

实验八 直流稳压电源（2 学时）

1 实验目的

1. 了解线性直流稳压电源的组成及各部分的作用。
2. 掌握整流电路的工作原理，观察滤波器的效果。
3. 掌握集成稳压器的的工作原理和使用方法。
4. 了解开关电源的工作原理。

2 实验原理

直流稳压电源是一种性能接近理想电压源的直流电源，分为线性稳压电源和开关稳压电源两大类。

1. 线性稳压电源

线性稳压电源通常由变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路几部分组成如图 8-1 所示。

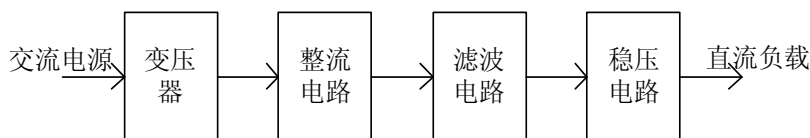


图 8-1 直流稳压电源主要功能模块

变压器的一次侧一般为 220V 工频交流，其二次侧电压根据所需直流电压的大小通过选择适当的变压器的变比来得到。整流电路利用二极管的单向导电性将交流电转换成脉动直流电，利用滤波电路将脉动直流电压滤为较为平滑的直流电压。由于整流、滤波电路输出的直流电压稳定性较差，当电网电压波动或负载变化时输出电压也随之变化。若采用稳压电路后，输出电压的稳定程度将大为提高。

本实验的电路原理电路如图 8-2 和图 8-3 所示。图 8-2 为一单极性输出+12V 的稳压电

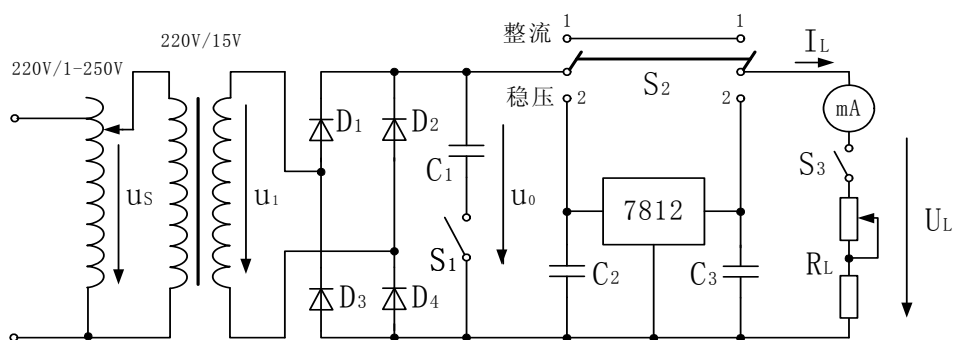


图 8-2 直流稳压电源电路

源，整流采用桥式全波整流电路，滤波电路由电容 C_1 构成，稳压电路采用三端集成稳压器

构成。 u_1 是经变压器降压，有效值约为 20V 的正弦交流电压。当开关 S_2 打向 1（不接稳压

电路)，开关 S_1 打开（不接滤波电路）时，输出电压为全波整流波形。当开关 S_2 打向 1，开关 S_1 闭合时，输出为整流滤波电压。当开关 S_2 打向 2，开关 S_1 闭合时，电路为整流滤波稳压电路。图 8-3 是能同时产生正、负两路输出的稳压电源。

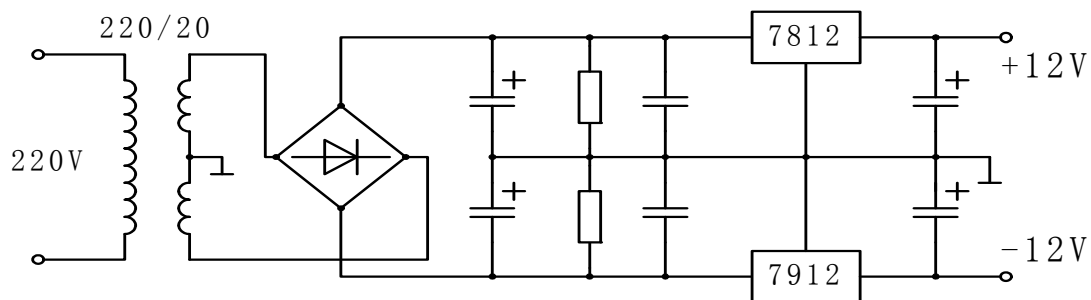


图 8-3 正负直流稳压电源电路

2、开关型直流稳压电源

开关型直流稳压电源是另一种直流稳压电源，它与线性稳压电源相比的优点为：

(1) 电源体积小重量轻

决定电源重量和体积的最重要的因素是电源变压器，

在线性稳压电源中使用变压器直接把 50Hz 的工频电压

降为所需要的值，因此变压器的体积和重量都很大。在开关型稳压电源中，是把工频交流先整流为高压直流，再变为高频（几十 KHz—几百 KHz）交流，然后用高频变压器把电压降为所需要的值。根据 $U \approx 4.44 fn\Phi_m$ 可知在电源电压一定的情况下 n 和 Φ 可选较小的值

（较少的线圈匝数和较小的铁心），即变压器可以做得很小。

(2) 较高的效率

线性稳压电源的效率很低约为 30%—40%，效率低的原因是电压调整环节消耗大量功率（其电流约等于或大于输出电流，其电压约等于输出电压）。而开关型稳压电源的电压调整环节是处于开关工作状态，（当其处于开状态时电流极小、当其处于关状态时电压很小，）所以消耗的功率很小，开关型稳压电源的效率一般在 70%—80%之间。

(3) 利用开关型直流稳压电源可以做各种直流——直流变换器，输出直流电压可以比输入电压高也可以比输入电压低，而且输入和输出之间可以做到电隔离。但如用线性稳压电源（集成稳压块）做直流——直流变换，输出只能比输入低，而且不能做到电的隔离。

开关型稳压电源的缺点是：① 纹波大。② 动态（负载电流快速变化时的）性能差。

图 8-4 为带变压器耦合的开关电源电路原理图。电路中的晶体管起开关作用，当晶体管饱和导通时相当于开关接通，电源电压直接加到变压器的一次线圈 ($u_1 = U_i$)，极性为上正下负。由变压器线圈的同名端可知二次线圈的感应电动势为上负下正，整流二极管不导通，二次线圈电流为零。一次线圈的电流：

$$i_1 = i_{10} + \frac{1}{L_1} \int U_i dt = i_{10} + \frac{U_i}{L_1} t \quad (1)$$

式中 L_1 为变压器一次线圈的自感， i_{10} 是晶体管导通后一次线圈的初始电流。当晶体管截止时相当于开关断开，一次线圈电流变为零，在一次线圈中产生的感应电动势为上负下正。在二次线圈中产生的感应电动势为上正下负，整流二极管导通。这时二次线圈的端电压为输出电压 ($u_2 = U_o$)。二次线圈电流

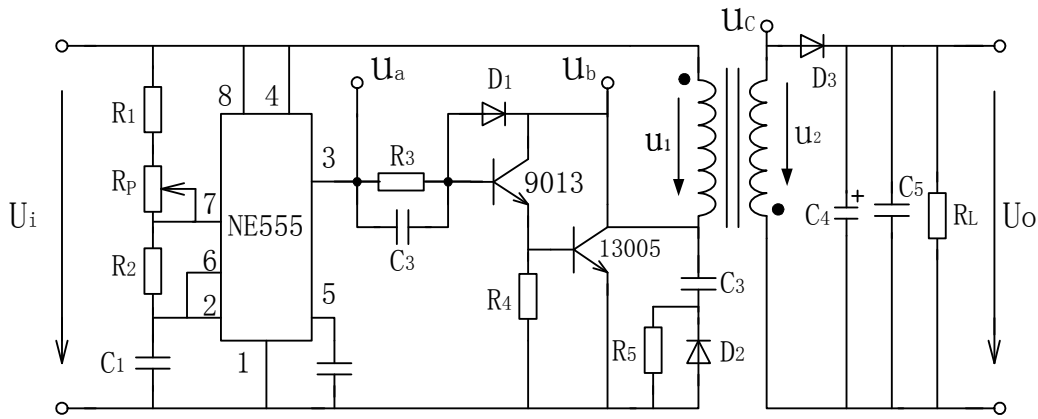


图 8-4 开关型稳压电源电路

$$i_2 = i_{20} - \frac{1}{L_2} \int U_o dt = i_{20} - \frac{U_o}{L_2} t \quad (2)$$

式中 L_2 为变压器二次线圈的自感。由于主磁通不能突变，在晶体管关断的瞬间磁路的磁势（安匝数）不能发生突变。设晶体管关断瞬间一次线圈的电流为 i_{11} ，晶体管关断后瞬间二次线圈的电流为 i_{20} ，则

$$N_1 i_{11} = N_2 i_{20} \quad \text{或} \quad i_{20} = k i_{11} \quad (3)$$

式中变比 $k = N_1/N_2$ ，同理在晶体管导通的瞬间有：

$$N_2 i_{21} = N_1 i_{10} \quad \text{或} \quad i_{21} = k i_{10} \quad (4)$$

即 $\Delta i_2 = -k \Delta i_1$ 。将 (1) 式和 (2) 式代入有：

$$k \frac{U_i}{L_1} T_{on} = \frac{U_o}{L_2} T_{off} \quad (5)$$

式中 T_{on} 和 T_{off} 分别为晶体管的导通时间和截止时间，再考虑到 $L_1 = k^2 L_2$ 则有：

$$U_o = \frac{1}{k} \frac{T_{on}}{T_{off}} U_i \quad (6)$$

可见，输出电压除了与输入电压 U_i 以及变压器的变比 k 有关以外，还与晶体管导通时间与截止时间之比有关。

当晶体管截止时，变压器一次线圈的电压 $u_1 = -kU_o$ ，晶体管的集电极与发射极之间的电压 $u_{ce} = -u_1 + U_i$ 。再考虑到漏磁通所产生的感应电动势，应选用耐压较高的晶体管。为了减小漏感所产生的尖峰电压，常在晶体管的集电极与发射极之间接一个由电阻、电容和开关二极管所组成的吸收网络。

开关型稳压电源控制器的作用是控制晶体管的导通和关断，为了能在输入电源变化时或负载变化时保证输出电压稳定不变，一般控制器将输出电压的采样值与给定值相比较，用比较的结果来调节晶体管导通与截止时间之比。本实验为了简化电路、突出重点，采用了一个由 555 构成的多谐振荡器作为控制器，省略了采样比较环节。多谐振荡器输出方波的占空比可由电位器调节。

$$\text{占空比}\% = \frac{\text{脉冲宽度 } T_p (\text{正脉冲})}{\text{脉冲周期 } T} 100\%$$

3 仪器设备

双踪示波器 一台
电子技术实验箱 一台

4 实验内容与步骤

1、线性稳压电源

(1) 按图 8-2 连接实验电路，将自耦变压器调至 $220V$ ，用示波器观察变压器二次侧的电压波形。

(2) 在电网电压 $U_s = 220V$ 不变的条件下，改变负载，测量整流电源和稳压电源的外特性。

(3) 在负载电流不变的情况下 ($I=20mA$)，测量电网电压变化时整流电源和稳压电源输出电压的变化情况。

4) 按图 8-3 连接可输出正负对称电压的稳压电源，并测量输出电压。

2、开关型稳压电源

(1) 按图 8-4 连接开关型稳压电源，观察各电压波形的变化及输出电压的变化。

5 实验报告要求

1. 画出所观测到的各电压波形。
2. 整理实验测试数据，与理论值进行比较，并分析讨论。

3. 根据公式 $r_o = \frac{\Delta U_o}{\Delta I_L} \Big|_{U_i=\text{常数}}$ 分别计算整流滤波电源和集成稳压电源的等效内阻。

4. 根据公式 $S = \frac{\Delta U_o/U_o}{\Delta U_i/U_i} \Big|_{I_L=\text{常数}}$ 分别计算整流滤波电源和集成稳压电源的稳压系数。

5. 分析实验中所遇到的问题及解决的方法。