

### 1. 8. 1 半桥 LLC 变压器的设计

第一步 计算输出电路的交流电阻。

对于谐振正弦电流，在全波桥式电路中，有效值电流为：

$$I_{ac(rms)} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} I_o$$

考虑到方波的基频分量，有效电压值：

$$E_{ac(rms)} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} V_o$$

因此，输出交流电阻表示为：

$$R_{ac} = \frac{E_{ac(RMS)}}{I_{ac(RMS)}} = \frac{8}{\pi^2} \frac{V_o}{I_o} = \frac{8}{\pi^2} R_L$$

第二步 计算半桥 LLC 变压器的匝比。

$$n = \frac{(V_{in}/2)}{(V_o + V_d)/(2 * D)} = \frac{(V_{in}/2) * 2 * D}{(V_o + V_d)}$$

由于半桥 LLC 谐振变换的占空比 D 为固定值近似 50%，则

$$n = \frac{(V_{in}/2) * 2 * D}{V_o + V_d} = \frac{V_{in}}{2(V_o + V_d)}$$

第三步，计算变压器副边阻抗等效到原边的阻抗。

$$Z_{pri} = \frac{8R_L n^2}{\pi^2 \eta}$$

第四步，LLC 谐振电路的 Q 值（品质因素）和 k（初级电感量和谐振电感的关系）。

副边二极管导通时，谐振电路的 Q 值（品质因数）：

$$Q = \frac{Z_o}{Z_{pri}} = \frac{\sqrt{\frac{L_r}{C_r}}}{Z_{pri}}$$

$$k = \frac{L_p}{L_r} \quad (k \text{ 选 } 4, 3 \sim 7 \text{ 之间可以接受}), k \text{ 值选大, 会增大频率范围, 较小的 } k \text{ 值可以减小频率范围,}$$

但是轻载效率较低。)

第五步，计算半桥 LLC 谐振参数  $L_r, C_r, L_p$ 。正常工作时，据经验选择  $k=4, Q=1$ 。

$$Q = \frac{Z_o}{Z_{pri}} = \frac{\sqrt{\frac{L_r}{C_r}}}{Z_{pri}} = 1, \quad \text{即} \quad \frac{L_r}{C_r} = Z_{pri}^2 = \left(\frac{8R_L n^2}{\pi^2 \eta}\right)^2 \quad (1-142)$$

设谐振频率为 100k，则

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} = 100k \quad (1-143)$$

由 1-142, 1-143 联立, 即可算出  $L_r, C_r$  的值。

根据  $\frac{L_p}{L_r} = k = 4$ , 即可求出  $L_p$  的值。

第六步, 计算变压器匝数, 原边匝数  $N_p$ , 副边匝数  $N_s$ 。

$$N_p = \frac{(V_{in}/2) * \Delta t}{\Delta B * Ae} = \frac{(V_{in}/2) * D * T}{\Delta B * Ae}$$

对于半桥谐振 LLC 变换, 占空比  $D$  为 0.5, 则上式可以变成:

$$N_p = \frac{V_{in} * T}{4 * \Delta B * Ae}$$

其中,  $\Delta B$  为半个周期内磁芯的磁感应强度变化量 ( $\Delta B$  的变化与励磁电流  $i_{lm}$  的变化趋势一致, 在半周期内磁感应强度会从  $-B_{max}$  变化到  $+B_{max}$ , 因此  $\Delta B = 2B_{max}$ ),  $A_e$  为磁芯的截面积。

$$N_{S1} = N_{S2} = N_p / n$$

至此, 计算出了半桥 LLC 变换的,  $L_r, C_r, L_p, N_p, N_s$ , 所有变压器参数。

[http://item.taobao.com/auction/item\\_detail.jhtml?item\\_id=b9b15263d28ce780540f8655ba661503&x\\_id=0db2](http://item.taobao.com/auction/item_detail.jhtml?item_id=b9b15263d28ce780540f8655ba661503&x_id=0db2)