

变压器的温升计算方法探讨

The research of calculating method of the transformer temperature rise

中国三江航天集团 黄永吾

中图分类号: TM4 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517(2007)10-02-115

1 引言

我们提出工频变压器温升计算的问题,对高频变压器的温升计算也可以用来借鉴。工频变压器的计算方法很多人认为已趋成熟没有什么可讨论的,其实麻雀虽小五脏俱全,再成熟的东西也需要不断创新才有生命力。对于一个单位的工程技术人员来讲温升计算问题可能并不存在,温升本身来源于试验数据,企业本身有大量试验数据,温升问题垂手可得,拿来主义就可以了,在本企业来说绝对有效,离开了本企业也带不走那么多数据。但冷静的考虑一下,任何一个企业不可能生产全系列变压器,总会有相当多的系列不在你生产的范围内,遇到一些新问题,只能用打样与试验的方法去解决,小铁心不在话下,耗费的工时与材料都不多,大铁心耗费的铁心与线材就要考虑考虑了。老企业可以用这样简单的办法去解决,只不过多花费一些时间罢了,一个新企业或规模不大的企业,遇到这些问题要用打样与试验的方法去解决,就耗时比较多了,有时候会损失商机。进入软件时代,软件的编写者如不能掌握这一问题,软件的用户将会大大减少。下面就温升的计算公式进行探讨,本文仅提出一个轮廓,供大家参考。

2 热阻法

热阻法基于温升与损耗成正比,不同磁心型号热阻不同,热阻法计算温升比较准确,因其本身由试验得来,磁心又是固定不变的,热阻数据由大型磁心生产厂商提供。

有了厂家提供的热阻数据,简单、实用何乐而不为。高频变压器可采用这一方法。而铁心片供应商不能提供热阻这一类数据,因此低频变压器设计者很难采用。热阻法的具体计算公式如下:

$$\Delta T = R_{th}(P_w + P_c)$$

式中,

温升 T ()

变压器热阻 R_{th} (/w)

变压器铜损 P_w (w)

变压器铁损 P_c (w)

3 热容量法

源于早期的灌封变压器,由于开放式变压器的出现这种计算方法已被人遗忘,可以说是在考古中发现。这种计算方法的特点是把变压器看成是一个密封的元件,既无热的传导,也无热的辐射,更无热的对流,热量全部靠变压器的铁心、导线、绝缘材料消耗掉。这样引出一个热容量(比热)的概念,就可以利用古人留给我们的比热的试验数据,准确的计算出变压器的温升来。不是所有的变压器都可以利用这一计算公式,唯独只有带塑料外壳的适配器可采用这一方法,这种计算方法准确度犹如瓮中捉鳖十拿九稳。若适配器开有百叶窗,那就有一部份热量通过对流散发出去,如不存在强迫对流,百叶窗对温升的影响只在百分之三左右。上一代的变压器设计工作者对这一计算方法很熟悉,现在的变压器设计工作者根据此线索,进行考

古也会有收获。热容量法的计算模式如下：

$$\Delta T = \frac{(P_c + P_w)T}{c_t G_t}$$

$$T \approx 600 \frac{G_t}{A_t}$$

式中，温升 T ()

变压器质量 G_t (g)

变压器铜损 P_w (w)

变压器铁损 P_c (w)

T —加热时间常数 (s)

A_t —变压器散热面积 (cm²)

C_t — w s/ · g

$$c_t = \frac{c_c G_c + c_w G_w + c_{is} G_{is}}{G_t}$$

C_c — w s/ · g

G_c —铁心质量 (g)

c_w — w s/ · g

G_w —导线质量 (g)

c_{is} — w s/ · g

G_{is} —绝缘材料质量 (g)

G_t —变压器质量 (g)

4 散热面积法

散热面积法基于热量全部由变压器表面积散发出去，这种算法有三种类型：

4.1 统算法

不管变压器的铁损铜损统统加起来，让他从变压器表面积散发出去，环型变压器常采用这一形式。有两种公式：

1) 第一种形式

$$\Delta T = \frac{P_c + P_w}{\alpha \cdot A_t}$$

—变压器散热系数 (w/cm²)

A_t —变压器散热表面积cm²

2) 第二种形式

$$\Delta T = \frac{539}{\alpha} \left(\frac{P_c + P_w}{A_t} \right)^{0.8}$$

4.2 热交换法

热交换法的理论认为若铁心的温度与线圈的温度不同，为达到温度平衡铁心与线圈之间必需进行热交换，热交换有三种形式，一是铁心温度高线圈温度低，铁心向线圈传热，二是铁心温度低线圈温度高，线圈向铁心传热，三是铁心温度与线圈温度相等，互不传热，这样计算方法与统算法相似，只不过他要先计算出铁心与线圈的温度后才能下结论，统算法是不管三七二十一，铁心与线圈温度是多少只有一种算法，

1) 计算线圈与铁心初始温升比

$$\frac{\Delta \tau_w}{\Delta \tau_c} = 1.5 \cdot \beta \cdot \frac{P_w}{P_c}$$

2) 计算线圈与铁心间热平衡系数k

$$\frac{\Delta \tau_w}{\Delta \tau_c} < 1 \text{ --- } k = 0.707 \sqrt{1 + \frac{\Delta \tau_w}{\Delta \tau_c}}$$

$$\frac{\Delta \tau_w}{\Delta \tau_c} = 1 \text{ --- } k = 1$$

$$\frac{\Delta \tau_w}{\Delta \tau_c} > 1 \text{ --- } k = 1.414 \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{\Delta \tau_c}{\Delta \tau_w}}}$$

3) 计算修正前温升 w_0

$$\Delta \tau_{w_0} = \frac{P_w + P_c}{\alpha_{w_0} \cdot A_w \cdot \left(1 + \frac{1.5 \cdot \beta}{k} \right)}$$

A_w —线圈散热面积(cm²)

$\beta = \frac{A_c}{A_w}$ 铁心散热面积 A_c 与线圈散热面积 A_w 之比

w_0 — w/cm²

散热面积的计算也有三种，第一种认为变压器底部的面积是不能散热的，是将变压器底部表面积不计入变压器的散热面积，第二种是认为变压器底部虽不能散热，但底部是安装在金属底板也会散热，因次将底部的面积计算进去，第三种是变压器表面不规则时为了计算方便要用等效散热面积去代替，例如环型变压器，采用直径等于变压器外径，高度等于变压器高度的一个圆柱体的表面积来代替变压器的散热面积，这三种计算方法的散热面积是不同的，所引起的误差要折算到散热系数中，这样才能使计算