

30~50kV高压试验变压器计算

The Calculation of 30~50kV High Voltage Test Transformer

王全保

中图分类号：TM4 文献标识码：B 文章编号：1606-7517(2015)08-2-109

高压试验变压器常用于电真空设备、压电陶瓷极化和高压试验设备中。由于施加高压是逐渐增加的，不存在冲击，变压器的绝缘比高压电力变压器低。因此，这类变压器的绝缘设计相对简单。本文以 30kW 高压试验变压器为例，简述其计算方法，供参考。

30kW 高压试验变压器的技术要求如下：

1. 输入电压： $U_1=0\sim220V$ ；
2. 电源频率： $f=50Hz$ ；
3. 输出电压： $U_2=0\sim30kV$ ；
4. 输出功率： $P_2=4.5kW$ 。

计算步骤如下：

高压试验变压器一般均采用油浸式变压器，其结构和制造工艺简单，本例即为油浸式变压器。

1 确定铁心截面

为避免电场集中，线圈的结构形式采用圆形。为此，采用三阶梯的铁心结构。底筒采用内径为 $\Phi 90mm$ 、壁厚为 3mm 的玻璃布筒。铁心截面尺寸见图 1，截面积 $S_c=49mm^2$ 。

2 线圈匝数计算

取铁心磁感应强度 $B=1.3T$ ，则初、次级绕组匝数为：

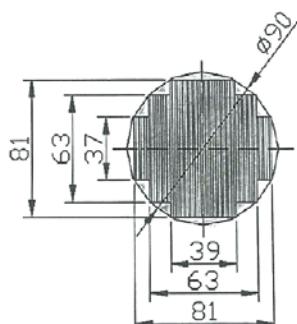


图 1 铁心截面

初级匝数 N_1

$$N_1 = \frac{U_1 \times 10^4}{4.44 f B S_c} = \frac{220 \times 10^4}{4.44 \times 50 \times 1.3 \times 49} = 156 \text{ (匝)}$$

次级匝数 N_2

$$N_2 = 1.05 \frac{U_2}{U_1} N_1 = 1.05 \times \frac{30 \times 10^3}{220} \times 156 = 21270 \text{ (匝)}$$

系数 1.05 是考虑到在负载情况下的电压降，可以适当调整。

3 初、次级电流计算

次级电流 I_2

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{4.5 \times 10^3}{30 \times 10^3} = 0.15 \text{ (A)}$$

初级电流 I_1

$$I_1 = \frac{I_2 N_2}{N_1} = \frac{0.15 \times 21270}{156} = 20.5 \text{ (A)}$$

4 计算导线直径

取电流密度 $j=3A/mm^2$ ，则

初级导线直径 d_1

$$d_1 = 1.13 \sqrt{\frac{I_1}{j}} = 1.13 \times \sqrt{\frac{20.5}{3}} = 2.95 \text{ (mm)}$$

取 $d_1=2.83mm$ 的双玻璃丝包圆线。

次级导线直径 d_2

$$d_2 = 1.13 \sqrt{\frac{I_2}{j}} = 1.13 \times \sqrt{\frac{0.15}{3}} = 0.25 \text{ (mm)}$$

取 $d_2=0.25mm$ 的 QZ-2 漆包圆线。

5 初级（低压）线圈结构计算

取铁心窗口高度为 295mm，初级底筒高度为 293mm。

底筒包二层厚 0.12mm 的电缆纸，绕线宽度取 280mm，留边 6.5mm；初级绕组正好绕二层。层间绝缘为二层厚

0.12mm 的电缆纸（从机械强度考虑），外包三层厚 0.05mm 聚酯薄膜和三层厚 0.12mm 的电缆纸。

从电场均匀出发，初级外再包一层静电屏蔽（厚 0.05mm 铜带），屏蔽宽度与绕线宽度相同，为 280mm。绕组总厚度为 9mm，初级线圈的外径为 Φ114mm。

6 次级（高压）线圈计算

次级线圈的底筒高度为 293mm。底筒采用内径为 Φ141mm、壁厚 3mm 的玻璃布筒。由此可见，初、次级还有 13mm 的绝缘厚度，可在初级线圈外包电缆纸，包至初级线圈正好套入次级线圈的底筒中（即初级线圈外径达 Φ141mm 左右）。

高压线圈采用分段绕制以降低层间电压，本例分成 2 段。每段匝数为 11085 匝，每段线圈的电压为 15kV。其绕制方法是一正一反。这样，两组线圈的始头在内层（次级底筒上）相连，而末端在线圈外层引出。这种配置方法的优点是可降低初、次级线圈间的电位差，以减小其绝缘厚度，缩小变压器体积。

每段高压线圈采用 4 阶梯宝塔形结构，第 1 组绝缘纸宽 119mm（实际尺寸达 120mm），绕线宽度 110mm；第 2 组绝缘纸宽 109mm，绕线宽度 100mm；第 3 组绝缘纸宽 99mm，绕线宽度 90mm；第 4 组绝缘纸宽 89mm，绕线宽度 80mm。两组线圈间绝缘距离 8mm。每组绕 10 层，层间绝缘为一层厚 0.05mm 聚酯薄膜和一层厚 0.08mm 的电缆纸。每段高压线圈最外层包一层静电屏蔽（厚 0.05mm 铜带），宽度 80mm，线圈末端与屏蔽相连，高压出头用多股引出线在屏蔽上连接并引出。

初、次级线圈的剖面见图 3。

高压线圈采用宝塔形结构是为了增大其爬电距离，确保绝缘性能。外包静电屏蔽可使电场分布均匀，防止电场集中。

高压线圈的最大外径为 Φ190mm，直流电阻 3830Ω。

7 屏蔽线圈

高压试验变压器一般采用单线圈结构，初、次级线圈套在一个铁心柱上。其特点是高压线圈只有一个，绝缘处理简

单，有利于缩小变压器的体积。但为了保证电场的均匀性，在另一个没有线圈的铁心柱上，必须装有屏蔽线圈。屏蔽线圈结构为：在另一铁心柱上套一个底筒，该底筒可与初级线圈的底筒相同。底筒上包一层静电屏蔽层，并用引出线引出。使用时屏蔽层接地。屏蔽线圈的外径为 100mm。

8 确定铁心最终尺寸

取高压线圈与屏蔽线圈间的绝缘距离为 50mm，为此，两铁心柱的中心距为 195mm。铁心的最终尺寸见图 2 所示。

9 高压变压器结构图

高压变压器结构剖面图见图 3。

上述变压器在相同尺寸下，最高电压可做到 50kV。

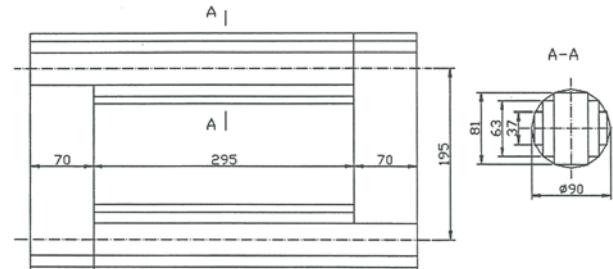


图 2

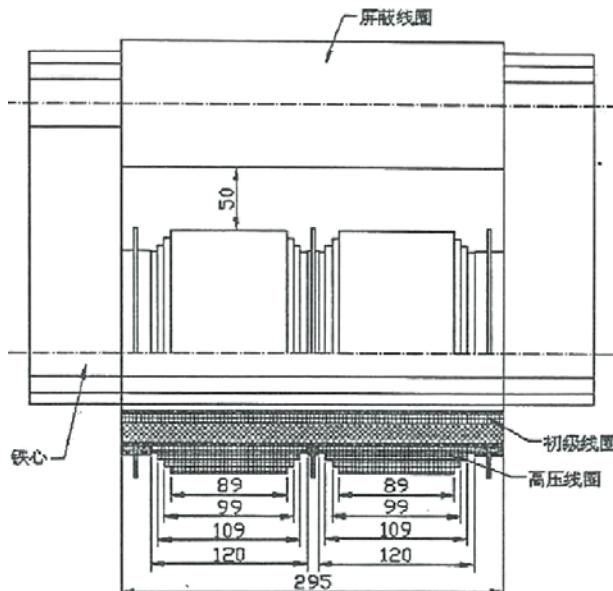


图 3