

变电站变压器经济运行实时监控系統

郝治国, 赵学文, 张保会

(西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049)

摘要: 根据变压器经济运行理论, 研究了变压器实时经济运行的算法, 开发了变压器经济运行的实时监控系統。該系統利用工控机和实时数据采集终端“网络 893”构成, 具有实现方便、编程简单、运行可靠的特点。

关键词: 变压器; 经济运行; 实时监控

中图分类号: TM411

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2002)01-0018-04

1 引言

变压器是一种应用很广泛的变电设备。从发电、供电到用电一般需要经过 3-5 次的变压过程, 其自身产生有功功率损耗和无功功率损耗。由于变压器台数多、总容量大, 它消耗的电能也非常可观, 在广义电力系统中(包括发、供、用电)变压器损耗的电能大约可以占到系统发电量的 10% 左右^[1]。降低变压器电能损耗的主要途径是提高变压器性能, 采用新型高效设备, 再者就是在现有设备的基础上实现变压器的经济运行。

变压器经济运行是在确保变压器安全运行及传输电量相同的基础上, 充分利用现有设备, 采取变压器运行台数、分接头档位等最佳组合以及改善变压器运行条件等技术措施, 从而最大限度地降低变压器的电能损失和提高供电质量^[1]。在变电所中, 由于变压器容量、电压等级、铁心、绕组及制造工艺等的不同, 变压器之间的技术特性和参数存在着差异, 在供应相同负载的条件下, 必然存在着有的变压器运行方式损耗大, 有的变压器运行方式损耗小的情况, 在多种变压器运行方式中, 损耗小的运行方式就是经济运行方式^[2,3,4]。基于变压器经济运行的计算软件也涌现出很多的版本, 这些软件多是对变压器运行数据进行离线分析, 这对于负载波动较大的变电站, 存在着不能及时判断及控制等弊端。为此, 本文开发了变压器经济运行的实时监控系統。該系統可以实时采集变压器电压、电流等数据, 进行有功、无功及其损耗的计算分析判断, 选择变压器经济运行方式, 自动投切变压器。系統硬件由模拟量采集运算单元、开关量输入输出单元、通信卡及工控机等组成, 软件在 Windows NT 环境下运行, 人机交互界面友好, 所有计算、控制结果都以表格或图形显示, 阅读方便直观。

2 理论基础与判定原理

2.1 理论基础

变压器技术参数是分析变压器经济运行的基础数据, 变压器经济运行就是通过不同的运行方式组合, 寻求降低变压器有功功率损耗和无功功率损耗的途径^[1,2,3,4]。因此, 变压器的有功功率和无功功率损耗的计算式是变压器经济运行的基础算式。同时, 变压器经济运行也是降低电力系统损耗的重要措施, 变压器的综合功率的分析计算也属于变压器经济运行的基础理论。

a. 有功功率损耗

双绕组变压器的有功功率损耗 P

$$P = P_0 + \frac{2}{3} P_k \quad (1)$$

P_0 —— 变压器空载损耗

P_k —— 变压器额定负载下的短路损耗, 取决于变压器绕组的铜耗及附加铜耗。

—— 变压器的负载系数, $\beta = S/S_N$ 。

S —— 变压器实时视在功率

S_N —— 变压器额定视在功率

三绕组变压器的有功功率损耗 P

$$P = P_0 + \frac{2}{3} P_{k1} + \frac{2}{3} P_{k2} + \frac{2}{3} P_{k3} \quad (2)$$

$\beta_1 = S_1/S_{1N}$, $\beta_2 = S_2/S_{2N}$, $\beta_3 = S_3/S_{3N}$

P_{k1} 、 P_{k2} 、 P_{k3} —— 变压器一次侧、二次侧、三次侧绕组负载损耗

β_1 、 β_2 、 β_3 —— 变压器一次侧、二次侧、三次侧绕组负载系数

S_{1N} 、 S_{2N} 、 S_{3N} —— 变压器一次侧、二次侧、三次侧绕组额定视在功率

S_1 、 S_2 、 S_3 —— 变压器一次侧、二次侧、三次侧绕组实时视在功率

b. 无功功率损耗

变压器是借助于电磁转换实现电压变换的,它是一个强感性的电气设备,在传输功率的过程中,负载电流在变压器上的无功损耗远远大于它的有功损耗。因此,变压器经济运行中降低无功损耗的潜力远大于有功损耗,同时无功的节约有利于电压稳定。

双绕组变压器无功功率损耗 Q :

$$Q = Q_0 + Q_k \quad (3)$$

Q_0 —— 变压器空载无功功率损耗;

Q_k —— 变压器额定负载下无功功率损耗。

三绕组变压器无功功率损耗 Q :

$$Q = Q_0 + Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3} \quad (4)$$

Q_{k1} 、 Q_{k2} 、 Q_{k3} —— 变压器一次侧、二次侧、三次侧额定负载下无功功率损耗

1、2、3 —— 同上

c. 综合功率损耗

综合功率损耗是指变压器有功功率损耗和因其消耗无功功率使电网增加的有功功率损耗之和。综合功率损耗既考虑变电设备的节电,又考虑了供电网损耗的降低,综合功率经济运行是立足于电力系统总体最佳的节电方法^[1]。

双绕组变压器综合功率损耗 P_Z :

$$P_Z = P_{0Z} + P_{kZ} \quad (5)$$

$$P_{0Z} = P_0 + K_Q Q_0 \quad (6)$$

$$P_{kZ} = P_k + K_Q Q_k \quad (7)$$

P_{0Z} —— 变压器空载综合功率损耗;

P_{kZ} —— 变压器额定负载下综合功率损耗。

K_Q 为无功经济当量,它的物理意义是指变压器每减少 1kvar 无功功率损耗时,引起连接系统有功功率损耗下降的 kW 值, K_Q 的大小和变压器在电力系统中的位置有关,对于确定的变电站内变压器 K_Q 为常数。

三绕组变压器各侧绕组额定负载综合功率损耗

P_{kZ1} 、 P_{kZ2} 、 P_{kZ3} 为:

$$P_{kZ1} = P_{k1} + K_Q Q_{k1} \quad (8)$$

$$P_{kZ2} = P_{k2} + K_Q Q_{k2} \quad (9)$$

$$P_{kZ3} = P_{k3} + K_Q Q_{k3} \quad (10)$$

三绕组变压器综合功率损耗 P_Z

$$P_Z = P_{0Z} + P_{kZ1} + P_{kZ2} + P_{kZ3} \quad (11)$$

2.2 变压器经济运行技术特性优劣判定

变压器经济运行技术特性是监控系统控制判据的理论依据,它是指功率损耗随负载变化而非线性的变化的曲线。判定变压器经济运行技术特性优劣

的标准是:在供应相同负载条件下,损耗小的变压器运行方式技术特性优。

本监控系统利用变电站内变压器的运行信息,根据本变电站负荷的变化来改变变电站内变压器的经济运行方式,属于变电站内的变压器经济运行而不是整个电力系统的变压器经济运行。例如在某变电站变压器并列运行时,由于变压器技术参数的不同,在供应相同负载时,不同的运行方式组合存在着优劣。一般的,若某变电所内有 N 台变压器运行,它最多可有 $N C_N$ 种运行方式(当 $i=1$ 时为单台变压器运行,当 $i>1$ 时为多台变压器并列运行),判断方法是:供应相同负载条件下,在可供选择的方式中,选定损耗最小的运行方式即为经济运行方式。

3 经济运行监控系统及特点

3.1 变电站模型

图 1 所示为某变电站主接线图,该变电站共有三台主变压器,1# 变压器容量为 45MVA,2# 变压器容量 63MVA,3# 变压器容量 63MVA,电压等级为 110/38.5/6.6kV。目前该变电站的变压器运行方式为:1#、2# 主变分列运行带变电站所有负荷,3# 主变处于热备用状态,当 1#、2# 主变任意一台发生故障跳闸或检修时,3# 主变投入运行。1999 年变电站最高负荷为 53MVA,平均负荷为 35MVA,对该变电站变压器的运行状态进行监测、从而控制变压器的经济运行方式具有很大的经济意义。

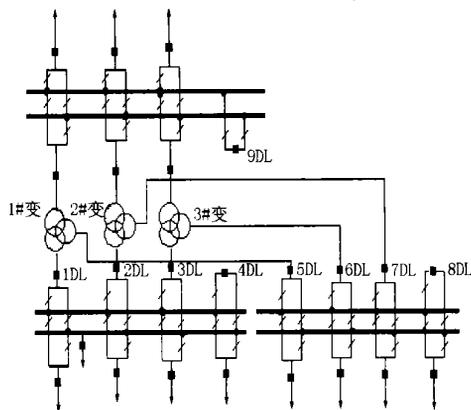


图 1 变电站主接线图

3.2 监控系统

a. 系统构成

变压器经济运行监控系统由分布式智能数据测控网络“893-网络”和主机构成。“893-网络”是一种高性能高精度的数据测控网络,具有信息传输距

离远、组网方便、抗干扰能力强等特点^[5]。本系统由二次互感器、IDCB-3A型工频交流量测量和传输前端、IDCB-2C型开关量测量控制和传输前端、通信适配卡、通信电缆和工控机等组成,控制系统结构如图2所示。

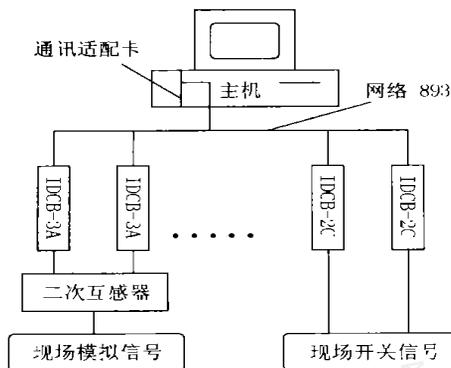


图2 控制系统结构示意图

二次互感器包括电压、电流互感器,用于实现测控网络与现场一次互感器的连接,同时具有隔离和转换的作用。

IDCB-3A型工频交流量测量前端是一个带有单片机系统的测量控制器,可同时对8条线路的电压、电流进行采集变换,完成有功功率、无功功率等的计算,并将计算结果传输至工控机。

IDCB-2C型开关量测量控制前端用于对变电站各开关闭合断开状态进行检测,掌握当前变压器的运行方式,同时具有多路继电器干节点输出,可根据计算得出的变压器优化运行方式实现投切变压器。

通讯适配卡由专用的网络通信硬件和软件组成,实现测控网络与主机系统之间的通讯管理,同时有出错校验、自动查询等功能。

主机系统是运行在Windows NT4.0环境下的工控机,Windows NT与专用的通信软件配合应用,保证了整套系统的长期安全稳定运行。

自行开发的变压器经济运行控制软件软件根据IDCB-3A测量前端采集到的变压器运行状态数据,运用变压器经济运行算法,计算并判断变压器经济运行方式,通过IDCB-2C的开关量输入判别当前的变电站运行方式,并通过继电器干节点输出控制投切母联、变压器。同时系统具有对变压器超载、过电压及低压运行等非正常运行状态判断和告警能力。软件具备显示功能,对变压器运行方式、运行参数及日负荷曲线以图表等方式显示,并可对变压器投切状况作详细记录。软件采用C++编制,人机

交互界面友好。

b. 系统控制判据

如图1所示变电站变压器,现场运行中有公用1#变压器、公用2#变压器、1#、2#变压器分列运行三种运行方式,在供应相同的负载条件下,在三种运行方式中优选损耗小的运行方式就是该变电站变压器的经济运行方式。系统通过测量前端读取数据,主机程序进行运算,分别计算出在供应该负载时,公用1#变压器的综合功率损耗 P_{ZA} 、公用2#变压器的综合功率损耗 P_{ZB} 和分列运行1#、2#变压器的综合功率损耗 P_{ZAB} ,比较 P_{ZA} 、 P_{ZB} 和 P_{ZAB} 三者之间的大小,即可选择经济运行方式,系统控制判据流程图如图3所示。

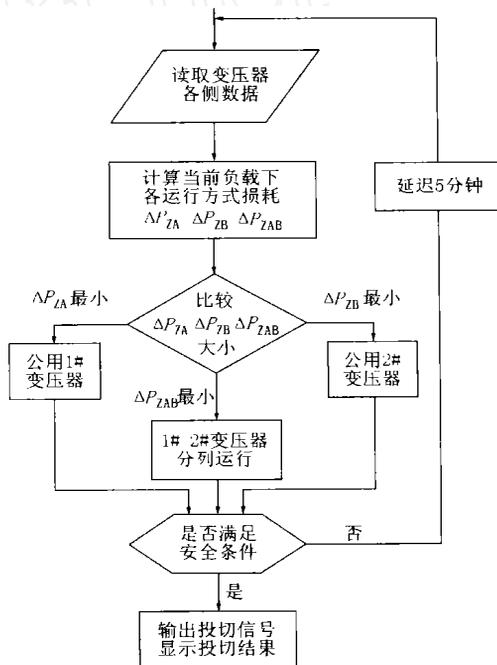


图3 控制系统计算流程图

c. 安全措施

为了避免因短时间内功率波动而导致频繁投切变压器,从而带来安全隐患。监控系统在设计过程中采取了一系列安全措施,首先系统在连续三次数据计算判断为相同经济运行方式后启动投切程序,同时参考前一天记录的负荷曲线,估计有相当一段的经济运行时间才去投切变压器。

4 模拟试验

本文对该变电站两台分列运行变压器的经济运行监控系统进行了模拟试验,试验原理图如图4。用两台三相自耦调压变压器模拟现场运行的1#、2#

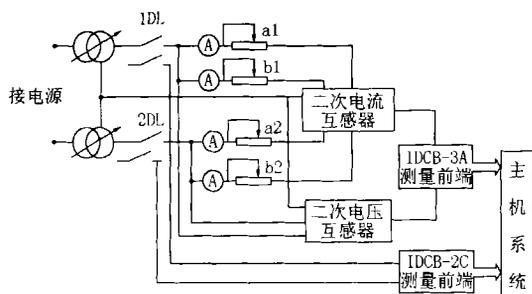


图4 模拟试验线路

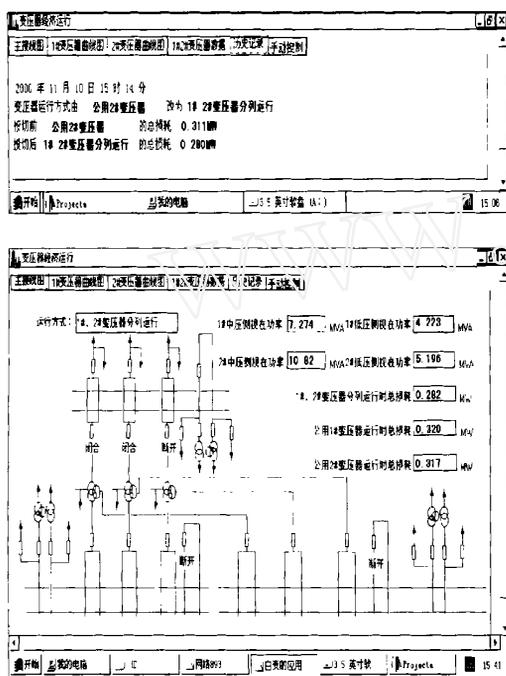


图5 控制方案显示

变压器, a1、a2 模拟 1[#] 变压器中压侧、低压侧负载, b1、b2 模拟 2[#] 变压器中压侧、低压侧负载, 实验中通过改变滑动变阻器电阻值的大小来模拟变压器现场运行中负载功率的波动。当 1[#]、2[#] 变压器负载功率较小时, 经济运行方式为分列运行 1[#]、2[#] 变

器。当 1[#] 变压器负载功率大于 11MVA, 2[#] 变压器负载功率大于 15.5MVA 时, 主机系统判断共用 2[#] 变压器为经济运行方式, 并输出投切信号。同时系统软件显示变压器运行参数及变压器投切前后两种运行方式的功率损耗值和投切时间的记录, 控制系统界面如图 5。实验具有仿真性, 可以达到变电站变压器经济运行实时监控的要求。

5 结论

本文根据变压器经济运行理论, 开发了变压器经济运行的实时监控系统, 它可以对变压器运行状况进行实时监测, 同时可计算判断变压器经济运行方式, 并自动投切变压器。模拟试验表明, 实时监控系

参考文献:

- [1] 胡景生. 变压器经济运行[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [2] 黄向前. 浅谈变电所的变压器经济运行[J]. 电网技术, 2000, (3): 66~69.
- [3] 胡国元. 变电所变压器的技术特性优劣计算分析[J]. 中国电力, 1999, (7): 46~49.
- [4] 石新春, 朱晓荣, 杨梅林. 变压器运行方式优化计算机辅助设计[J]. 电力情报, 1999, (2): 13~16.
- [5] 总参南京工程兵工程学院微机测控技术研究所. IDCN 分布式智能数据测控网络使用手册[R].

收稿日期: 2001-06-14

作者简介: 郝治国(1976-), 男, 硕士研究生, 从事电力系统继电保护方面的研究工作; 赵学文(1967-), 男, 硕士研究生, 从事电力系统继电保护方面的研究工作; 张保会(1953-), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统自动装置、继电保护方面的研究。

Reserch on real - time SCADA system for economic operation of transformers in substations

HAO Zhi-guo, ZHAO Xue-wen, ZHANG Bao-hui
(Xi 'an Jiaotong University, Xi 'an 710049, China)

Abstract: This paper introduces the real - time SCADA system for economic operation of transformers in substation. Based on the theory of economic operation, this paper introduces the algorithm, project, structure, function and realization of SCADA system. By use of system presented herein in which the reliable communication means and modern computer technique are applied, the voltage and current of transformer can be automatically collected, then the calculate, analysis and estimation of collected data can be carried out. The simulating test shows that this system is reliable, efficient and accurate.

Keywords: transformer; economic operation; real - time SCADA