的。

$$\text{该放大器的输出功率, } P_o = \frac{U_m^2}{2R_o}$$

U_m ——输出峰值电压

R_o ——放大器的等效输出电阻

如设 $E_c = 38V$, $\eta = 80\%$, $R_o = 18\Omega$

则, $U_m = \eta E_c = 30V$

$$P_o = \frac{U_m^2}{2R_o} = 25W$$

如变压器效率 $\eta_T = 80\%$

则输出负载上得到的功率: $P_T = \eta_T P_o = 20W$

在输出级中的电容 C_{17} 的作用有: ①隔直流, ②沟通输出级与负载之间的交流通路 ③利用工作时自身的充放电代替一个电源以保证推挽电路正常工作。

输出变压器 T_1 的主要作用是进行阻抗变换, 将 R_o 18Ω 变成 75Ω 、 100Ω 、 150Ω 。

R_{10} 既是功率放大器的大环路直流电流负反馈电阻, 用来稳定整机的工作点, 又是与电容 C_{18} 、电阻 R_{22} 共同构成功率放大器的环路交流电压负反馈, 用以提高整机的各项质量指标。

2.3 短路保护电路: 由取样电阻 R_{31} 、电压比较器 N_1 、模拟开关 N_2 等组成。当电路出现短路时, R_{31} 上的电压发生变化, 当 R_{31} 上的电压大于 $0.3V$ 时, N_1 的5脚的电位大于4脚电位, N_1 的2脚输出正电位, N_2 的1、2脚接通, N_2 的12脚为负电位, N_2 的10、11脚断开, 使输入信号不能进入功率放大部分, 从而保护了功放管。

另外该功率放大器还加有电平指示回路, 用于指示输出功率电平及电压的大小。

本功率放大器的静态工作电流为 $100\sim 130mA$, 有 $20W$ 功率输出时总电流为 $560mA$ 左右。放大器的频率特性如表1所示, 谐波衰耗特性如表2所示。

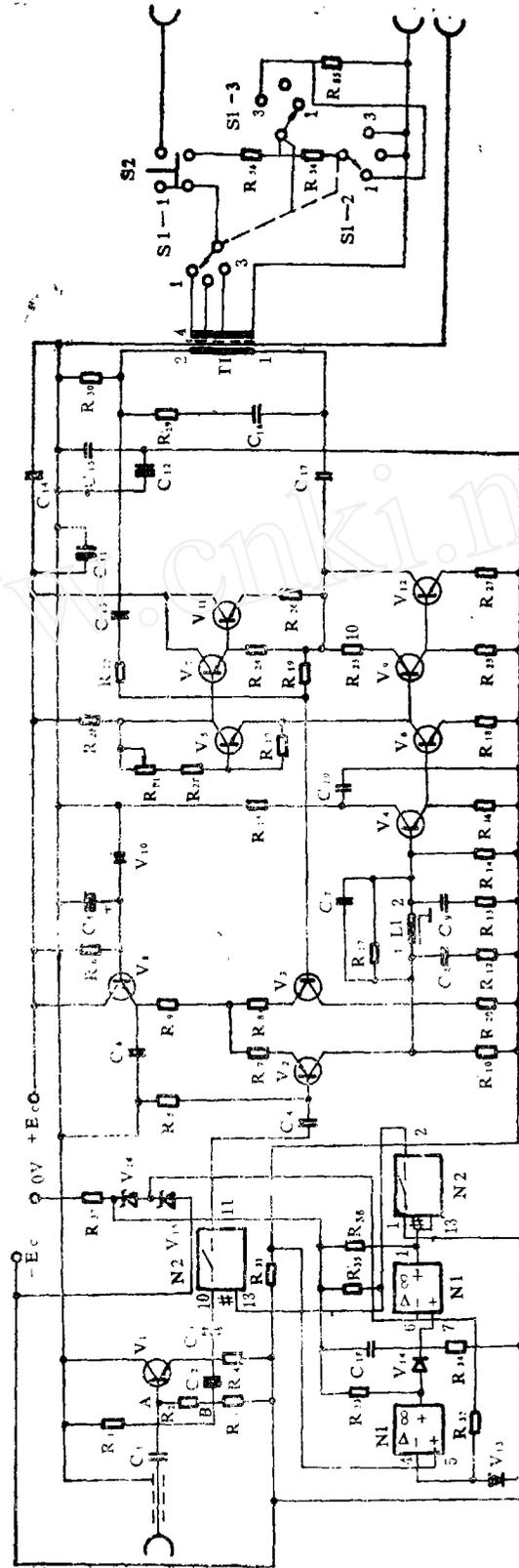
表1 频率特性(输入信号保持 $6dB/75\Omega$ 不变)

输入信号频率(kHz)	10	50	100	150	200	300	400	500
输出功率电平(dBm)	42.8	43	43	43	43	43	43	42.9

表2 谐波衰耗

f(kHz)	二次谐波	三次谐波
50	52	63
100	55	62
200	52	56
300	59	

上述功率放大器目前已作为一种定型产品, “GGF-1型高频功率放大器”由许昌继电器厂生产, 可供用户选用。



功率放大器电路图