

多台同容量双绕组变压器经济运行分析

王亚忠¹, 单晓红¹, 黎天珠², 张继中²

(1. 广西电力职业技术学院, 广西 南宁 530007; 2. 广西电网公司河池供电局, 广西 河池 547000)

摘要: 在导出 n 台双绕组电力变压器并列运行总损耗的基础上, 用数学分析方法论证了 n 台同容量双绕组电力变压器并列运行的经济运行负荷计算公式和 n 台同容量双绕组变压器并列经济运行投切台数临界功率的数学表达式, 具有结论简明, 特别适用于全面考虑电压、电流变化对电力变压器并列经济运行的计算机实时监控程序实际计算应用的特点。

关键词: 变压器并列运行; 经济运行负荷; 投切台数; 临界功率

Economical operation analysis of more sets parallel operation of the two-winding transformer with the same capacity

WANG Ya-zhong¹, SHAN Xiao-hong¹, LI Tian-zhu², ZHANG Ji-zhong²

(1. Guangxi Electric Power Institute of Vocational and Technical Training, Nanning 530007, China;

2. Guangxi Hechi Electric Power Supply Bureau, Hechi 547000, China)

Abstract: Based on deducing the total consumption of more sets parallel operation of the two-winding transformer, this paper uses the mathematical extreme value method to prove the economical operating load formula of more sets parallel operation two-winding transformer, and the threshold power of sets number put into and get off of the parallel operation two-winding transformer with the same capacity. It has the characteristic of simple conclusion and can be easily used in practical calculation and application. It has the especially characteristic for real time computer calculation to overall consideration the changing of voltage and current.

Key words: parallel operation of transformer; economical operating load; sets number put into and get off; threshold power

中图分类号: TM732 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)04-0093-02

0 引言

为了提高供电可靠性和方便电力变压器的运行维护和检修, 大型变电所常采用多合同容量、同型号的双绕组电力变压器并列运行。本文用数学方法推导出了多台双绕组电力变压器并列运行更精确实用的经济运行负荷计算公式和 n 台变压器并列经济运行投切台数的临界功率计算公式, 对 n 台并列双绕组电力变压器实现经济运行实际计算、节约电能, 有一定参考价值。

1 n 台同容量双绕组电力变压器最经济运行负荷

1.1 单台双绕组电力变压器运行

单台双绕组变压器的总损耗

$$\Delta P = \Delta P_0 U_*^2 + \frac{S_*^2}{U_*^2} \cdot \Delta P_K \quad (1)$$

式中: $U_* = \frac{U}{U_N}$, $S_* = \frac{S}{S_N}$, ΔP_0 为变压器空载试验损耗, ΔP_K 为变压器短路试验损耗, U_N 为变压器额

定电压, U 为实际运行电压, S_N 为变压器额定容量, S 为变压器实际视在负荷功率。

令 $\Delta P = y$, $U_* = x$ 代入式 (1), 得

$$y = \Delta P_0 x^2 + \Delta P_K S_* x^{-2} \quad (2)$$

将 y 看成 x 的函数, 两边求导,

一阶导数

$$y' = 2\Delta P_0 x + \Delta P_K S_*^2 (-2) \cdot x^{-3} \quad (3)$$

二阶导数

$$y'' = 2\Delta P_0 + \Delta P_K S_*^2 \cdot (6) \cdot x^{-4} \quad (4)$$

由式 (4) 可以看出, 恒有 $y'' > 0$, 故函数 $y = f(x)$ 存在极小值。令 $y' = 0$, 得

$$S_* = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot U_*^2 \quad (5)$$

$$\text{即 } S = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 \cdot S_N = K_F S_N \quad (6)$$

由式 (6) 可以看出, 单台双绕组变压器经济运行的负荷系数为

$$K_F = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 \quad (7)$$

1.2 多台同容量、同型号双绕组变压器并列运行 n 台同容量双绕组变压器并列运行的总损耗

$$\Delta P = n \cdot \Delta P_0 U_*^2 + \frac{1}{n} \cdot \frac{S_*^2}{U_*^2} \cdot \Delta P_K \quad (8)$$

令 $\Delta P = y$, $U_*^2 = x$, 得

$$y = n \cdot \Delta P_0 \cdot x^2 + \frac{1}{n} \cdot S_*^2 \cdot \Delta P_K \cdot x^{-2} \quad (9)$$

对式(9)两边求导,
一阶导数

$$y' = 2n\Delta P_0 x - 2 \cdot \frac{1}{n} \cdot S_*^2 \Delta P_K x^{-3} \quad (10)$$

二阶导数

$$y'' = 2n\Delta P_0 + \frac{6}{n} \cdot S_*^2 \Delta P_K \cdot \frac{1}{x^4} \quad (11)$$

由式(11)可知,恒有 $y'' > 0$, 故函数 $y = f(x)$ 存在最小值, 令 $y' = 0$, 得

$$S_* = n \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot U_*^2 \quad (12)$$

$$\text{即 } S = K_F S_N = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 \cdot (nS_N) = K_F \cdot (nS_N) \quad (13)$$

由式(13)可知, n 台同容量双绕组变压器经济运行负荷 $S = K_F \cdot (nS_N)$, 它刚好是单台双绕组变压器经济运行负荷的 n 倍, 即 n 台同容量双绕组变压器并列经济运行时, 其中每台均达到经济运行状态。

2 多台同容量双绕组变压器并列经济运行投切台数的临界功率

n 台同容量双绕组变压器运行总损耗

$$\Delta P = n \cdot \Delta P_0 U_*^2 + \frac{1}{n} \cdot \frac{S_*^2}{U_*^2} \cdot \Delta P_K \quad (14)$$

$(n-1)$ 台同容量双绕组变压器运行总损耗

$$\Delta P = (n-1) \cdot \Delta P_0 U_*^2 + \frac{1}{(n-1)} \cdot \frac{S_*^2}{U_*^2} \cdot \Delta P_K \quad (15)$$

当两式相等时为两曲线之交点, 即

$$\begin{aligned} n \cdot \Delta P_0 U_*^2 + \frac{1}{n} \cdot \frac{S_*^2}{U_*^2} \cdot \Delta P_K = \\ (n-1) \cdot \Delta P_0 U_*^2 + \frac{1}{(n-1)} \cdot \frac{S_*^2}{U_*^2} \cdot \Delta P_K \end{aligned} \quad (16)$$

由式(16), 得

$$S_C = \sqrt{n(n-1)} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 \cdot S_N \quad (17)$$

式(17)说明, 当负荷功率 $S'_C < S < S_C$ 时应投入 $(n-1)$ 台变压器并列运行 $S'_C = \sqrt{(n-1)(n-2)}$.

$\sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 \cdot S_N$, 当负荷功率 $S > S_C$ 时, 应投入 n 台变压器并列运行, 这样即可实现变压器总损耗最小运行。

3 结论

(1) n 台同容量双绕组电力变压器的总损耗

$$\Delta P = n \cdot \Delta P_0 U_*^2 + \frac{1}{n} \cdot \frac{S_*^2}{U_*^2} \cdot \Delta P_K$$

(2) n 台同容量双绕组电力变压器并列运行时的经济负荷

$$S = n \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 \cdot S_N = K_F \cdot (nS_N)$$

它刚好是单台变压器经济运行负荷的 n 倍, 既 n 台并列运行经济运行时, 其中每一台均达到经济运行状态。

(3) $(n-1)$ 台和 n 台双绕组变压器经济运行投切台数临界功率

$$S_C = \sqrt{n(n-1)} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 \cdot S_N$$

当 $S > S_C$ 时应投入 n 台并列运行。

参考文献

- [1] 虞忠年, 陈星莺, 刘昊. 电力网电能损耗[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
YU Zhong-nian, CHEN Xing-ying, LIU Hao. Electric Energy Loss of Power Net[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [2] 黄静. 电力系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
HUANG Jing. Electric Power Systems[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [3] 杜文学. 电力系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
DU Wen-Xue. Electric Power Systems[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.

收稿日期: 2008-04-14; 修回日期: 2008-07-07

作者简介:

王亚忠(1959-), 男, 副教授, 主要从事电力职业技术教育和电力系统研究工作; E-mail:wangyz1959@126.com

单晓红(1961-), 女, 本科, 实验师, 主要从事电力职业技术实验、实训教学和电气测量数据分析的研究工作;

黎天珠(1971-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事电力系统运行与控制的研究工作。