

### 第 1 部分：填空题

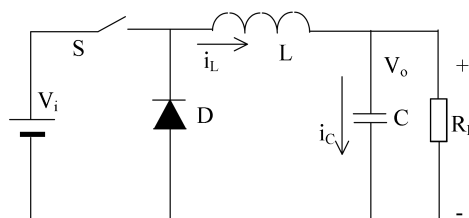
1. 直流斩波电路完成的是直流到另一种直流的变换。
2. 直流斩波电路中最基本的两种电路是降压 (Buck) 电路和升压 (Boost) 电路。
3. 斩波电路有三种控制方式：脉宽调制 (PWM)、脉频调制 (PFM) 和 PWM/PFM 混合调制，其中最常用的控制方式是：脉宽调制 (PWM)。
4. 脉冲宽度调制的方法是：开关周期 不变，开关导通 时间变化，即通过导通占空比的改变来改变变压比，控制输出电压。
5. 脉冲频率调制的方法是：开关导通 时间不变，开关周期 变化，导通比也能发生变化，达到改变输出电压的目的。该方法的缺点是：开关频率 的变化范围有限。输出电压、输出电流中的谐波频率 不固定，不利于滤波器的设计。
6. 降压斩波电路中通常串接较大电感，其目的是使负载电流平滑。
7. 升压斩波电路使电压升高的原因：电感  $L$  在开关管导通期间将电能转换为磁能储存起来，以实现电压泵升，电容  $C$  在开关管导通期间给负载供电以使输出电压连续平滑。
8. 升压斩波电路的典型应用有直流电动机传动 和 功率因素校正 (APFC) 等。
9. 升降压斩波电路和 Cuk 斩波电路呈现升压状态的条件是开关器件的导通占空比为大于 0.5 小于 1；呈现降压状态的条件是开关器件的导通占空比为大于 0 小于 0.5。
10. 设 Buck 型 DC-DC 变换器工作于 CCM 模式，设输入电压  $U_i=10V$ ，占空比  $D=0.6$ ，则输出电压  $U_o=$  6V。
11. 设 Boost 型 DC-DC 变换器工作于 CCM 模式，设输入电压  $U_i=12V$ ，占空比  $D=0.8$ ，则输出电压  $U_o=$  60V。
13. 开关型 DC-DC 变换电路的三个基本元件是开关管、电感 和 电容。
14. 斩波电路用于拖动直流电动机时，降压斩波电路能使电动机工作于第1象限，升压斩波电路能使电动机工作于第2象限，电流可逆 斩波电路能使电动机工作于第 1 和第 2 象限。
15. 桥式可逆斩波电路用于拖动直流电动机时，可使电动机工作于第1、2象限。
16. 复合斩波电路中，电流可逆斩波电路可看作一个降压 斩波电路和一个升压 斩波电路的组合；多相多重斩波电路中，3 相 3 重斩波电路相当于 3 个降压 斩波电路并联。

### 第 3 部分：计算题

1. 已知一 BUCK 型 DC-DC 变换器的输入电压为  $10V \leq U_i \leq 20V$ ，输出电压  $U_o$  为 5V，纹波电压为  $\Delta U_o = 0.5\% U_o$ ，负载电阻的变化范围为： $1\Omega \leq R_L \leq 10\Omega$ ，试：

- 1) 画出 BUCK 变换器的主电路图
- 2) 求工作频率为 10KHZ 和 50KHZ 下所需临界电感、电容值
- 3) 选择晶体管的型号规格。

解：1) BUCK 变换器的主电路图如下所示



2) 占空比的范围:

$$D = \frac{U_o}{U_i} \Rightarrow \frac{U_o}{U_{i\max}} \leq D \leq \frac{U_o}{U_{i\min}}, \text{ 即: } \frac{5}{20} \leq D \leq \frac{5}{10},$$

所以,  $0.25 \leq D \leq 0.5$

由于, 临界电感为  $L_c = \frac{(1-D)R_L}{2f}$ , 代入  $D = D_{\min}$  和  $R_L = R_{L\max}$  可得工作频率为 10KHZ 和 50KHZ 下所需临界电感分别为:

$$L_{c10} = \frac{(1-D)R_L}{2f} = \frac{(1-0.25) \times 10}{2 \times 10 \times 10^3} = 375 \mu H$$

$$L_{c50} = \frac{(1-D)R_L}{2f} = \frac{(1-0.25) \times 10}{2 \times 50 \times 10^3} = 75 \mu H$$

3) 取电感量为临界电感量的 2 倍, 则

$$L_{10} = 2L_{c10} = 2 \times 375 = 750 \mu H$$

$$L_{50} = 2L_{c50} = 2 \times 75 = 150 \mu H$$

由此可得不同工作频率下的峰值电感电流为:

$$I_{TP10} = I_o + \frac{U_o(1-D)}{2Lf} = \frac{5}{1} + \frac{5(1-0.25)}{2 \times 750 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^3} = 5.25 A$$

$$I_{TP10} = I_o + \frac{U_o(1-D)}{2Lf} = \frac{5}{1} + \frac{5(1-0.25)}{2 \times 150 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^3} = 5.25 A$$

$$\Delta U_o = \frac{U_o(1-D)}{8LCf^2}$$

4) 根据, 移项可得

$$C_{10} = \frac{5(1-0.25)}{8 \times 750 \times 10^{-6} \times 0.5\% \times 5 \times (10 \times 10^3)^2} = 250 \mu F$$

$$C_{10} = \frac{5(1-0.25)}{8 \times 150 \times 10^{-6} \times 0.5\% \times 5 \times (50 \times 10^3)^2} = 50 \mu F$$

5) 晶体管的电压、电流峰值为:

$$U_{TM} = U_{i\max} = 20V$$

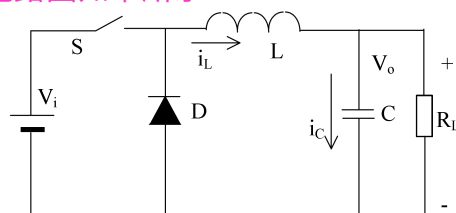
$$I_{TM} = I_{TP} = 5.25 A$$

2、已知 BUCK 变换器的输入电压  $U_i$  范围为 24~36V, 负载电阻  $R_L$  变化范围为 12 ~ 108Ω, 输出电压  $U_o$  为 18V。若工作频率  $f=30KHZ$ 。试:

(1) 画出 BUCK 变换器主电路图

- (2) 若变换器在整个范围内工作在连续模式, 求占空比变化范围;
- (3) 求保证整个工作范围电感电流连续时的电感值;
- (4) 当输出纹波电压  $\Delta U_o = 2\%U_o$ , 求滤波电容值;
- (5) 如取电感临界连续电流为 2A, 求所需的电感量。

解: 1) Buck 变换器的主电路图如下所示:



2) 变换器的输出电压为:  $U_o = DU_i$ , 所以,

$$D_{\min} = \frac{U_o}{U_{i\max}} = \frac{18}{36} = 0.5$$

$$D_{\max} = \frac{U_o}{U_{i\min}} = \frac{18}{24} = 0.75$$

所以, 占空比的变化范围为:  $0.5 \sim 0.75$

3) 临界电感为:

$$L_c = \frac{U_o^2}{2fP_o}(1-D) = \frac{R_L(U_i - U_o)}{2fU_i}$$

所以, 保证整个工作范围内电感电流连续时的电感值为:

$$L_{C\max} = \frac{U_o^2}{2fP_{o\min}}(1-D_{\min}) = \frac{R_{L\max}(U_{i\max} - U_o)}{2fU_{i\max}} = \frac{108 \times (36 - 18)}{2 \times 30 \times 10^3 \times 36} = 900 \mu H$$

4) 取电感值  $L = 900 \mu H$ , 根据纹波要求, 有:

$$C_{\min} = \frac{U_o(U_{i\max} - U_o)}{8Lf^2U_{i\max}\Delta U_o} = \frac{18 \times (36 - 18)}{8 \times 0.9 \times 10^{-3} \times (30 \times 10^3)^2 \times 36 \times 0.5\% \times 18} = 200 \mu F$$

所以, 可取滤波电容的值为  $470 \mu F$ 。

5) 根据临界电感公式:  $L_c = \frac{U_o^2}{2fP_o}(1-D) = \frac{R_L(U_i - U_o)}{2fU_i}$  可知, 电感临界连续电流为 2A 时,

所需的最小电感量为:

$$L_{C\min} = \frac{U_o^2}{2fP_o}(1-D_{\min}) = \frac{18^2}{2 \times 30 \times 10^3 \times 2 \times 18}(1 - 0.5) = 75 \mu H$$