

$$L = \frac{U_o}{1.5 \cdot F \cdot I_{o \min}} (1 - D) \\ = \frac{Rl \max}{1.5 \cdot F} (1 - D) \quad (1 - 52)$$

式中,  $Rl \max$  为负载电阻的最大值, 即为  $Rl \max = \frac{U_o}{I_{o \min}}$ , 根据式(1-52)所选择的储能电感  $L$  是大于临界电感值  $L_c$  的, 所以是符合设计要求的。

此外, 根据临界电感值  $L_c$  的计算公式(1-47)和实际开关稳压电源电路中所选择的储能电感  $L$  必须大于临界电感值  $L_c$  的设计原则, 我们还可以采用下面的简便方法来得到储能电感  $L$  的计算公式:

已知临界电感  $L_c = \frac{Rl \cdot (1 - D)}{2 \cdot F}$ , 应使储能电感  $L$  满足  $L > L_c$ , 若令  $Rl = Rl \max$ , 将公式中的 2 取为 1.5, 即可得到

$$L = \frac{Rl \max \cdot (1 - D)}{1.5 \cdot F} \quad (1 - 53)$$

此式与式(1-52)完全相同, 是符合设计原则的。

#### 4. 输出滤波电容 $C$ 的选择

从降压型开关稳压电源的工作原理分析可见, 输出滤波电容  $C$  的选择直接关系到开关稳压电源输出电压中纹波电压分量  $\Delta U_o$  的大小。在设计降压型开关稳压电源时, 输出滤波电容  $C$  的容量主要应根据对稳压电源输出纹波电压  $\Delta U_o$  的要求来决定。若给定了输出电压中纹波分量  $\Delta U_o$  和其他的输出、输入工作条件, 就可以根据前面已经推导出来的公式(1-25)计算出输出滤波电容  $C$  的容量值:

$$C = \frac{U_o}{8 \cdot L \cdot F^2 \cdot \Delta U_o} \left( 1 - \frac{U_o}{U_i} \right) \quad (1 - 54)$$

此外, 在实际应用中, 为了消除输出电压中的开关转换纹波电压分量  $\Delta U_o$ , 除了给稳压电源的输出端并接一个符合式(1-54)计算出来的滤波电解电容  $C$  以外, 还应该在这个滤波电解电容  $C$  的两端再并接一个无极性的容量范围在  $0.01 \sim 0.47 \mu F$  的小电容, 用以滤除频率较高的开关转换纹波电压分量。

另外, 也可以通过式(1-24)计算出储能电感  $L$  和输出滤波电容  $C$  的乘积  $L \cdot C$ :

$$L \cdot C = \frac{T \cdot T_{off}}{8 \frac{\Delta U_o}{U_o}} \quad (1 - 55)$$

不过, 根据式(1-55)选择出来的  $L \cdot C$  数值中的储能电感  $L$  必须大于由式(1-46)或式(1-47)计算出的临界电感值  $L_c$ 。如果储能电感  $L$  小于临界电感值  $L_c$ , 储能电感  $L$  中所通过的电流波动  $\Delta I_{l \max} = I_{l \max} - I_{l \min}$  将会急剧增大(因为这时  $I_{l \min} \leq 0$ )。若流过功率开关  $V$  的电流增至最大, 将使其工作状态急剧恶化。因此, 储能电感  $L$  除了起储能和滤波的作用以外, 还有限制功率开关  $V$  最大电流的作用。

最后, 我们再对储能电感  $L$  和输出滤波电容  $C$  的选择原则强调一下, 虽然它们两个的乘积满足式(1-55), 但是在选择时不能利用电容补偿电感的方法, 而必须在满足电感选择原则的基础上, 再利用电容补偿电感或者利用电感补偿电容的方法来达到式(1-55)的要求。

$$P_c = 2P_{on} \approx \frac{2 \cdot I_o \cdot U_o \cdot U_{ces} \cdot T_{on}}{U_i \cdot T}$$

$$= \frac{2 \cdot I_o \cdot U_o \cdot U_{ces} \cdot D}{U_i} = \frac{2 \cdot I_o \cdot U_{ces} \cdot D^2}{1 - D} \quad (1-64)$$

式(1-64)就是设计升压型开关稳压电源电路时,选择功率开关V集电极功率损耗额定值 $P_c$ 应遵循的原则和计算公式。

## 2. 二极管VD的选择

(1) 反向耐压 $U_d$ 的计算。在功率开关V导通期间,二极管VD因反向偏置而截止,此时二极管VD上所承受的电压为输出电压 $U_o$ (功率开关V的正向饱和电压被忽略)。此外,在选择二极管VD时,一般应留有20%的富余量,所以二极管VD的反向耐压应为

$$U_d = \frac{1}{1 - 0.2} \cdot U_o = 1.25 \cdot U_o \quad (1-65)$$

(2) 正向导通电流 $I_d$ 的计算。在功率开关V截止期间,二极管VD因正向偏置而导通,此时流过二极管VD上的电流 $I_d$ 正好就是电流 $I_i$ ,也就是流过储能电感L上的电流 $I_i$ 。因而就会有

$$I_i = I_o \cdot \frac{U_o}{U_i} \quad (1-66)$$

考虑到二极管VD为发热器件,同时二极管VD的发热温度与流过电流的大小关系很大,因此,在选择二极管VD的正向工作电流时应留有较大的富余量,通常富余量为50%,因而就有

$$0.5 \cdot I_d = I_i = I_o \cdot \frac{U_o}{U_i} = \frac{I_o \cdot D}{1 - D} \quad (1-67)$$

解式(1-67)可得出二极管VD正向导通电流 $I_d$ 为

$$I_d = \frac{I_o \cdot U_o}{2 \cdot U_i} = \frac{I_o \cdot D}{2 \cdot (1 - D)} \quad (1-68)$$

(3) 正向导通功率损耗 $P_d$ 的计算。式(1-68)计算出了在功率开关V截止期间,二极管VD因正向偏置而导通的电流 $I_d$ 。设二极管VD的正向导通管压降为 $U_s$ ,那么二极管VD正向导通功率损耗 $P_d$ 可由下式计算:

$$P_d = I_d \cdot U_s = \frac{I_o \cdot D}{2 \cdot (1 - D)} \cdot U_s \quad (1-69)$$

从上式中我们可以看出,要想降低二极管VD正常工作时的热量,除上面所说的在选择正向导通电流 $I_d$ 时要留有较大的富余量以外,减小二极管VD正向导通管压降 $U_s$ 也是一个非常有效的方法。因此,具有非常低的正向导通管压降 $U_s$ 的肖特基二极管是首选对象。

## 3. 输出滤波电容C的选择

(1) 电容容量的计算。升压型开关稳压电源达到动态平衡后,输出电压稳定在所设计的恒定电压值 $U_o$ 上,这时的输出电流为 $I_o$ 。由于在功率开关V导通期间负载电阻 $R_L$ 上的全部电流 $I_o$ 都是由滤波电容C提供的,所以这时滤波电容C上的电流就等于稳压电源的输出电流 $I_o$ ,并且滤波电容C上电压的变化量为输出电压的纹波电压值 $\Delta U_o$ ,此时我们就有如下的关系式:

$$\Delta U_o = \frac{I_o \cdot T_{on}}{C} = \frac{I_o \cdot D \cdot T}{C} \quad (1-70)$$

从式(1-70)中我们就可以计算出所选择的滤波电容的容量为

$$C = \frac{I_o \cdot T_{on}}{\Delta U_o} = \frac{I_o \cdot D \cdot T}{\Delta U_o} \quad (1-71)$$

我们把  $D = \frac{U_o}{U_o + U_i}$ ,  $F = \frac{1}{T}$  代入式(1-71)中, 又可以得到

$$C = \frac{I_o \cdot U_o}{F \cdot \Delta U_o \cdot (U_o + U_i)} \quad (1-72)$$

式(1-72)就是输出滤波电容 C 的计算公式。从该公式中我们可以看出, 输出滤波电容 C 除了与其他的因素有关以外, 最主要的是与工作开关频率 F 成反比。因此, 要减小输出滤波电容 C 的容量和降低输出滤波电容的体积、重量, 提高开关稳压电源的工作频率 F 是最有效的方法, 这也是为什么发达国家一直在提高开关稳压电源的工作频率 F 的一个重要原因所在。

(2) 耐压值  $U_c$  的计算。在功率开关 V 截止期间, 加在滤波电容 C 两端的电压为输入电压  $U_i$ ; 在功率开关 V 导通期间, 加在滤波电容 C 两端的电压为输出电压  $U_o$  (储能电感 L 上的电压降和二极管 VD 的正向导通管压降  $U_s$  在这里均被忽略掉)。另外, 对于升压型开关稳压电源电路来说, 它的主要特性就是输出电压  $U_o$  比输入电压  $U_i$  高, 这里就取输出电压  $U_o$ 。在确定输出滤波电容 C 的标称值时应留有 50% 的富余量, 因此输出滤波电容 C 的耐压标称值应由下式来确定:

$$0.5 \cdot U_c = U_o \quad (1-73)$$

所以就有

$$U_c = 2 \cdot U_o \quad (1-74)$$

(3) 电容温度范围的选择。一个好的开关稳压电源, 除了具有较高的输入和输出技术指标以外, 其工作可靠性和无故障工作寿命时间也是一个非常重要的衡量指标。而惟有电路中的电解电容(输入滤波电容和输出滤波电容)是影响稳压电源工作可靠性和无故障工作寿命时间的元器件。另外, 我们大家都知道, 影响这些电解电容寿命的关键因素就是其工作的环境温度。当这些电解电容的工作环境温度升高时, 其寿命时间与温度的升高成指数关系下降。因此, 为了增加所设计开关稳压电源的工作可靠性和提高无故障工作寿命时间, 在成本和造价允许的条件下, 应该选用高温电解电容来充当输出滤波电容 C (一般高温电解电容的温度标称值为  $125^\circ\text{C}$ , 一般电解电容的温度标称值为  $85^\circ\text{C}$ )。

#### 4. 储能电感 L 的选择

在分析升压型开关稳压电源的工作原理时已经讲过, 在功率开关 V 导通的  $T_{on}$  期间内, 储能电感 L 上电流的增加量应与在功率开关 V 截止的  $T_{off}$  期间内储能电感 L 上电流的减少量相等。因此就有

$$\Delta I_l(+) = \Delta I_l(-) \quad (1-75)$$

式中, (+) 表示增加量, (-) 表示减少量。即在两种工作状态下, 储能电感 L 上电流的变化量是相等的, 方向是相反的。式(1-56)给出了储能电感 L 上电流的增加量, 式(1-57)又给出了储能电感 L 上电流的减少量, 现在我们就可以计算出储能电感 L 上电流在一个转