

变压器经济运行决策软件设计

杨 威¹, 潘文霞¹, 范永威¹, 李学鹏²

(1. 河海大学 电气工程学院, 江苏 南京 210098;

2. 宿迁市供电公司, 江苏 宿迁 223800)

摘要: 为节约能源,降低配电变压器的运行损耗,分析了变压器经济运行的基本原理,考虑了变压器之间的特性差异和变压器负荷随着时间变化的特点,利用 VC++ 程序分析变压器在不同运行方式下的经济运行点,实现智能化选择变压器的经济运行方式,如在一定的负荷条件下,变压器应该采用单台运行还是多台运行,在多台运行情况下,是并列运行还是分列运行等,实现从变电站采集数据到选择运行方式的智能化过程,并且通过数据和图表的形式直观、清晰地给出选择结果,为变电站提供一套良好的决策系统。通过工程实例验证,得出结论:在不同的负荷下,变压器的经济运行点不同,不同运行方式存在着不同的经济运行区,当负荷落在该经济运行区中,该种运行方式就为最经济运行方式。

关键词: 变压器; 经济运行; 损耗; 仿真; 决策软件

中图分类号: TM 406; TP 31

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)09-0113-03

0 引言

从发电、供电一直到用电,一般需要经过 3~5 次变压过程,变压器在变压和传递电能的过程中,其自身要产生有功功率损失和无功功率消耗,由于变压器的总台数多、总容量大,故在发、供、用电过程中变压器总的电能损耗非常大,变压器总的能量损失占发电量的 30% 左右^[1],特别在农电系统中,存在着极大的浪费。

文献[2-3]指出了使用配电变压器的几个误区,比如仅仅根据负载系数判定变压器是否“大马拉小车”;为减少操作宁愿用 1 台小容量的变压器重负荷运行,而不采用 2 台变压器经济运行等。因此,开发一套可以比较变压器经济运行方式的软件,能更好地比较不同类型和不同运行方式的经济性,具有重要意义。

1 变压器经济比较的主要原理^[4]

现以单台变压器为例进行说明:

$$\Delta P_A = P_{0A} + \left(\frac{S_L}{S_{NA}} \right)^2 P_{KA} \quad (1)$$

$$\Delta P_B = P_{0B} + \left(\frac{S_L}{S_{NB}} \right)^2 P_{KB}$$

式中 ΔP_A 、 ΔP_B 、 P_{0A} 、 P_{0B} 、 S_{NA} 、 S_{NB} 、 P_{KA} 、 P_{KB} 分别是变压器 A、B 的有功损耗、空载损耗、额定功率、额定负载损耗。

令 $\Delta P_A = \Delta P_B$, 得到临界有功负载 S_{LP} 为

$$S_{LP} = \sqrt{(P_{0A} - P_{0B}) / (P_{KB} / S_{NB}^2 - P_{KA} / S_{NA}^2)} \quad (2)$$

分析结果如图 1 所示^[5]。

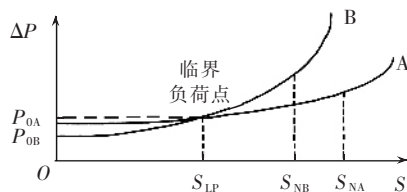


图 1 原理说明

Fig.1 Principle of transformer economic operation

可以看出,负荷 S_L 和 S_{LP} 的大小关系决定了变压器的经济性,当 S_{LP} 为虚根、0、 ∞ 时,空载损耗小的变压器优(图中为变压器 B);当 $S_{LP} = 0/0$ 时, A、B 一样;当 $0 < S_{LP} < S_{NA} (S_{NB})$ 时, $S_L < S_{LP}$ 时, B 运行优, $S_L > S_{LP}$, A 运行优。

2 变压器运行方式

2.1 单台运行

图 2 所示为双绕组变压器单台运行情况,有功损耗和临界功率可由式(1)(2)求得;三绕组的类似。

2.2 并列运行^[6]

以双绕组为例, N 台变压器并列运行方式如图 3 所示。

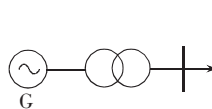


图 2 单台运行

Fig.2 Operation of one transformer

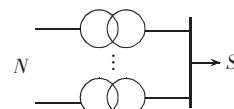


图 3 N 台并列运行

Fig.3 Operation in parallel of N transformers

N 台 A 型变压器与 N 台 B 型变压器带相同负荷时的临界有功负载公式为^[7]

$$S_{LP}^{N-N} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N P_{0Ai} - \sum_{i=1}^N P_{0Bi}}{\frac{\sum_{i=1}^N P_{KAi}}{\left(\sum_{i=1}^N S_{NAi}\right)^2} - \frac{\sum_{i=1}^N P_{KBi}}{\left(\sum_{i=1}^N S_{NBi}\right)^2}}} \quad (3)$$

式中 P_{0Ai} 、 P_{0Bi} 分别为第 i 台 A、B 型变压器空载损耗; P_{KAi} 、 P_{KBi} 分别为第 i 台 A、B 型变压器短路损耗; S_{NAi} 、 S_{NBi} 分别为第 i 台 A、B 型变压器额定容量。

比较双绕组 N 台和 $N+1$ 台并列运行、三绕组 N 台与 N 台并列、三绕组 N 台与 $N+1$ 台并列运行的情况与上面情况类似。

2.3 分列运行(只考虑 2 台负载侧分列情况)

2.3.1 双绕组情况

双绕组分列运行如图 4 所示。

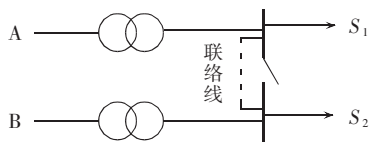


图 4 2 台双绕组分列运行

Fig.4 Separate operation of 2 two-winding transformers

有功损耗公式为

$$\Delta P_{AB} = P_{0A} + \left(\frac{S_1}{S_{NA}}\right)^2 P_{KA} + P_{0B} + \left(\frac{S_2}{S_{NB}}\right)^2 P_{KB} \quad (4)$$

2.3.2 三绕组情况^[8-9]

a. 变压器 A 供二次侧负荷, B 供三次侧情况, 如图 5 所示。

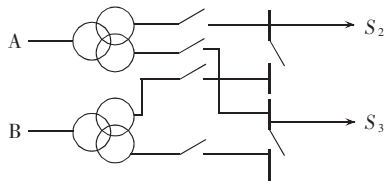


图 5 2 台三绕组分列运行 (情况 1)

Fig.5 Separate operation of 2 three-winding transformers(case 1)

有功损耗公式为

$$\Delta P_{AB} = P_{0A} + \left(\frac{S_2}{S_{NA}}\right)^2 P_{K12A} + P_{0B} + \left(\frac{S_3}{S_{NB}}\right)^2 P_{K13B} \quad (5)$$

式中 P_{K12A} 、 P_{K13B} 分别为变压器 A 一二侧绕组间、变压器 B 一三侧绕组间的短路损耗。

b. 变压器 A 供三次侧负荷, B 供二次侧的情况, 如图 6 所示。

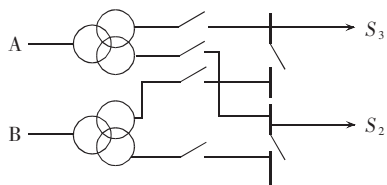


图 6 2 台三绕组分列运行 (情况 2)

Fig.6 Separate operation of 2 three-winding transformers(case 2)

有功损耗公式为

$$\Delta P_{BA} = P_{0B} + \left(\frac{S_2}{S_{NB}}\right)^2 P_{K12B} + P_{0A} + \left(\frac{S_3}{S_{NA}}\right)^2 P_{K13A} \quad (6)$$

$$S_{LP} = S_3 \sqrt{\left(\frac{P_{K13A}}{S_{NA}^2} - \frac{P_{K13B}}{S_{NB}^2}\right) / \left(\frac{P_{K12A}}{S_{NA}^2} - \frac{P_{K12B}}{S_{NB}^2}\right)} = S_3 \sqrt{m} \quad (7)$$

当 $m \leq 0$ 或者 $m > 0$ 且 $\sqrt{m} < \alpha_T$ (α_T 为工况点损耗等效负载系数) 时, AB 运行优于 BA, 当 $m = \infty$ 或 $m > 0$ 且 $\sqrt{m} > \alpha_T$ 时, BA 运行优于 AB。

3 决策软件设计

在变电站, 通过 SCADA 数据采集系统获得变压器的原始数据, 存入数据库, 根据输入变压器的台数, 通过该软件的判断, 得出单台运行、并列运行和分列运行的临界有功负载, 通过临界有功负载模块比较输出结果。

流程如图 7 所示。

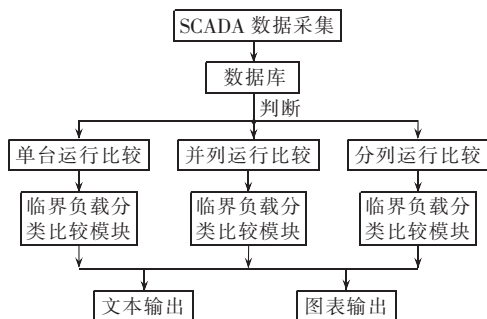


图 7 流程图

Fig.7 Flowchart

该软件采用 VC++ 语言^[10-11]编写, 采用 ADO 数据库连接, 拥有可视化界面, 方便、简洁。

与数据库联系的变压器数据, 随着 SCADA 存入数据库的数据的变化而变化, 通过选择要比较的变压器, 在给定分配负荷的基础上, 运行该决策软件系统可以得出结果, 通过文本和图形的方式显示出来。

4 算例验证

表 1、表 2 为在徐州地区进行试验时采集的数据。需说明的是, 这里的并列运行是指徐州 1 号和 2 号变压器并列运行得出的结果。与单台运行比较, 得出的临界负荷是虚数, 说明曲线没有交点, 空载损耗小的运行经济, 徐州 2 号变符合条件, 分列运行的二次侧临界负荷为 9 035.1 kW > 6 000 kW, 有交点, 徐

表 1 变压器的原始功率数据

Tab.1 Original power data of transformer

变压器	$S_{1N}/$ MV·A	$S_{2N}/$ MV·A	$S_{3N}/$ MV·A	$P_0/$ kW	$P_{K12}/$ kW	$P_{K13}/$ kW	$P_{K23}/$ kW
T _{X1}	63	63	63	96.8	331	373	273
T _{X2}	20	20	20	37.05	119.4	124.3	103

注: T_{X1}、T_{X2} 分别为徐州 1 号、2 号三绕组变压器; S_{1N} 、 S_{2N} 、 S_{3N} 分别为三绕组变压器一、二、三侧的额定容量; P_0 为变压器的空载损耗; P_{K12} 、 P_{K13} 、 P_{K23} 分别为变压器一、二侧、一三侧、二、三侧绕组间的短路损耗。

表 2 有功损耗结果比较
Tab.2 Comparison of power loss
among different operating modes kW

变压器	手算结果			软件结果		
	单台 运行	并列 运行	分列 运行	单台 运行	并列 运行	分列 运行
T _{x1}	113.28	146.53	162	113.278	146.532	162.02
T _{x2}	91.96	146.53	152.21	91.961	146.532	152.21
临界负荷	j1.87×10 ⁴	-	9 035.1	j187 03	-	9 035.1

州 2 号变较经济,在 3 种运行方式中,152.21 kW>146.53 kW>91.96 kW,最后是选择徐州 2 号变单台运行,比较经济。

该软件在江苏省多个市县进行试点运行,取得了非常好的效果,在徐州进行试点时,运行半年,节约 217 万元,网损明显下降,特别是在农网中,具有明显的效果。

5 结 语

根据变压器经济运行理论,开发了变压器经济运行决策软件,它可以根据变压器的技术参数在不同的负荷下,判别变压器经济的最优运行方式,在实际的工程中,根据 SCADA 采集的实时数据,在一定的时期内可以对不同负荷情况的变压器进行投切,有一定的实际意义,经过实例进行验证,符合预定的目标,但也存在着一些缺点,在功能上可以添加负荷预测、特种变压器、负载调整的经济运行方式等,有待进一步改进。

参考文献:

[1] 许建中,史军. 变压器的经济运行方式[J]. 电力学报,2004,19(4): 336-338.
XU Jian - zhong,SHI Jun. Economic operation modes of trans - formers[J]. Journal of Electric Power,2004,19(4):336-338.
[2] 郑琳. 配电变压器的经济运行[J]. 电气时代,2006,21(6):90-92.
ZHENG Lin. Economical operation of distribution transformer [J]. Electric Age,2006,21(6):90-92.
[3] 沈培坤. 变压器节能技术探讨[J]. 江苏理工大学学报,1996,

17(1):53-57.
SHEN Pei - kun. Economize energy technology of transformer[J]. Journal of University of Science and Technology,1996,17(1): 53-57.
[4] 胡景生. 变压器经济运行[M]. 北京:中国电力出版社,1999.
[5] 郭捷. 浅析配电变压器的经济运行[J]. 广西电力,2005(3):9-12.
GUO Jie. Economical operation of distribution transformer [J]. Guangxi Electric Power,2005(3):9-12.
[6] 徐建政,凌云. 并列运行变压器经济运行模式分析[J]. 电力自动化设备,2001,21(9):46-48.
XU Jian - zheng,LING Yun. Analysis on economic operation mode of parallel transformers [J]. Electric Power Automation Equipment,2001,21(9):46-48.
[7] 林小汇,邱惠. 变电站主变经济运行方案[J]. 湖北电力,2006,30(4):29-30.
LIN Xiao - hui, QIU Hui. Economic operation modes of main transformer in substation[J]. Hubei Electric Power,2006,30(4): 29-30.
[8] 李志鹏,李建委. 变压器经济运行方式分析[J]. 焦作工学院学报:自然科学版,2004,23(6):480-482.
LI Zhi - peng,LI Jian - wei. Study on economic operation strategy of the electric transformer[J]. Journal of Jiaozuo Institute of Technology:Natural Science,2004,23(6):480-482.
[9] 夏远福,沈冰. 三绕组变压器常见运行方式的经济性分析[J]. 节能,2005(7):24-27.
XIA Yuan - fu,SHEN Bing. Economic operation modes of three - winding transformers[J]. Energy Conservation,2005(7):24-27.
[10] 谭浩强. C 程序设计[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,1999.
[11] 徐晓梅. Visual C++ 程序设计[M]. 北京:科学出版社,2003.
(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:

杨 威(1983-),男,江苏宿迁人,硕士研究生,主要从事电力变压器经济运行和风电场暂态稳定分析方面的研究(E - mail:yangwei7785_cn@sina.com);
潘文霞(1961-),女,安徽安庆人,教授,主要从事风力发电、高电压、电能质量等方面的研究工作(E - mail:pxwhh@yahoo.com.cn);
范永威(1979-),男,浙江台州人,硕士研究生,主要从事供配电规划、设计工作;
李学鹏(1982-),男,江苏宿迁人,主要从事变电运行方面的工作。

Design of decision-making software for transformer economic operation

YANG Wei¹,PAN Wen - xia¹,FAN Yong - wei¹,LI Xue - peng²

(1. Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Suqian Power Company, Suqian 223800, China)

Abstract: In order to save energy and lower transformer losses of distribution network, the principle of transformer economic operation is studied, the characteristic differences between transformers and the load change of transformer are considered, and the economic points under different operating modes are analyzed using Visual C++ for realizing the economic operation of transformers by intelligent selection of operating mode, e.g. for a particular load, one or more transformers should be put into operation, and they should operate in parallel or separately. As a suitable decision-making system for substations, the software realizes the whole intelligent process from data collection to operating mode selection, and displays the result distinctly with both data and chart. Engineering example shows that, different loads have different economic operating points, different operating modes have different economic areas. When load is within the economic area of an operating mode, the operating mode is the most economic operating mode of that load.

Key words: transformer; economic operation; loss; simulation; decision-making software