

等离子电源的工作原理

电源的工作原理其实就是 D 类功率放大器，即串联型电压开关放大器，如图 1. 36 所示。

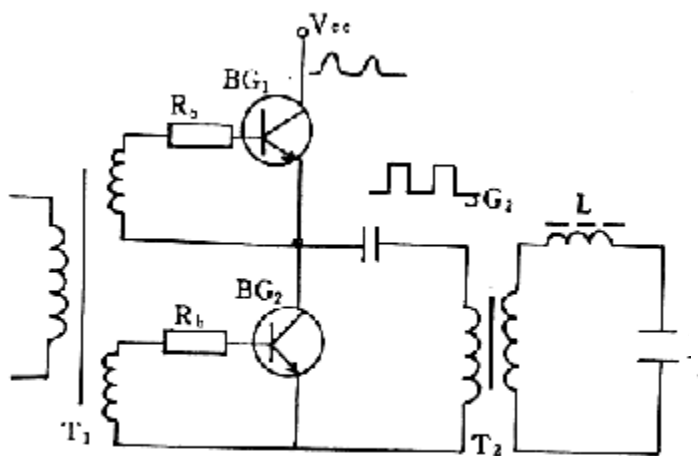


图1.36 串联电压开关放大器

串联电压开关型 D 类功率放大器的分析与设计

图 1. 37 所示电路是图 1. 36 实际电路的等效电路，所不同的是图 1. 36 中的负载 R_L 可看作变压器次级反应器在谐振时的纯阻反映到变压器初级的电阻。BG1 与 BG2 为两个参数基本相同的晶体管 (IGBT)，LC 串联回路对工作频率 f_0 谐振。

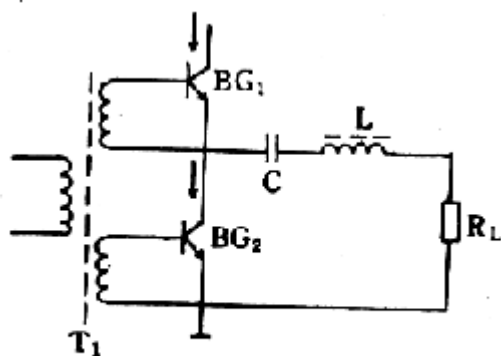


图1.37 电压开关型 D 类功率放大器

假如激励信号是频率为 f_0 的正弦波，在正半周时，BG1 饱和导通，BG2 截止；负半周时 BG1 截止，BG2 饱和导通。图 1. 38 为其电压、电流波形。

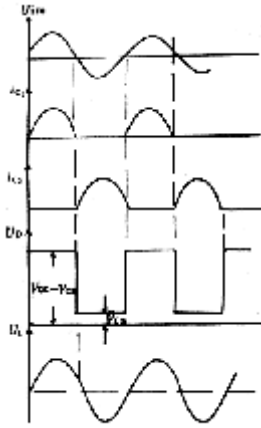


图1.38 放大器的电压、电流波形

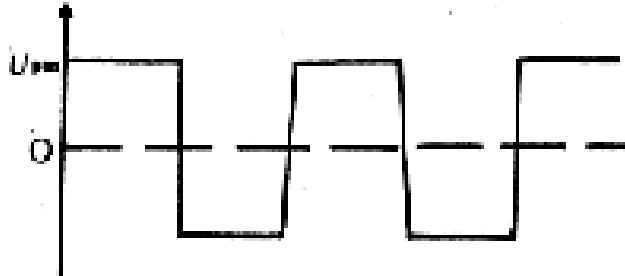


图1.39 P点电压波形

当 BG1 饱和导通时，p 点电压为电源电压 V_{CC} 减去 BG1 的饱和压降 V_{CEs} 。当 BG2 饱和导通时，p 点电压则为 BG2 的饱和压降 V_{CEs} ，两管参数基本相同，故

$$V_{CEs1} = V_{CEs2} = V_{CEs} \text{ 且 } U_p \text{ 为矩形波。}$$

经过 LC 串联谐振回路选频滤波后，在负载电阻 R_L 上就可得到频率为 f_0 的正弦波电压 u_1 ，完成其放大功能。

由于两管轮流导通处于开关工作状态， u_p 为矩形波，故称为电压开关型，且输出的最低谐波是三次，所以输出波形较好。

如将图 1. 38 中 U_p 的座标轴上移如图 1. 39 所示。根据周期性对称方波谐波表示式：

$$f(t) = \frac{4}{\pi} u_{pm} \left(\sin \omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_0 t + \dots \right) \quad (1.92)$$

式中 U_{pm} 是方波振幅， ω_0 是基波角频率，在 D 类开关电路中

$$U_{pm} = \frac{1}{2} (V_{CC} - 2V_{CEs}) \quad (1.93)$$

当 LC 回路谐振于 f_0 时，在 R_L 上的基波电压幅度为

$$U_{Am} = \frac{4}{\pi} V_{pm} = \frac{2}{\pi} (V_{cc} - 2V_{cs}) \quad (1.94)$$

所以 RL 上的有效值电压为

$$V_A = \frac{V_{Am}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} (V_{cc} - 2V_{cs}) \quad (1.95)$$

放大器的输出功率:

$$P_A = \frac{V_A^2}{R_L} = \frac{2 (V_{cc} - 2V_{cs})^2}{\pi^2 R_L} \quad (1.96)$$

又因

$$I_A = \frac{V_A}{R_A} = \frac{\sqrt{2}}{\pi R_L} (V_{cc} - 2V_{cs}) \quad (1.97)$$

这里 I_A 为基波电流的有效值, 其峰值为

$$I_{Am} = \sqrt{2} I_A = \frac{2 (V_{cc} - 2V_{cs})}{\pi R_L} \quad (1.98)$$

所以流过晶体管的直流分量 I_{co} 为

$$I_{co} = \frac{I_{Am}}{\pi} = \frac{2 (V_{cc} - 2V_{cs})}{\pi^2 R_L} \quad (1.99)$$

电源输入功率为:

$$P_0 = I_{co} V_{cc} = \frac{2V_{cc}}{\pi^2 R_L} (V_{cc} - 2V_{cs}) \quad (1.100)$$

放大器的效率 η 为:

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_{\Lambda}}{P_0} = \frac{2(V_{cc} - 2V_{cs})^2}{\pi^2 R_L} / \frac{2V_{cc}(V_{cc} - 2V_{cs})}{\pi^2 R_L} \\ &= \frac{V_{cc} - 2V_{cs}}{V_{cc}}\end{aligned}\quad (1.101)$$

可见, 当晶体管的饱和压降 v_{cs} 愈小, 则放大器的效率愈高, 若 $V_{cs} \rightarrow 0$ 则 $\eta \rightarrow 100\%$ 。以上是在电感、电容、晶体管都不计损耗的理想情况下得到的结果, 实际上是有损耗的。其损耗主要存在着两类, 在高频运用时, 其晶体管内部损耗更不容忽视的。

由以上原理可见在我们研制和生产的电源已经将介质阻挡放电的电极也作为电源电路的一部分。因此, 使用时不需要外加任何辅助元件。AC220V 的电源能量能够通过 AC \rightarrow DC \rightarrow AC 高效的转换成高频能量。

由于功率器件是 IGBT 可以设计成各种功率的电源。控制采用 MCU, 可以使电路的状态始终为最佳状态。调节电晕功率可以采用频率不变, 调节输出脉冲宽度即调节送到电极上的平均能量。或脉冲宽度基本不变调节频率即利用 LC 串联回路失谐降低在电极上的电压来调节功率, 即工作频率离 LC 自然串联谐振频率越远功率即越小。当然, 所有的控制都是在 MCU 或 DSP 程序的监控下检测 \rightarrow 控制 \rightarrow 反馈。