

配电变压器经济运行控制系统的设计及实现

茹蔚康, 陈 雨, 张 萍, 马韬韬, 张红燕
(上海电力公司 青浦供电公司, 上海 201700)

摘要: 为解决配电变压器电能损耗的问题,在分析现有配电变压器经济运行方法、应用现状的基础上,对配电变压器经济运行方式进行了进一步探讨。结合配电变压器经济运行的原理,以及配电变压器经济运行的几种不同情况,设计并实现了一种配电变压器经济运行控制系统,该系统将配电变压器经济运行原理与实际相结合,以降低配电变压器的电能损耗。现场测试结果表明,采用该控制系统,配电变压器损耗率能降低50%以上。

关键词: 配电变压器经济运行控制系统;损耗;电力系统自动化;控制系统

中图分类号: TM734 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2012)05-0584-04

Design and implementation of distribution transformer economic operation control system

RU Wei-kang, CHEN Yu, ZHANG Ping, MA Tao-tao, ZHANG Hong-yan
(Qingpu Power Supply Company, Shanghai Municipal Electric Power Company, Shanghai 201700, China)

Abstract: Aiming at reducing power loss of distribution transformer, based on the research of the existing methods and application status of distribution transformer economic operation, the economic operation of power distribution transformers was further explored. In the principle of economic operation, several different working situations of distribution transformers were discussed. Furthermore, a distribution transformer economic operation control system (EOCS) was designed and realized. Combined with theory and experience of distribution transformer economic operation, the lower power loss of distribution transformers was achieved. Testing result shows power loss can reduce by 50% or above with EOCS.

Key words: distribution transformer economic operation control system (EOCS); power loss; power system automation; control system

0 引 言

配电变压器是配电网中传输、分配电能的重要电气设备,由于数量大、分布面广,在运行过程中变压器自身产生的有功功率损耗和无功功率消耗总量占电能损耗比例约30%^[1]。

因此配电变压器经济运行的目的是:在确保变压器安全运行和保证供电质量的基础上,通过合理选择变压器型式和容量、择优选取变压器经济运行方式、改善变压器运行条件等技术和措施,降低配电变压器的功率损耗,即降低配电变压器的有功功率损耗和无功功率消耗。

目前国内许多厂家都研制出了基于配电变压器的

管理控制单元^[2-5],主要产品有:配电变压器测控终端、智能无功补偿终端、负荷控制终端、配电变压器负荷管理终端、电能测量控制终端等。这些终端产品在配电变压器的基本测量和控制方面,其功能基本雷同,但每个终端又有它不同的侧重面。

配电变压器测控终端的主要功能是远方测量变压器的流量并实现对配电变压器的远方跳、合闸控制;智能无功补偿终端的主要功能是对配电变压器电压及无功的情况就地实现电容器组的投切来实现无功补偿;负荷控制终端的主要功能是监视配电变压器的电量并实现对用户的电量需求控制;配电变压器负荷管理终端的主要功能是实现配电变压器的远方负荷管理并实现对本地负荷的预测功能;电能测量控制终端

的主要功能是远方监视配电变压器的电量及配电变压器下的各用户的电量。基于各终端的功能分析可以看出,各个终端功能有相同之处但又不可替代,但所有装置在硬件和软件上都没有考虑到配变经济运行的控制,即无配变经济运行的扩展功能。

本研究探讨一种配电变压器经济运行控制系统(EOCS)的设计及实现。该控制系统既能以单台配变为控制对象,又能对多台配变进行集群化控制。若现场为多台配变组接线方式情况,多台配变经济运行控制装置由主从方式构成采集控制系统。从单元实现采集现场信息功能,主单元除采集现场信息外,根据从单元上送的各类信息和当前各台配变运行工况,实现配变的经济运行。

1 配变经济运行建模

配电变压器的技术参数表征了配电变压器在运行供电过程中自身损耗的特性^[6-7]:有功功率损耗和无功功率消耗。双绕组配电变压器技术参数包括:空载电流 I_0 ,空载损耗 P_0 ,短路电压 U_K 及短路损耗 P_K 。

空载电流值 I_0 和铁芯材质、磁路的几何尺寸及铁芯制作工艺等密切相关。

$$I_0\% = \frac{I_0}{I_N} 100\% \quad (1)$$

式中: I_0 —空载电流,A; I_N —配电变压器次侧绕组的额定电流,A。

空载损耗 P_0 是在配电变压器接入额定电压条件下,铁芯内由励磁电流引起磁通周期性变化时产生的损耗,也称铁芯损耗。铁耗包括基本铁耗和附加铁耗。

短路电压 U_K 是指在二次绕组短路时,在一次绕组施加额定频率的电压,当二次绕组通过额定电流时,一次绕组所施加的电压 U_K 称为配电变压器的短路电压,又称阻抗电压,记为:

$$U_K\% = \frac{U_K}{U_N} 100\% \quad (2)$$

式中: U_N —配电变压器一次侧绕组的额定电压,kV。

配电变压器铭牌所给定的短路损耗 P_K 值,系指绕组温度为75℃时额定负载所产生的功率损耗。

在上述4个参数中, P_0 与 P_K 主要反映配电变压器的有功功率损耗, I_0 与 U_K 则反映配电变压器的无功功率消耗。

在进行配电变压器经济运行的分析和计算时,为了简化计算,有功功率损耗常近似为:

$$Q_0 \approx S_0 = I_0\% \times S_N \times 10^{-2} \quad (3)$$

无功功率消耗近似记为:

$$Q_K \approx S_K = U_K\% \times S_N \times 10^{-2} \quad (4)$$

双绕组配电变压器综合功率损耗 ΔP ,计算式如下^[5]:

$$\Delta P_Z = P_{0Z} + \frac{S^2}{S_N^2} \times P_{KZ} \quad (5)$$

式中: ΔP_Z —变压器综合功率损耗^[8],kW; P_{0Z} —空载综合功率损耗,kW; P_{KZ} —短路综合功率损耗,kW; S —配电变压器输出视在功率,kVA; S_N —额定视在功率,kVA。

综合功率损耗包括了有功功率损耗,它更具有系统性的特征。综合功率经济运行最佳是指:既考虑有功电量节约,又考虑无功电量节约的综合最佳;既考虑用户节电又考虑电网损耗降低的系统最佳。

2 EOCS 控制系统的结构

EOCS控制系统采用Atmel公司AT91SAM9261芯片作为控制处理器,Texas Instruments公司的TMS320F2810作为计算处理器。EOCS具有多个的数字设备接口,采用Linux多任务操作系统,提供强大的数据处理和转发功能,可以满足与多个主站和其他设备通信的需要。

EOCS控制系统系统的技术特点如下:

- (1) 具有交流采样功能,采集电压量、电流量和频率,计算有功功率、无功功率、功率因数和2~15次谐波等;
 - (2) 可采集RS485、RS232等不同接口类型和不同规约类型的现场断路器状态及电压、电流、功率等参数;
 - (3) 失电后能长期存储电能数据信息;
 - (4) 可记录并报告开机时间、关机时间、各模块工作情况、经济运行状态、参数修改记录等状态信息及事件顺序记录,并可远方查询和当地查询;
 - (5) 接收并执行对时命令;
 - (6) 远方/当地参数设置、查询功能;
 - (7) 通过两台配变管理终端的组网,投切现场10个断路器,实现配电变压器经济运行功能;
 - (8) 可以控制投切12组电容器;
 - (9) 维护功能,通过专用串口能够对管理板进行本地维护,也可以通过以太网实现远程维护;
 - (10) 操作系统和硬件需要满足工业级要求;
 - (11) 工作状态异常时,自动向DMS系统报警;
 - (12) 支持多种通讯规约库;
 - (13) 支持存储及通讯方式的拓展;
 - (14) 支持IEC61850标准。
- EOCS控制系统系统硬件结构图如图1所示。

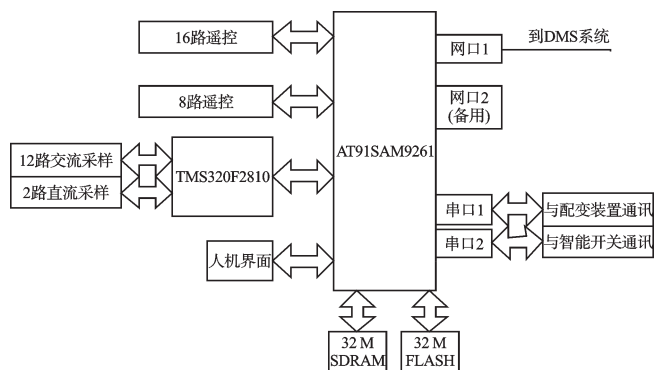


图1 EOCS控制系统硬件图

3 EOCS控制系统的控制策略

由于配电变压器的实际容量与运行容量在各个时段存在明显差异^[9-12],使得变压器经常运行在近空载状态,增加了系统的空载损耗。EOCS控制系统的控制策略如下:通过对当前两台配电变压器的总功率、总有功功率、总无功功率的监测,调整配电变压器组的运行方式,使得配电变压器运行在最佳状态下,从而使系统的线损降到最低。

EOCS的网络部署图如图2所示。EOCS安装在配电变压器的低压开关侧(高压开关侧由FTU控制),监视和控制低压开关和母联开关的运行。在一个需控制配变经济运行的开闭所内,一般需配置两台EOCS装置,其中一台设置为主设备,另一台设置为从设备(通过软件设置)。主、从设备通过以太网联络。在目前EOCS的控制策略中,主EOCS通过RS485接口控制一个低压开关和母联开关,从EOCS只控制一个低压开关。高压开关的合分由主EOCS通过以太网向主站DMS申请,主站得到申请后,向FTU发指令,控制高压开关的合分。

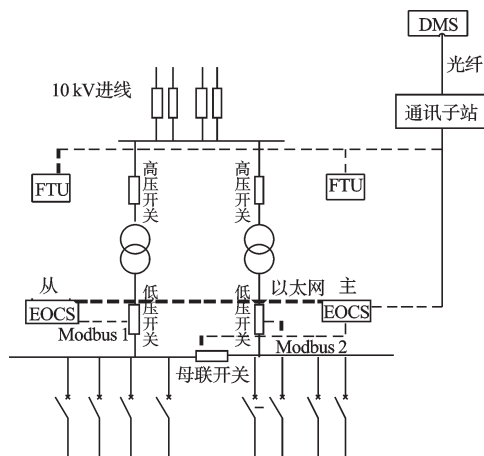


图2 EOCS网络部署示意图

配变的经济运行方案可以有3种计算依据^[13]:

(1) 有功最优。只根据变压器的有功功率给出的运行方式,不考虑无功的影响。

(2) 无功最优。只根据变压器的无功功率给出的运行方式,不考虑有功的影响。

(3) 综合最优。综合考虑变压器的有功和无功功率而给出的运行方式,将无功的损耗按照折算系数折算成有功损耗,从而使得系统中的有功损耗最小。变压器运行中可以根据对各个变电站中对经济运行方式依据的设定,分别采用不同的优化计算模式。

变压器经济运行中可以根据对各个变电站中对经济运行方式依据的设定,分别采用不同的优化计算模式。

4 算例分析

某配电网如图3所示,本研究以该网络作为算例分析,图3中DL为各断路器,每个断路器上的分合位置都应采集到装置。以总功率经济运行模式为例(记: $\sum S = S_1 + S_2$):

系统初始运行方案为DL1合,DL2合,DL3合,DL4合,DLM合。其中变压器1(小功率)投入容量 $SetT_1S$; 变压器2(大功率)投入容量 $SetT_2S$; 变压器1、2(并列运行)投入容量 $SetT_{12}S$ 。

Case 1: if $\sum S \leq SetT_1S$, then 启动变压器 T_1 , 则只投入 T_1 , 切除 T_2 。操作为合DL₁、DL₂和DLM, 跳DL₃、DL₄。确认该次操作成功后,触发配电变压器经济运行模式1信号。

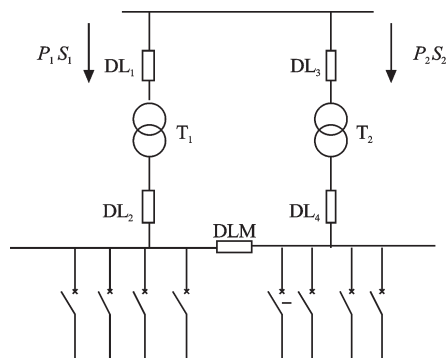


图3 算例电网接线图

Case 2: if $SetT_1S \leq \sum S \leq SetT_2S$, then 启动变压器 T_2 , 则只投入 T_2 , 切除 T_1 。操作为合DL₃、DL₄和DLM, 跳DL₁和DL₂。确认该次操作成功后,触发配电变压器经济运行模式1信号。

Case 3: if $SetT_2S \leq \sum S \leq SetT_{12}S$, 启动变压器 T_1, T_2 操作为: 合DL₁、DL₂、DL₃、DL₄及DLM。确认本次操作成功后,触发配电变压器经济运行模式3信号。这3种情况是根据总功率作为经济运行判据的,若选择以总有功方式,具体实现类同与总功率方式。

本研究根据上述运行细则可导出的配电变压器投切示意图,如图4所示。

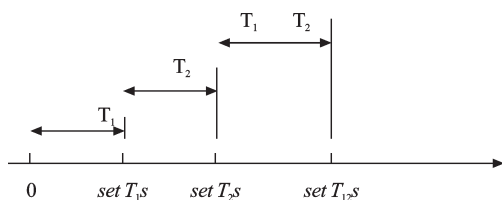


图4 配电变压器投切示意图

由于负荷存在一定的波动性,经济运行控制必须存在一定的模糊区域,不能太灵敏,否则将因对一次开关操作过于频繁,而减低寿命。针对经济运行模糊控制方面EOCS采用两种策略:

(1) 对开关的操作次数控制。

本研究设定对 DL_1 、 DL_3 的动作次数限定为 N 次/天,即限制了一天经济运行调控次数。若用户在当天已进行 N 次控制操作后,仍然存在负荷的波动需要调整时,也不进行控制。此项限制控制权可通过后台强制解除:即后台监控系统发现当前系统负荷与运行方式极不适应时,或需强制改进运行方式时,可以解除该项限制权,继续实现经济运行的调控手段。

(2) 对负荷变化的延时认可。

配电变压器所带的负荷在大多数情况下属于稳定的负荷,变化后,相对稳定,周期较长。但对于特殊负荷,可能存在较短的时间内来回波动。若此时经济运行控制策略马上实施的话,会起不到正面的效果,甚至是非经济运行方案。所以在对负荷的判断上,要有一定的延时 T 。在负荷发生变化且已构成经济运行策略改变的情况下,该负荷必须要有一定的保持时间 T ,若变化时间小于 T ,都可以认为是负荷的暂时干扰,不能列入经济运行控制测量以内。

EOCS在青浦10 kV电网盛家宅配电站安装前后测试数据如表1所示。

表1 EOCS 运行数据

	EOCS未投		EOCS投入	
	负载率/(%)	损耗/(%)	负载率/(%)	损耗/(%)
1号变	44	1.94	退出	
2号变	30		74	1.0
1号变	20	2.23	退出	
2号变	50	2.33	70	0.97
1号变	20		退出	
2号变	20		40	0.80

该配电站内部有两台变压器。1号变型号为S7,老旧,空载损耗为1.54 kW,负载损耗9.9 kW。2号变型号为S11-M,空载损耗为0.98 kW,负载损耗7.5 kW。EOCS控制器未投入时,两变压器并列运行,总损耗在1.94%以上。本研究针对相同负荷水平下EOCS投入

前、后的损耗情况进行比较。从现场测试数据可知,EOCS能减少损耗50%以上,控制效果明显。

5 结束语

EOCS配变经济运行控制装置在硬件上已完全兼容目前流行的几种配变监测和控制装置。通过部分硬件模块的配置,可灵活适用于多种运行场合,装置可实现“一次投入,多次升级”的功能,避免了配电变压器二次监控设备的复杂化。目前,该装置在功能上主要满足配变的经济运行控制,测试结果表明其能有效降低变压器电能损耗。

下一步,通过装置软件功能的升级、主站管理软件的建立、无线或有线通讯通道的引入,各个配变经济运行控制装置可轻松升级为配变综合管理系统。升级后的系统可实时监视和管理各个配电变压器,管理功能可覆盖目前配变管理的任何一个子系统,在无功优化、电能量管理、配网损耗动态分析、配变工况优化、供电可靠性统计与分析方面具有很强的后台分析功能。

参考文献(References):

- [1] 胡景生. 变压器经济运行[M]. 北京:中国电力出版社, 1999.
- [2] 洪伟明. 电动机节能措施的研究[J]. 机电工程, 2006, 23(9):28-29.
- [3] 单晓红,曾令通,王亚忠. 节能型变压器节能运行方式的探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2009(8):104-106.
- [4] 王亚忠,单晓红,黎庚荣. 双圈变压器最小损耗运行曲线和一些新想法[J]. 电力系统保护与控制, 2009(3):86-87.
- [5] 胡景生. GB/T13462-92 工矿企业电力变压器经济运行导则[S]. 北京:中国标准出版社, 1995.
- [6] 胡景生,林俐. 对电力系统变压器经济运行中误区的剖析[J]. 现代电力, 2003(4):8-14.
- [7] DING Y S. Mathematical model of the economical operation of transformers[J]. Rural Electrification, 1993(9):3-8.
- [8] 韩文权. 变压器经济运行效益分析[J]. 湖北电力, 2005(12):23-28.
- [9] 谭琳. 配电变压器经济容量的确定[J]. 变压器, 2000(37):1-2.
- [10] 王建华. 变压器经济运行探讨[J]. 江西能源, 1999(1):4-7.
- [11] 黄向前. 浅谈变电所内变压器的经济运行[J]. 电网技术, 2000(24):25-29.
- [12] 丁毓山,高松. 变压器最佳容量确定和经济运行[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1996.
- [13] 王英,韩富春. 配电变压器经济运行方式研究[J]. 太原理工大学学报, 2004(11):3-8.

[编辑:李辉]