

[变压器]

一种低电压干式焊接变压器的研究与设计

文/常州特种变压器有限公司 陆云生

常州机电职业技术学院 王浩宇 张财豪 张平泽

工业生产中常遇到各种低电压的焊接变压器，介绍一种低电压干式焊接变压器的用途，并根据实际应用选定了该变压器的技术参数；另外详细描述了该变压器的设计计算过程，并总结了该变压器的特点，为设计此类变压器提供了参考。

工业生产中常遇到各种低电压的焊接变压器。例如在变压器生产过程中，变压器绕组在制作过程中，常常需要将断开的导线焊接起来。首先是由于在绕制线圈的过程中，由于线盘上的导线重量是一定的，而绕制一只线圈常需要好几盘导线，所以绕制线圈时需要把不同线盘的导线连接起来；其次是由于设计的需要，例如线圈需要抽出分接头、纠结式绕组纠结连接线等，需要把多根断开的导线焊接起来。目前工厂大多使用气焊来连接导线，气焊时对于较细的导线容易熔断，而对于较粗的扁线却需要很长时间导线才能熔化，不容易控制，操作时间比较长，浪费工时。从而需要设计一种能够输出稳定电流的焊接变压器，来提高焊接质量，并缩短工时。

用途

介绍的低电压干式焊接变压器主要用于焊接导体，通常适用于的圆形导体直径在0.5~5.2 mm范围内，扁形导体厚度在1.12~5.6 mm、宽度在3.15~18 mm范围内。

设计要点及方案

1. 变压器主要技术参数确定

额定容量为6 kV·A；相数为单相；额定频率为

50 Hz；额定输入电压为380 V；额定输出电压为12 V；联结组标号为I/i0；绝缘等级为H级。

2. 铁心直径选取

(1) 铁心材质的选取

为了降低空载损耗，选用优质冷轧取向30QG120硅钢片。

(2) 铁心直径的选取

铁心直径根据经验式

$$D = K \sqrt{P_z} \quad (1)$$

式中，单相变压器经验系数 K 取80；单相变压器单柱容量 $P_z = 6/2 = 3$ kV·A。计算可得 $D = 105$ ，取铁心直径为105 mm。

3. 铁心截面选取

(1) 铁心片形的选取

铁心为多级阶梯形，铁心片形选取如下。

片宽100 mm，叠厚32 mm；片宽90 mm，叠厚22 mm；片宽80 mm，叠厚14 mm；片宽70 mm，叠厚10 mm；片宽60 mm，叠厚8 mm；片宽40 mm，叠厚11 mm。

(2) 铁心有效截面计算

铁心叠片系数取0.95，则铁心有效截面

$$S_j = 0.95 \times (100 \times 32 + 90 \times 22 + 80 \times 14 + 70 \times 10 + 60 \times 8 + 40 \times 11) / 100 = 75.24 \text{ cm}^2$$

铁心截面尺寸示意图如图1所示。

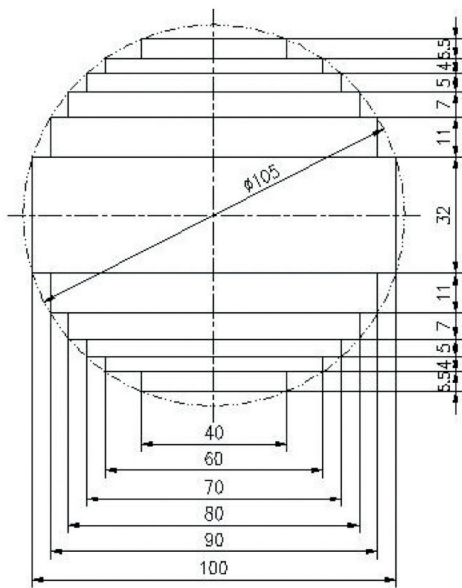


图1 铁心截面尺寸示意图

4. 绕组计算

(1) 每匝电压及高、低压匝数确定

一般低电压干式变压器铁心磁通密度在1.45 T左右,估算低压绕组匝数

$$W_D' = 12 / (4.44 \times 50 \times 1.45 \times 75.24 / 10\,000) = 4.95$$

低压绕组 W_D 取匝数为5匝,则磁通密度

$$B = 45W / S_j = 45 \times 2.4 / 75.24 = 1.44 \text{ T}, \text{符合要求。}$$

匝电压

$$e_t = U_D / W_D = 12 / 5 = 2.4 \text{ V/匝}$$

高压绕组匝数

$$W_G = 380 / 2.4 = 79.17$$

取79匝(高压绕组两柱绕组采用串联)。

(2) 导线选取

高压线圈选用ZB(Nomex)-0.45(1.32×7.1)纸包(Nomex纸)铜扁线,导线截面积9.16 mm²。

低压线圈选用(4×30)铜母排,导线截面积120 mm²。

(3) 线圈布置

为了考虑散热,高压380 V线圈布置在绕组内侧,靠近铁心,采用匝数均分为4层圆筒式结构;低压12 V线圈布置在绕组外侧,散热更好,采用单层圆筒式结构。

(4) 线圈尺寸计算

1) 高压线圈尺寸计算如下。

高压辐向尺寸

$$a_G = 1.05 \times ((1.32 + 0.5) \times 4 + 0.2 \times 3) = 8.27$$

取8.5 mm。

高压线圈高度

$$h_G = 1.012 \times ((7.1 + 0.5) \times (79/4 + 1)) = 159.59$$

取160 mm。

铁心窗高

$$H_w = 30 + 160 + 30 = 220 \text{ mm}$$

2) 低压线圈尺寸计算如下。

低压辐向尺寸

$$a_D = 4$$

取4 mm。

低压线圈高度

$$h_D = 30 \times 5 + 10 \times 4 = 190 \text{ mm}$$

取190 mm。

铁心窗高

$$H_w = 15 + 190 + 15 = 220 \text{ mm}$$

(5) 纵向绝缘距离确定

铁心和绕组之间距离为8 mm,高压线圈与低压线圈之间距离为10 mm,两相之间距离为14 mm。

(6) 绝缘半径计算

$$(52.5 + 8 + 8.5 + 10 + 4) \times 2 + 14 = 180$$

高压线圈平均半径为 $R_G = 60.5 + 8.5/2 = 64.75 \text{ mm}$;

主空道平均半径为 $R_G = 60.5 + 8.5/2 = 64.75 \text{ mm}$;低压线圈平均半径为 $R_D = 79 + 4/2 = 81 \text{ mm}$;铁心中心距为 M_0 取180 mm。

(7) 高、低压线圈每相导线长度计算

高压线圈每相导线长度

$$L_G = 2 \times \pi \times 64.75 \times 79/1\,000 + 0.4 = 32.5 \text{ m}$$

低压线圈每相导线长度

$$L_D = 2 \times \pi \times 81 \times 5/1\,000 + 0.2 = 2.7 \text{ m}$$

(8) 每相电阻计算

高压线圈电阻

$$r_{G120^\circ\text{C}} = 0.02618 \times 32.5/9.16 = 0.09289 \Omega$$

低压线圈电阻

$$r_{D120^\circ\text{C}} = 0.02618 \times 2.7/120 = 0.0005891 \Omega$$

(9) 导线重量计算

高压线圈导线重量

$$G_G = 1.03 \times 2 \times 8.9 \times 32.5 \times 9.16/1\,000 = 5.5 \text{ kg}$$

低压线圈导线重量

$$G_D = 2 \times 8.9 \times 2.7 \times 120/1\,000 = 5.8 \text{ kg}$$

5. 铁心计算

1) 铁心窗高 $H_w = 220 \text{ mm}$ 。

2) 铁心中心距 $M_0 = 180 \text{ mm}$ 。

3) 铁心重量计算如下。

铁心柱重量

$$G_C = 2 \times 7.65 \times 220 \times 75.24/10\,000 = 25.3 \text{ kg}$$

铁轭重量

$$G_y = 2 \times 7.65 \times 180 \times 75.24 / 10\,000 = 20.7 \text{ kg}$$

铁心角重量

$$G_{\Delta} = 2 \times 7.65 \times 100 \times 75.24 / 10\,000 = 11.5 \text{ kg}$$

铁心重量

$$G_{Fe} = 25.3 + 20.7 + 11.5 = 57.5 \text{ kg}$$

6. 变压器损耗计算

(1) 空载损耗计算

磁密 B 为1.44 T, 根据铁心损耗数据, 可得铁心单位损耗为0.77 W/kg。

空载损耗

$$P_0 = 1.3 \times 57.5 \times 0.77 = 57.6 \text{ W}$$

(2) 负载损耗计算

高压线圈损耗

$$P_G = 2 \times 15.792 \times 0.092\,89 = 46.3 \text{ W}$$

低压线圈损耗

$$P_D = 2 \times 2502 \times 0.000\,589\,1 = 73.6 \text{ W}$$

变压器负载损耗

$$P_K = 1.03 \times (46.3 + 73.6) = 123.5 \text{ W}$$

产品特点

变压器二次绕阻额定输入电压为单相380 V交流电压, 二次绕阻额定输出电压为单相12 V交流电压, 变压器二次绕阻输出端端子分别引出, 可

以串联或并联连接, 从而得到不同的输出电流, 以满足不同规格导体的焊接。串联时电流小, 可以焊接较细的导体; 并联时电流大, 可以焊接较粗的导体。接线原理图如图2所示。

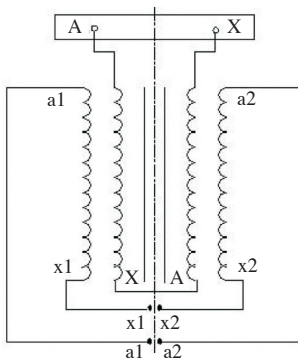


图2 变压器接线原理图

考虑了操作安全电压(小于24 V), 二次电压取12 V交流电压。另外考虑到焊接变压器熔化导体时接近短路状态, 二次绕阻采用铜排直接绕制, 抗短路能力强, 散热好。本产品适用于车间焊接圆铜导线、扁铜导线、圆铝导线以及扁铝导线等, 方便实用。EA

(收稿日期: 2016.04.09)

(编辑: 刘群点)

(上接第66页)

考虑到电缆在各种不同的运行环境温度下由于热胀冷缩而引起长度变化以及在电缆连接及发生故障时可能需要切除一部分电缆, 在敷设时, 应该把电缆敷设成波浪形, 并在电缆终端头和接头附近留出备用长度。

同时, 选用二回甚至多回出线也会增加接入工程的线路总费用。

在有些特殊地形, 不方便使用电缆的, 也要使用架空线。架空线的造价较低, 在导线方面的支出远远低于电缆线路, 但是会增加杆塔、金具和避雷设备等方面的支出, 但总体来说支出会比电缆线路低一些。在本电力入户工程中, 架空线

工程的长度被当量转换为同样造价下的电缆工程的长度。

结束语

主要探讨用户接入工程的费用的主要影响因素。通过对大量用户接入工程数据进行分析, 在所探讨的因素中, 配变容量和电缆长度对接入工程总费用影响最大。因此, 在考虑用户接入工程费用时, 应当重点要考虑配变容量和电缆长度两个主要影响因素。EA

(收稿日期: 2016.03.17)

(编辑: 刘群点)