

双圈变压器最小损耗运行曲线和一些新想法

王亚忠, 单晓红, 黎庚荣

(广西电力职业技术学院, 广西 南宁 530007)

摘要: 以电力系统大量运行使用的三相双绕组电力变压器运行损耗最小为目标, 用数学极值方法推导出双圈变压器最小损耗运行曲线 $S_* = kU_*^2$, 并在此基础之上探讨了有关双绕组变压器容量选择、双绕组有载调压变压器分接头调整和变电所低压母线并联无功过补偿等新想法, 提出按经济负荷系数法选择变压器容量、按变压器最小损耗运行曲线调节分接头等建议。

关键词: 双绕组变压器; 最小损耗运行曲线; 容量选择; 有载调压; 无功补偿

Two-winding transformer minimal loss operation curve and some new ideas

WANG Ya-zhong, SHAN Xiao-hong, LI Geng-rong

(Guang-xi Electric Power Institute of Vocational and Technical Training, Nanning 530007, China)

Abstract: To get the goal for the minimal operating loss of the three-phase two-winding transformer, which is widely has using in power system operation, this paper has, using the mathematical extreme value method, deduced the two-winding transformer minimal loss operation curve $S_* = kU_*^2$. And on that basis it discusses some new ideas about the two-winding transformer, as transformer capacity choice, the regulating of the two-winding transformer load ratio regulator and the low voltage bus parallel over var compensation of the transformer station. It gives suggestions that according to economical operating load factor to choose the transformer capacity and according to the transformer minimal loss operation curve to regulate transformer load ratio regulator.

Key words: two-winding transformer; minimal loss operation curve; capacity choice; load ratio regulating; var compensation

中图分类号: TM772 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)03-0086-02

0 引言

电力系统中的升压变电所、降压变电所和配电变电所中, 大量采用双圈变压器。双圈变压器的固定损耗与运行电压的平方成正比, 其可变损耗与电压的平方成反比。特别是配电网中的配电变压器多是其一大特点。变压器损耗占据了电网损耗的很大比例。本文用数学极值方法推导出了三相双绕组电力变压器的最小损耗运行曲线并在此基础上探讨了有关双圈变压器的选择、有载调压变压器分接开关的调节和变电所低压母线并联无功过补偿等新的想法。

1 双圈变压器最小损耗运行曲线

双绕组变压器功率为固定损耗和变动损耗之和。

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

对式(1)求导, 一阶导数

$$d \Delta P / dU = 2GU + RS^2(-2)U^{-3} \quad (2)$$

二阶导数

$$d^2 \Delta P / dU^2 = 2G + RS^2 6U^{-4} \quad (3)$$

由于二阶导数恒大于零, 故存在最小值, 令 $d \Delta P / dU = 0$, 得双绕组变压器最小损耗运行函数表达式:

$$GU^4 = S^2 R \quad (4)$$

将变压器电阻 $R = \frac{U_N^2}{S_N^2} \times \Delta P_k$, 电导 $G = \Delta P_0 / U_N^2$

代入式(4)得

$$\left(\frac{U}{U_N}\right)^4 = \left(\frac{S}{S_N}\right)^2 \times \frac{\Delta P_k}{\Delta P_0} \quad (5)$$

两边开平方, 且令 $S_* = S/S_N$, $U_* = U/U_N$, 由式(5)得

$$S_* = kU_*^2 = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_k}} U_*^2 \quad (6)$$

结论: (1) 使双绕组变压器最小损耗运行函数关系是其视在功率标么值与其运行电压标么值满足抛物线方程 $y = ax^2$ 。

(2) 若变压器运行电压为额定电压, 即 $U_* = 1$, 则使双绕组变压器损耗最小的视在功率 $S = k S_N$,

例如 SFZ9-12500/110 型 110 kV 双绕组变压器,

$$\Delta P_0=12.7 \text{ kW}, \Delta P_k=63.0 \text{ kW}, k=\sqrt{\frac{\Delta P_0}{\Delta P_k}}=12.7/6.3=$$

44.9%。

笔者对 SFZ9 系列的 110 kV 双绕组变压器从 $S_N=8000 \text{ kVA}$ 到 $S_N=63000 \text{ kVA}$ 逐一计算其 $U_*=1$

时的 k 值如表 1 所示。

由以上分析可以看出, 双绕组变压器运行电压为其额定电压时, 使其损耗最小的负荷功率应为其额定容量的 43%~45.5%, 即变压器经济运行的负荷系数约为 50%。

表 1 SFZ9 系列 110 kV 双绕组变压器的 k 值

Tab.1 the k value of the SFZ9 series 110 kV two-winding transformer

容量/kVA	8000	10000	12500	16000	20000	25000	31500	40000	50000	63000
k 值	0.449	0.455	0.449	0.446	0.441	0.438	0.438	0.432	0.432	0.43

2 一些新想法

2.1 有关双绕组变压器容量选择的新想法

除了按电力系统设计手册中介绍的选择原则外, 还应加上一条, 就是接近、中期预测的结果(采用单耗法), 得到变电所的用电负荷 S_y , 如若已选定为 SFZ9 系列变压器, 则变压器的容量应为 $S_N=S_y/k$, $k=0.43\sim 0.455$ 。最后用年费用最小法进行技术经济比较, 选出工程经济使用年限 $n=25$ 年的最经济容量。

2.2 有关有载调压变压器分接开关调节的新想法

有载调压变压器与普通变压器相比, 有以下优点: (1) 可以带负荷调压, 即调整分接头时不停电; (2) 调压范围宽, 例如 SFZ9 系列 110 kV 双绕组变压器有 $110\pm 8\times 1.25\%$ 共 17 个分接头, 其调压范围为 $(0.9\sim 1.1)\times 110 \text{ kV}$ 。

采用有载调压变压器的变电所低压母线, 可实现逆调压。这样正好保证了运行点在最小损耗运行曲线 $S_* = kU_*^2$ 上的运行。具体的有载调压变压器, 可以按上述函数关系编制程序, 使变压器按 $S_* = kU_*^2$ 自动调节分接头运行。

2.3 有关变电所并联无功过补偿的新想法

在确保变电所母线电压不超过其额定电压的 1.1 倍和不发生补偿谐振的前提下, 加大变电所低压母线上无功电源补偿容量, 使降压变压器阻抗上的电压损耗 $\Delta U_{\tau} = (PR+QX) / U$ 为零或负值, 这样可以大大提高 $S_* = kU_*^2$ 中的 U_* 值, 使最大负荷时运行点仍保持在变压器最小损耗运行曲线上。

3 结束语

本文推导出的 $S_* = kU_*^2$ 函数表达式是使双绕组变压器损耗最小的运行曲线。随着我国改革开放的

发展和经济实力的增强, 越来越多的变电所、配电所采用有载调压变压器和静止补偿器, 在设计选择变压器时如果也考虑到变压器按最小损耗运行, 则一定能实现变压器运行点按最小损耗运行曲线运行, 真正实现变压器损耗最小运行节约大量能源。

参考文献

- [1] 杜文学. 电力系统[M]. 中国电力出版社, 2007.
Du Wen-xue. Electric Power Systems[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.
- [2] 黄静. 电力系统[M]. 中国电力出版社, 2002.
HUANG Jing. Electric Power Systems[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [3] 虞忠年, 陈星莺, 刘昊. 电网电能损耗[M]. 中国电力出版社, 2000.
YU Zhong-nian, CHEN Xing-ying, LIU Hao. Electric Energy Loss of the Electric Power Network[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [4] 王锡凡, 方万良, 杜正春, 等. 现代电力系统分析[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
WANG Xi-fan, FANG Wan-liang, DU Zheng-chun, et al. Analysis of Modern Power System[M]. Beijing: Science Press, 2003.

收稿日期: 2008-04-04; 修回日期: 2008-04-21

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运行和控制研究; 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;

黎庚荣(1974-), 男, 讲师, 主要从事电力职业技术教学和电力系统继电保护研究。