

## 变压器的面积积设计公式推导步骤

张兴柱 博士

第一步：绘制变压器的原、副边电压、电流波形；

第二步：计算铁芯的最大截面积  $A_c$ ；

因变压器在不同功率级拓扑中的工作是不同的，其电压、电流波形也是不同的。在只作为高频隔离的那些拓扑（如正激、对称半桥、对称全桥、对称推挽等）中的变压器，激磁电感一般很大，最大的铁芯截面积  $A_c$  可用法拉第定律推得：

$$v_p(t) = N_p \frac{d\Phi}{dt} = N_p A_c \frac{dB}{dt} \quad (1)$$

$$A_c = \frac{v_{p1} \Delta t_1}{N_p \Delta B} \quad (2)$$

其中， $v_{p1}$ ：为功率级主开关导通间隔  $\Delta t_1$  内加在变压器原边上的电压；  
 $\Delta B$ ：为变压器在间隔  $\Delta t_1$  内增加的磁密；  
 $N_p$ ：为变压器的原边匝数。

$$[\text{如在三绕组正激变换器中，有：} A_c = \frac{V_g \times \Delta t_1}{N_p \Delta B} = \frac{V_g \times DT_s}{N_p \times (B_{\max} - B_r)}]$$

在既作为隔离，又作为储能的那些拓扑（如反激、不对称半桥等）中的变压器，激磁电感一般不大，而且要能存储直流能量，其最大的铁芯截面积  $A_c$  应按下式来推：

$$L_p \times i_m = N_p \times \Phi = N_p \times A_c \times B \quad (3)$$

$$A_c = \frac{L_p \times i_{m(\text{peak})}}{N_p B_m} \quad (4)$$

其中， $i_{m(\text{peak})}$ ：为变压器原边激磁电流峰值；  
 $B_m$ ：为变压器允许的最大激磁磁密；  
 $N_p$ ：为变压器的原边匝数；  
 $L_p$ ：为变压器的原边激磁电感。

$$[\text{上式可从安培定律推得：} N_p \times i_m = \Phi R, \text{ 或 } \frac{N_p^2}{R} \times i_m = N_p \times \Phi, \text{ 故可得}$$

$$L_p \times i_m = N_p \times \Phi = N_p \times A_c \times B]$$

第三步：计算铁芯的窗口面积  $W_a$ ；

从变压器原副边电流波形推导出它们的有效值，再按下面公式计算铁芯的窗口面积：

$$W_a = \frac{1}{K} \left[ \frac{N_p I_{p(\text{rms})}^{\max}}{J_p} + \frac{N_s I_{s(\text{rms})}^{\max}}{J_s} \right] \quad (5)$$

其中,  $K$  : 为窗口系数 (有铁芯形状和绝缘要求决定);

$N_s$  : 为变压器的副边匝数;

$N_p$  : 为变压器的原边匝数;

$J_s$  : 为变压器副边导线的电流密度;

$J_p$  : 为变压器原边导线的电流密度。

多数变压器中, 可取  $J_p = J_s = J$ , 所以有:

$$W_a = \frac{1}{K} \left[ \frac{N_p I_{p(rms)}^{\max} + N_s I_{s(rms)}^{\max}}{J} \right] \quad (6)$$

第四步: 将  $W_a$  与  $A_c$  相乘, 获得变压器的面积积设计公式, 并用变换器的输出功率、输入电压范围等来表示, 对于只作为隔离功能的变压器, 其面积积公式可表示成下面的一般形式;

$$W_a A_c = \frac{K_T P_{o \max} \times 10^6}{B_m f_s K J h} (\text{cm})^4$$

其中,  $K_T$  : 为与拓扑相关的系数, 可称为拓扑系数;

$P_{o \max}$  : 为变换器的最大输出功率 (W);

$B_m$  : 为变压器允许的磁密幅度 (Gass);

$J$  : 为变压器原副边导线的电流密度 ( $A/mm^2$ );

$f_s$  : 为变换器的开关频率;

$K$  : 为变压器的窗口系数;

$h$  : 为变换器的满载效率。