

双绕组变压器经济运行负载系数研究

王亚忠

(广西电力职业技术学院, 广西 西宁 530007)

摘要: 在导出双绕组变压器总损耗的基础上, 用数学方法推导出了考虑电压变化影响的变压器经济负荷系数的计算公式, 举例说明了不能忽略电压变化影响的原因, 并得出当双绕组变压器按损耗最小曲线运行时, 其负载损耗为常数的结论。

关键词: 双绕组变压器; 变压器总损耗; 经济负荷系数; 负载损耗

Research on the economical operating load factor of the two-winding transformer

WANG Ya-zhong

(Guangxi Electric Power Institute of Vocational and Technical Training, Nanning 530007, China)

Abstract: On deducing the total consumption of the two-winding transformer and using the mathematical extreme value method, this paper proposes a new formula of the economical operating load factor of the two-winding transformer, and explains with example the reason why it cannot be neglected the influence of the voltage change. It reaches the conclusion that when the two-winding transformer operating on the minimal loss curve, its load consumption is a constant.

Key words: two-winding transformer; total consumption of transformer; economical operating load factor; load consumption

中图分类号: TM41 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)17-0060-02

0 引言

电力系统中的升压变电器、降压变电器和配电变电器, 大量采用双绕组变压器, 变压器损耗是电力网主要损耗之一, 以往的教材和技术专著给出的

变压器经济运行负荷系数 $k = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}}$ 是指运行电

压 $U = U_N$ 时的最佳运行点^[1]。笔者用数学方法对双绕组变压器计及电压波动时的经济运行方式进行了分析, 并得出几条以分析为依据的结论, 这对变压器实际运行调节和电力专业教学具有一定参考借鉴意义。

1 考虑电压变化影响的变压器经济负荷系数

1.1 双绕组变压器总损耗

双绕组变压器损耗表达式为^[2]

$$\Delta P = U^2 G + \frac{S^2}{U^2} \times R \quad (1)$$

式中: $U^2 G$ 为变压器空载损耗, $\frac{S^2}{U^2} \times R$ 为变压器负

载损耗, 将 $G = \frac{\Delta P_0}{U_N^2}$ 和 $R = \frac{U_N^2}{S_N^2} \times \Delta P_K$ 代入式(1) (Δ

P_0 为变压器空载试验损耗, ΔP_K 为变压器短路试验损耗), 得

$$\Delta P = U^2 \times \frac{\Delta P_0}{U_N^2} + \frac{S^2}{U^2} \cdot \frac{U_N^2}{S_N^2} \cdot \Delta P_K \quad (2)$$

令 $U_* = \frac{U}{U_N}$ $S_* = \frac{S}{S_N}$ 代入式(2), 得

$$\Delta P = U_*^2 \times \Delta P_0 + \frac{S_*^2}{U_*^2} \times \Delta P_K \quad (3)$$

由式(3)可以看出, 实际运行中的双圈变压器, 其空载损耗与运行电压标幺值的平方成正比, 其负载损耗与运行电压标幺值的平方成反比。当实际运行电压标幺值给定后, 例如 $U_* = 1$ 时, $\Delta P = \Delta P_0 + S_*^2 \cdot \Delta P_K$, 即变压器总损耗随其视在负荷功率标幺值 S_* 的变化规律曲线是开口朝上的抛物线, ΔP_0 为抛物线的顶点(最小值)。

1.2 双绕组变压器的经济负载系数

令式(3)中的 $\Delta P = y$, $U_* = x$, 得

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

一阶导数

$$y' = f'(x) = 2\Delta P_0 x + \Delta P_K S_*^2 (-2)x^{-3} \quad (5)$$

二阶导数

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

从式(6)可知, 函数 $y=f(x)$ 的二阶导数恒大于零, 故原函数有最小值。令 $f'(x)=0$, 得

$$\Delta P_0 x = \Delta P_K S_*^2 x^{-3} \quad (7)$$

即 $S_* = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot U_*^2$ 时双绕组变压器损耗最小。

令 $k = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}}$, 得

$$S_* = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot U_*^2 = kU_*^2 \quad (8)$$

表 1 SFZ9—31500/110 变压器随电压变化的 K_F 值Tab. 1 The K_F value of the SFZ9-31500/110 transformer changing with voltage

U_*	0.9	0.92	0.94	0.96	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.1
K_K	0.355	0.371	0.387	0.421	0.438	0.456	0.474	0.492	0.552	0.530

由表 1 可以看出, 双绕组变压器的经济负荷系数 K_F 随运行电压的变化是很大的 (从 $U=0.9U_N$ 的 35.5% 到 $U=1.1U_N$ 的 53%)。因此, 实际运行中不应忽略电压变化对变压器经济运行的影响, 应当根据电压的变化调节负荷或者根据负荷的变化调整电压 (后者更现实)。

1.3 负载损耗为常数的工况

如果变电站的变压器为有载调压变压器, 且有足够的无功电源, 能保证变压器运行在 $S_* = kU_*^2$ 曲线上, 则将 $S_* = kU_*^2$ 代入式 (3), 得

$$\Delta P = \Delta P_0 U_*^2 + \sqrt{\Delta P_0 \cdot \Delta P_K} \quad (10)$$

由式 (10) 可以看出, 当变压器运行在最小损耗曲线 $S_* = kU_*^2$ 上时, 其负载损耗为常数 $\sqrt{\Delta P_0 \Delta P_K}$ 。

1.4 功率因数对变压器损耗的影响

由式 (3) 还可以看出, 变压器总损耗与 S_*^2 成正比, 由 $S_*^2 = P_*^2 + P_*^2 \text{tg}^2 \varphi$ 来看, 当 P_* 不变, 提高功率因数 $\cos \varphi$, 使 φ 减小, 则 $\text{tg} \varphi$ 变小, S_* 也变小, 所以提高功率因数能降低变压器损耗。

2 结论

(1) 双绕组变压器经济运行负荷系数

式 (8) 的另一种写法为

$$S = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2 S_N = K_F S_N \quad (9)$$

由式 (9) 可以看出, 双绕组变压器实际运行的

经济负荷系数 $K_F = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2$, 变压器在此负荷

系数下运行损耗最小, 运行最经济。按式 (9) 对 SFZ9—31500/110 型 110 kV 有载调压变压器取

$U_* = 0.9 \sim 1.1$ ($U_N = 110$ kV $S_N = 31500$ kVA) 的 K_F 值

计算如表 1 所示, SFZ9—31500/110 型双圈变压器的参数^[3]:

$\Delta P_0 = 25.6$ kW, $\Delta P_K = 133.2$ kW

$K_F = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_K}} \cdot \left(\frac{U}{U_N}\right)^2$, 它与运行电压的平方成正比。

(2) 变压器经济运行负荷系数随运行电压变化很大, 应重视电压调整对经济运行的影响。

(3) 有载调压变压器且母线上有足够无功电源时, 能保证变压器运行在最小损耗曲线 $S_* = kU_*^2$ 上, 这时变压器的负载损耗为常数 $\sqrt{\Delta P_0 \Delta P_K}$ 。

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 Power Quality Loss of Power Grid[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: 2008-04-11; 修回日期: 2008-04-24

作者简介:

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