

油浸式立体卷铁心变压器的优化设计策略

温慧玲

(山东玲珑机电有限公司, 山东 招远 265400)

摘要 在能源逐渐紧缺的现代社会当中, 节能已经成为了我国发展的基本国策。油浸式立体卷铁心变压器的优化设计, 一方面能够促进我国环保节能目标的实现, 另一方面也能达到提高经济效益的工作效果。本文就是以此为出发点展开研究, 一方面分析了油浸式立体卷铁心变压器电磁优化的内容以及相应的理论依据, 另一方面分析了油浸式立体卷铁心变压器优化设计的具体策略, 希望能够为相关工作的优化落实提供合理参考。

关键词 油浸式 立体卷铁心 变压器

中图分类号: TM2

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)12-0003-02

1 油浸式立体卷铁心变压器电磁优化的内容和理论依据

1.1 内容

立体卷铁心是用三个一致的单饼紧密结合, 在空间上能够互相形成 120° 的夹角。根据我国有关部门对立体卷铁心生产提出的要求, 需要技术人员先确认变压器的电、磁负荷以及几种比较关键的尺寸, 获得基本数据之后还要计算性能数据等内容, 尤其是立体卷铁心各部位的温度变化以及重量等, 最终的设计工作也要严格按照计算得到的参数落实, 简而言之就是电磁计算是油浸式立体卷铁心变压器设计的基本条件。

以某油浸式立体卷铁心变压器的优化设计为例^[1], 在电磁计算工作落实的过程中, 技术人员认为铁心设计是最关键的环节, 且第一步就是要准确地测量结构尺寸等基本参数。油浸式立体卷铁心变压器与平面叠片的铁心变压器之间最明显的差异就体现在铁心部分的设计工作当中, 技术人员需要通过不断的设计优化促使铁心柱截面越来越合理, 这样才能获得较高的经济效益^[2]。

1.2 理论依据

1.2.1 公式

在油浸式立体卷铁心变压器的设计工作当中, 电压和电流的计算十分关键, 而立体卷铁心变压器的高低绕组常见连接方式有星形和三角形两种, 其计算公式如下:

$$\text{星形: } U_N = \frac{U_{LN}}{\sqrt{3}}; I_N = I_{LN} = \frac{S_N}{3U_N}$$

$$\text{三角形: } U_N = U_{LN}; I_N = \frac{I_{LN}}{\sqrt{3}} = \frac{S_N}{3U_N}$$

铁心直径需要估算, 其公式如下:

$$D = K\sqrt{P}$$

关于油浸式立体卷铁心变压器的负载损耗计算, 直流电阻的损耗计算公式如下:

$$P_{DC} = 3I_{1N}^2 R_1 + 3I_{2N}^2 R_2$$

且大部分的立体卷铁心变压器本身的容量都 < 800KVA,

使用负载损耗系数与直流电阻损耗相乘的方式对负载损耗进行计算, 公式表示如下:

$$P_K = K_{PK} P_{DC}$$

该公式当中的 P_K 表示的是负载损耗, K_{PK} 表示的则是负载损耗系数。

1.2.2 短路阻抗

油浸式立体卷铁心变压器短路阻抗相关数值通过短路试验就能够测试出来, 在应用阶段通常是使用百分比表示。

在变压器当中, 短路阻抗是十分关键的项目, 在设计阶段需要技术人员掌握偏差范围, 并且严格控制才能达到良好的优化效果, 在通常情况下, 误差会控制在 $\pm 2.5\%$ 之内。

2 油浸式立体卷铁心变压器的优化设计策略

2.1 立体卷铁心柱截面

目前常见的油浸式立体卷铁心变压器, 立体卷铁心柱截面的形状比较多样化, 即梯形、圆形、复合型和多边形几种。其中梯形界面的填充系数一般是在 0.89-0.9 之间, 与多边形截面相比较来讲该值有明显的降低。且梯形截面产生的磁阻以及体积也比多边形的截面更大, 因此设计人员很少使用此种截面设计。圆形和复合型的截面填充系数虽然比较高, 能够达到 0.98, 但实际上材料的利用率很低, 与节约能源的原则相悖。

若使用多边形截面, 填充系数 > 0.945, 材料利用率 100%, 整个裁剪过程不会产生余料, 裁剪也比较方便, 因此在油浸式立体卷铁心变压器的立体卷铁心柱设计当中, 多边形是最佳选择。

2.2 多边形心柱截面优化设计

铁心柱本身的几何面积和外接圆面积比, 就是油浸式立体卷铁心变压器铁心柱的填充系数。

油浸式立体卷铁心变压器立体卷铁心柱截面, 和传统的铁心柱的相关计算和优化方式不能通用, 但优化目的相同, 都是希望能够通过设计, 促使铁心柱在基本工艺条件下, 将有效截面积尽可能扩大。这样一方面能够达到节约材料的效果, 另一方面也能合理控制成本。

表1 立体卷铁心参数计算

容量 /KVA	200						
片厚 /mm	直径 /mm	窗高 /mm	圆角 /mm	内框 /mm	截面修正系数	重量修正系数	
0.27	155.5	340	5	134	0.95	0.95	
料带参数							
料带序号	1	2	3	4	5	6	7
每段宽度尺寸始	26.99	77.71	88.39	88.41	77.75	58.87	33.61
每段宽度尺寸终	77.71	88.39	88.41	77.75	58.87	33.61	4.70
每段厚度尺寸 /mm	9.23	17.34	23.37	26.64	25.396	22.54	17.32
每段料带长度 /m	33.10	67.55	102.10	131.89	140.88	137.77	113.90
每段料带重量 /kg	3.58	11.59	18.64	22.63	19.88	13.16	4.51
每段理论截面 cm^2	4.83	14.4	20.66	22.13	17.32	10.42	3.32
每段直带宽度 /mm	104.70	166.10	176.80	166.16	136.62	92.48	38.31
铁心几何截面 cm^2	186.16	铁心有效截面 cm^2		176.85			
铁心理论总重量 kg	281.97	铁心实际总重量 /kg		267.87		中心距 /mm	287.00

具体的设计优化方式以某界面形状为7段多边形的油浸式立体卷铁心变压器铁心柱截面为例,与原本方案相比优化后的截面积更大,能够有效降低设计成本,减少铁心产生损耗的可能。

2.2.1 目标函数建立

油浸式立体卷铁心变压器铁心柱的有效面积越大,则能够节约的材料也就越多,能量损耗的降低也就相应地越明显。针对这一基础条件,技术人员需要控制的就是铁心柱本身的有效截面积以及硅钢片之间的厚度、间隙,这些参数都与实际工艺水平息息相关,若想直接计算难度比较大。在实际计算过程中,技术人员可以将铁心柱的几何截面积与经验修正系数相乘,这样就可以简单地获取油浸式立体卷铁心变压器铁心柱的有效截面积,其计算公式如下:

$$S = 2\text{Max} \sum_{i=1}^7 S_i$$

2.2.2 约束条件建立

该案例当中的油浸式立体卷铁心变压器铁心柱截面为7段,技术人员为促使卷绕的单饼铁心能够呈现半圆形的发展趋势,需要选择合适的点作为圆心,为简化后续分析工作,还需要将几段料带的初始宽度以及方向都选取为水平方向。

2.2.3 油浸式立体卷铁心变压器立体卷铁心参数设计计算实例

在立体卷铁心的制造过程当中,比较完整的参数包含铁心截面当中每段料带的起始以及终止宽度、厚度和长度等,获得铁心完整参数之后,该设计人员在 Excel 当中使用 VBA 编程语言设计了相关程序,将铁心直径设为 D,圆角半径设为 R,铁心窗的高度设为 B,将硅钢片厚度设为 δ ,

δ 是已知参数,由于工艺水平与材料种类相关,且不同的产家取值差异较大,因此实际生产需要有针对性的落实。常规状态下,截面的修正系数取值范围在 0.95-0.97 之间,设截面的修正系数以及重量修正系数都是 0.95,则油浸式立体卷铁心变压器立体卷铁心的参数计算情况如表1所示。

3 结语

综上所述,立体卷铁心变压器与传统的平面叠片铁心变压器相比较来讲,立体卷铁心变压器在性能上的优势更加明显,且应用范围也十分广泛。综合分析之后可以发现,这些优势的主要来源都是由于卷绕的方式能够有效降低铁损耗的严重性,且铁心柱的截面十分接近圆形,因此消耗的材料也较少。

参考文献:

- [1] 杜毅威.新能效标准下变压器的选择[J].建筑电气,2021,40(06):3-11.
- [2] 张亚杰,庞建丽,刘晓亮,张立明.高效节能叠铁心配电变压器的设计[J].电工电气,2021(04):17-21.