

单端反激式开关电源变压器设计(原创)

设计条件 1.输入AC电压范围 V 6.输出电流或功率 A或W
 2.输出直流电压 V 7.工作频率 HZ
 3.输出电流或功率 A或W
 4.工作频率 HZ
 5.最大占空比

一. 根据AC输入电压计算出最小输入DC电压和最大输入DC电压

工作范围	MIN	MAX	DCMIN	DCMAX	初级反射输出电压
	Vacmin	Vacmax	Vdcmin	Vdcmax	Vor
100---120V	85V	132V	94V	187V	60V
85---265V	85V	265V	94V	371V	135V
230---240V	195V	253V	253V	354V	135V

二. 确定在低电网电压时的最大占空比

$$D_{max} = \frac{V_{or}}{V_{or} + (V_{min} - V_{ds})}$$

V_{or}: 初级反射电压
 V_{ds}: 开关管正向导通平均电压值---10V左右

根据公式计算: 100---120V输入时D_{max}取0.36---0.4
 85---265V输入时D_{max}取0.6
 230---240V输入时D_{max}取0.36---0.4

三. 计算输入功率

$$P_{in} = P_o / \eta$$

η: 效率一般取0.7---0.9之间

四. 计算变压器铁芯参数

根据AP值选取磁芯的具体参数, 本人看过很多文献和书籍上的计算公式不尽相同, 主要是一些常数的取值和单位的换算不同, 根据试验证明, 以下公式比较合理如下:

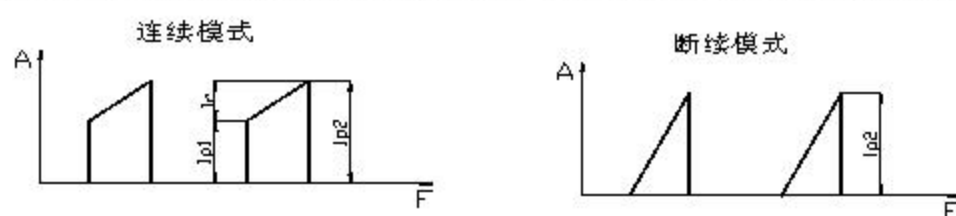
$$AP = A_w * A_c = \frac{P_{in} * 10^2}{2 * F * B_m * J * K_u * K_i}$$

注: 此处P_{in}可以用视在功率P_t计算. P_t=P_o/η+P_o 结果会使变压器的体积偏大, 变压器的温升比较低。

AP: 面积乘积 CM⁴ A_w: 铁芯窗口面积 CM² A_c: 铁芯截面积 CM²
 P_{in}: 输入功率 W F: 频率 HZ B_m: 工作磁感应强度 T 一般0.1---0.25
 J: 电流密度 A/mm² K_u: 窗口利用系数 取0.2---0.4 K_i: 铁芯间隙系数 取1.0

五. 计算初级电流峰值和有效值:

单端反激式变换器的初级工作模式分为两种: 连续模式和断续模式其初级绕组电流波形如下:



$$K_{rp} = \frac{I_r}{I_p}$$

K_{rp}: 电流脉动系数
 100/120VAC输入K_{rp}取值0.4---1.0 85---265V或230V取0.6---1.0

利用I_r和I_p的比例关系, 亦即K_{rp}的数值, 可以定量描述开关电源的工作模式. K_{rp}的取值范围是0---1.0, 若取I_r=I_p, 即K_{rp}=1.0, 就将开关电源设定在断续模式. 当I_r<I_p, 即K_{rp}<1.0时, 开关电源就被设定为连续模式. 实际上在断续和连续模式之间并无严格的界限, 而是存在一个过渡过程. 对于给定的交流输入范围, K_{rp}值较小, 就意味着更为连续的工作模式和相对较大的初级电感量, 并且初级的I_p和I_{rms}较小. 反之, K_{rp}值较大, 就表示连续程度较差, 初级电感量较小, 而I_p与初级有效值电流I_{rms}较大.

选择K_{rp}值就能设定开关电源的工作模式. 设定过程为: L_p↑→I_r<I_p→K_{rp}<1.0→连续模式

$$I_p = \frac{2P_{in}}{E_{min} * D_{max} * (2 - K_{rp})}$$

E_{min}: 输入最小DC电压 V D_{max}: 最大占空比
 I_p: 初级峰值电流 A P_{in}: 输入功率 W

$$I_{rms} = I_p * \sqrt{D_{max} * (K_{rp}^2 / 3 - K_{rp} + 1)}$$

I_{rms}: 初级电流有效值 A

六. 计算初级电感量

$$L_p = \frac{E_{min} * D_{max}}{F * (I_p^2 - I_r^2)}$$

E_{min}: 输入最小DC电压 V F: 频率 HZ
 D_{max}: 最大占空比 I_r = I_p(1 - K_{rp})
 L_p: 初级电感 H K_{rp} = I_r/I_p

当电路为断续模式时,

$$L_p = \frac{E_{min}^2 * D_{max}^2}{2 * P_{in} * F}$$

七. 计算初级和次级绕组圈数:

$$N_p = \frac{E_{min} * D_{max} * 10^4}{F * B_m * A_e}$$

F: 频率 HZ B_m: 工作磁感应强度 T
 A_e: 磁芯截面积 cm²

或

$$N_p = \frac{L * I_p^2 * 10^4}{B_{max} * A_e}$$

$$匝比 n = \frac{D_{max}}{1 - D_{max}} * \frac{U_{pmin}}{U_{p2}}$$

$$N_{s1} = \frac{N_p}{n} = \frac{N_p * (1 - D_{max}) * U_{s1}}{U_{pmin} * D_{max}}$$

核算临界电感量 (H)

$$L_{min} = \left(\frac{E_{in} * n * V_o}{E_{in} + n * V_o} \right)^2 * \frac{T}{2 * P_{in}}$$

n: 匝数比
 T: 工作周期 S

$$L_p \geq L_{min}$$

八. 计算初级和次级线径(mm)

$$D_p = 1.13 \sqrt{I_1 / J}$$

J: 电流密度 A/mm² I₁: 初级电流有效值 A

$$D_{s1} = 1.13 \sqrt{I_2 / J}$$

I₂: 次级电流有效值 A

次级电流有效值的计算

$$I_{s1} = \frac{I_{p1} * N_p}{N_{s1}}$$

$$I_{s1rms} = I_{s1} * \sqrt{(1 - D_{max}) * (K_{rp}^2 / 3 - K_{rp} + 1)}$$

九. 核算变压器磁芯气隙(cm)。

$$L_g = \frac{0.4 \pi * N_p^2 * A_e * 10^{-8}}{L_p}$$

L_p: 初级电感 H
 A_e: 铁芯截面积 cm²

单端反激式变换器的设计原则是必须遵守高频变压器的磁芯的磁通工作应能复位, 如果变压器在工作时磁通不能回到始发点, 变压器的磁通会随着周期重复而逐步增大, 将导致磁芯饱和, 浪涌电流和高压尖峰, 立刻烧坏主功率开关管. 解决磁通复位的问题就依靠给磁芯加气隙解决, 合理的气隙不但能使变换器稳定工作, 还能增大电源的输出功率, 减少变压器的高频磁芯损耗, 并且可进一步不提高开关频率, 降低初级与次级的纹波电流.

以上公式计算的气隙只是理论值, 实际的数据以实验后的最佳性能输出时的结果为准,

小结: 至此单端反激式变压器的主要设计项目基本完成, 下一步就是绕制工艺方面的设计, 通过合理的绕线绕组的安排, 降低漏感对电路的影响, 提高效率. 在安规方面, 需达到国家或国际标准的要求. 设计合格的开关电源变压器除满足电性的要求, 在生产工艺操作上也可行, 保证能够批量生产, 原材料易于采购, 市场成本价格有优势.