

基于超短期负荷预测的变电站综合调压方法研究

杨运国, 郝力军, 朱向明, 龚丽, 杨运有

(金华电业局, 浙江 金华 321017)

摘要: 针对变电站电压和无功控制中补偿电容器和变压器分接头的“投切振荡”问题, 为了避免不必要的延时等待, 提高无功补偿控制的针对性, 提出将超短期负荷预测引入变电站电压无功实时控制, 通过超短期负荷预测, 掌握负荷变化和波动情况, 在满足电压和功率因数合格的前提下, 充分利用变压器的过载能力, 尽量减少电容器投切次数和不必要的调整, 从而提升变电站电压无功控制的性能, 并可延长主变分接头和电容器开关的寿命。仿真算例验证了该方法的可行性和优越性。

关键词: 超短期负荷预测; 电压调整; 变电站

Study on integrated voltage adjustment based on super short time load forecast in substation

YANG Yun-guo, HAO Li-jun, ZHU Xiang-ming, GONG Li, YANG Yun-you

(Jinhua Electric Power Bureau, Jinhua 321017, China)

Abstract: In order to solve the problem of “power oscillation” occurred in reactive and voltage control while switching compensating capacitors or adjusting tap joint, the real-time control method of reactive and voltage in substation based on super short time load forecast is proposed, which can be used to avoid the surge and time delay of adjustment for capacitor and transformer in substation. By mastering the change and fluctuation of load, the overload capacity of the transformer can be fully utilized to reduce the adjusting times of the compensating capacitors on the premise of the qualified voltage and power factor. By this way, the capability of reactive and voltage control can be promoted and the life of the transformer tap changer and the capacitor switch can also be prolonged. The simulation results show the feasibility and advantage of the method mentioned in the paper.

Key words: super short time load forecast; voltage adjustment; substation

中图分类号: TM715

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)11-0049-03

0 引言

在典型电压无功控制的工作原理中, 负荷波动使工作点短时偏离正常工作区, 有可能引起补偿电容器投切和变压器分接头调节频繁动作, 引起“投切振荡”^[1]。其处理措施通常是采取延时动作: 一般延时整定为15分钟, 如果波动负荷仍然存在, 则控制输出动作, 否则不动作。另外的措施是事先给定分时段补偿电容器组投切次数的限制值, 避免短时频繁投切。在实际运行中发现, 上述办法虽然能躲过多数很短时间的负荷波动, 但整体效果并不太好: 定延时的方法在过滤掉大部分负荷波动的同时, 但对较长时间(超过15分钟)的负荷变化不能及时投入, 影响了功率因数和电压合格率。而采用投切次数的限制值, 考虑到设备寿命和系统安全可靠, 该值不可能很大, 一般每小时限值为2~3次, 如果用完则该时段内无法补偿, 则损失的功率因数和电压合格率更大。

在电网无功与电压波动情况下, 为满足功率因数或电压的要求, 变电站电压和无功控制中补偿电容器和变压器分接头的“投切振荡”问题一直未能很好解决, 针对这一问题, 本文提出将超短期负荷预测引入变电站电压无功实时控制, 通过超短期负荷预测^[2], 掌握负荷变化和波动情况, 在满足电压和功率因数合格的前提下, 可充分利用变压器的过载能力, 尽量减少电容器投切次数和不必要的调整, 对于提升变电站电压无功控制的性能, 延长主变分接头和电容器开关的寿命具有重要的实用意义。

1 综合调压优化方法

根据变压器负荷能力中的绝缘老化理论^[3], 变压器短时间过负荷不会影响使用寿命, 过负荷1.3倍时, 可以延续2小时, 而负荷波动持续时间通常为十几分钟左右, 因此在变电站进行电压无功控制时可以充分利用变压器的过负荷能力, 减少不必要的投切, 从而延长设备寿命。

目前越来越多的变电所安装了综合自动化系统,能够实时监测电网运行情况,并存储了大量历史负荷数据,可以实现电网超短期负荷预测。因此,本文将超短期负荷预测数据引入变电站电压无功实时控制,通过超短期负荷预测掌握负荷变化和波动情况,调整变电站无功补偿设备实现调压,控制流程框图如图 1 所示。

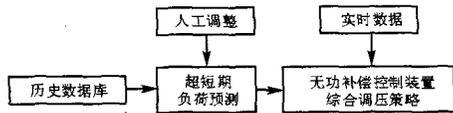


图 1 综合调压控制流程图

Fig.1 Flow chart of integrated voltage adjusting

超短期负荷预测的结果作为主要参考量提供给无功补偿装置的控制策略,同实时数据相比较,判断是否为波动负荷,此时变压器是否过载,权衡各种处理方法的利弊,再据此做相应处理。

2 负荷预测方法

在变电站综合调压中采用负荷预测,其目的是用于电力系统实时控制,完善电压无功控制策略,延长设备寿命,因此,主要考虑超短期负荷预测,一般是预测下一天每小时或 10 分钟的预测曲线。目前,人们提出的电力系统负荷预测的方法已有很多^[2,4,5],本文中采用人工神经网络法、一元线性回归法、指数平滑法相结合的综合负荷预测方法^[2],这三种预测方法的权重系数通过求解如下的二次规划问题获得最佳预测结果:

$$\min \sum_{j \in S} \sum_{t=1}^T (w_1 \hat{y}_{i,t}^{(1)} + w_2 \hat{y}_{i,t}^{(2)} + w_3 \hat{y}_{i,t}^{(3)} - x_{i,t})^2 \quad (1)$$

其中: $w_1 + w_2 + w_3 = 1, w_1, w_2, w_3 > 0$

其中: S 是历史参考日集合, $\hat{y}_{i,t}^{(1)}, \hat{y}_{i,t}^{(2)}, \hat{y}_{i,t}^{(3)}$ 分别是预测第 i 天时三种方法的预测输出, $x_{i,t}$ 是第 i 天实际负荷, w_1, w_2, w_3 是三种方法的权重系数, T 为每日划分的时段数(如采样间隔为 10 分钟,则 $T=144$)。

3 综合调压优化控制策略

通过超短期负荷预测,我们可以得到未来 24 小时或未来 10 分钟的负荷预测曲线。例如,无功-时间负荷变化曲线,如图 2 所示。

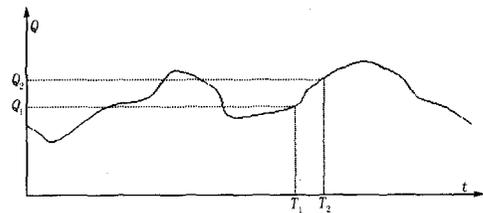


图 2 负荷预测曲线

Fig.2 The curve of load forecast

设当前时刻为 T_1 , 对应无功负荷为 Q_1 。当系统预测到发生负荷波动 ΔQ 时,可以从负荷预测曲线得到其持续时间:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 \quad (2)$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad (3)$$

当发生电压无功越限时,通过预测的负荷曲线,得到本次越限的可能的持续时间 ΔT (预测数据),然后作为一个判据,用来判断是否需要投切电容器或调整变压器分接头。至于如何投切和调整,则可参考由相应的电压无功控制策略模块^[6-11]决定。例如,当综合调压控制装置预测到负荷开始越限时,可以从负荷预测曲线得到其可能的持续越限时间。根据电网的需要和变电站设备的情况,设电压无功补偿装置定延时定值为 T_Z ,则有关判据如表 1 所示。

表 1 基于超短期负荷预测的综合调压控制判据
Tab.1 The criterion of integrated voltage adjustment based on super short time load forecast

条 件	判 断	是否动作
$\Delta T < T_Z$	说明该负荷为很短或较短负荷波动	不投切电容器或调整变压器分接头
$\Delta T \geq T_Z$	说明该负荷为较长时间负荷变化	补偿电容或变压器分接头应立即调整,没必要再延时,以提高功率因数和电压合格率

4 仿真计算

例如,某变电所主变采用 4 组 800 kvar 电容器进行无功补偿,同时主变可以有载调压。

通过超短期负荷预测得到该地某日实际负荷曲线与预测无功曲线,如图 3 所示。

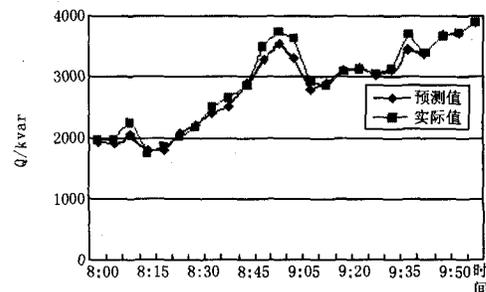


图 3 实际负荷曲线与预测曲线

Fig.3 Practical load curve and forecasted curve

从图 3 可以看出, 该地区在中午 8 点~10 点之间出现三次负荷波动(负荷波动幅度可根据具体电网设定), 设电压无功补偿装置定延时定值为 $T_z=12$ 分钟, 则采用超短期负荷预测控制策略如表 2 所示。

表 2 采用超短期负荷预测的综合调压控制策略
Tab.2 The strategy of integrated voltage adjustment based on super short time load forecast

开始时间	结束时间	持续时间/min	ΔQ /kvar	是否动作
8:05	8:15	10	356	否
8:45	9:10	25	720	立即投入一组电容器(800 kvar), 补偿无功缺额
9:35	9:50	15	397	调整主变分接头(上调一档), 提高功率因数

如果按照常规补偿电容器投切控制方法, 在出现负荷波动以后, 采用延时 15 分钟的办法, 虽然能躲过第一和第三次负荷波动, 但第二次负荷波动时补偿电容器在 15 分钟以后(9:00)才投入, 10 分钟后又切除, 实际投入的时间只有 10 分钟。

而采用基于超短期负荷预测的判断方法, 能够由超短期负荷预测结果得知该负荷波动持续的时间 >12 分钟, 因此不必等待, 可以直接投入一组补偿电容器, 此种情况下, 补偿电容器发挥作用的时间为 25 分钟。

相比之下, 后一种控制策略可以明显提高功率因数和电压合格率, 更大幅度地降低网损, 减少调节次数, 提高设备安全性并延长使用寿命, 因此该方法明显优于常规电压无功控制策略, 电网经济性和安全性都得到很大提高。

5 小结

基于超短期负荷预测的综合调压方法建立在利用变压器的短时过载能力、负荷预测的实现等基础上。在典型电压无功控制装置的工作原理中, 负荷波动使工作点短时偏离正常工作区, 有可能引起补偿电容器投切和变压器分接头调节振荡。本文提出基于超短期负荷预测的综合调压优化方法, 通过超短期负荷预测, 掌握负荷变化和波动情况, 在满足电压和功率因数合格的前提下, 可充分利用变压器的过载能力, 尽量减少电容器投切次数和不必要的调整, 对于提升变电站电压无功控制的性能, 延长主变分接头和电容器开关的寿命具有重要的实用意义。

参考文献

[1] 蔡学敏. 浅谈变电站 VQC 装置应用中存在的问题及对策[J]. 浙江电力, 2005, (2): 51-53.

- CAI Xue-min. Strategies for the Problems in the Application of VQC Device in the Substation[J]. Zhejiang Electric Power, 2005, (2): 51-5.
- [2] 张屹. 能量管理系统 TH-2100 的短期负荷预测技术手册[C]. 清大高科公司, 2005.
- [3] 胡景生, 等. 变压器经济运行[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999;
- HU Jing-sheng, et al. Economic Operation of Power Transformer[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [4] 吉培荣, 张玉文. 组合预测方法在电力系统负荷预测中的应用[J]. 三峡大学学报, 2005, 27(5): 398-400.
- Ji Pei-rong, ZHANG Yu-wen. Application of Combination Forecast Method to Electric Load Forecasting for Power System[J]. Journal of China Three Gorges University, 2005, 27(5): 398-400.
- [5] 邹政达. 基于蚁群优化算法递归神经网络的短期负荷预测[J]. 电网技术, 2005, 29(3): 59-63.
- ZHOU Zheng-da. Short-term Load Forecasting Based on Recurrent Neural Network Using Ant Colony Optimization Algorithm[J]. Power System Technology, 2005, 29(3): 59-63.
- [6] 孙文生, 张明军. 基于操作动作效果预算比较的电压无功综合控制原理[J]. 继电器, 2006, 34(2): 35-39.
- SUN Wen-sheng, ZHANG Ming-jun. Study on Voltage and Reactive Power Control Based on Operation Effect Calculation and Comparison[J]. Relay, 2006, 34(2): 35-39.
- [7] 蔡凯. 电压无功综合控制装置控制原理的新讨论——由“九区图”到“五区图”[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(19): 91-95.
- CAI Kai. New Discussion on Synthetical Control of Voltage and Reactive Power from Nine zone Theory to Five Zone Theory[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(19): 91-95.
- [8] 孙文生, 张明军. 关于“五区图”电压无功综合控制原理的再讨论[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 69-75.
- SUN Wen-sheng, ZHANG Ming-jun. Further Discussion on “Five Zone” Theory in the Area of Voltage and Reactive Power Synthetical Control[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 69-75.
- [9] 杨坚. 变电站电压无功控制策略的比较[J]. 电气应用, 2005, 24(5): 30-33, 55.
- YANG Jian. Analysis of Voltage and Reactive Power Control in Substation[J]. Electrical Applying, 2005, 24(5): 30-33, 55.
- [10] 苏义荣, 洪成. 基于调控单元划分策略的改进型九域图 AVQC 算法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(2): 77-80.

(下转第 64 页 continued on page 64)

本文采用 Matlab 仿真系统,建立单台电动机在快速切换和同期捕捉切换的仿真模型。对仿真结果进行分析后认为,当把快速切换和同期捕捉切换两种切换模式有机结合后,不论工作电源与备用电源之间有多大的相位差,均能很好地完成正常或事故切换。因此,在厂内仅有一级 330 kV 或 500 kV 升高电压母线、电厂发变组接入的电压系统与起动备用电源引接的电压系统不同时等相位差较大的情况下,完全不必考虑由于工作电源与备用电源之间的相位差问题,而影响起动备用电源的引接方案。

参考文献

- [1] 火力发电厂厂用电设计技术规定 [M].北京:中国电力出版社, 2002.
Plant Source Design Techniques of Thermal Power Plant[M].Beijing:China Electric Power Press,2002.
- [2] 西北电力设计院. 电气工程电气设计手册 1, 2 [M].北京:水利电力出版社, 1990.
North West China Electric Power Institute.Manual of Electrical Engineering[M].Beijing:Hydraulic and Electric Power Press,1990.
- [3] Shaltout A, Al-omoush M R. Eclosing Torques of Large Induction Motors with Stator Trapped Flux [J]. IEEE Trans on Energy Conversion, 1996, 11(1): 1348-1354.
- [4] 汪雄海.电机电源切换冲击扰动机理分析及防护[J].浙江大学学报(工学版), 2002,36(1):97-100.
WANG Xiong-hai. Study on Transient Response Due to Fast Reclosing of the Electrical Sources of the Motor[J].Journal of Zhejiang University(Engineering Science),2002,36(1):97-100.
- [5] 梁世康、许光一.厂用电系统保护[M].北京:水利电力出版社, 1987.
LIANG Shi-kang,XU Guang-yi.Plant Sources System Protection[M].Beijing:Hydraulic and Electric Power Press,1987.
- [6] 郭伟、胡敏菱.厂用电切换方法的研究及运用.电力系统自动化,1999.
Guo Wei,Hu Min-you, YE Liu-jin,et al.Study and Application of Power Supply Transfer Between Power Plant Moor Buses[J].Automation of Electric Power Systems,1999,23(15).
-
- 收稿日期: 2007-02-05; 修回日期: 2007-04-26
作者简介:
刘增远(1967-),男,硕士研究生,高级工程师,研究方向为电力系统自动化和继电保护技术; E-mail: zengyuanliu@163.com
康小宁(1968-),男,副教授,研究方向为电力系统自动化和继电保护技术。
-
- (上接第 51 页 continued from page 51)
- SU Yi-rong, HONG Cheng. Improved AVQC Method of the Nine-zone Graph Theory Based on Identification of the Adjusting Unit[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(2): 77-80.
- [11] 姜学宝, 江卫中. 苏州地区电网电压无功优化系统的应用实践[J].继电器,2006, 24 (7) :38-42.
JIANG Xue-bao, JIANG Wei-zhong. Application and Practice of Optimization System for Voltage and Reactive Power in Suzhou District Power Network[J].Relay, 2006, 24 (7) :38-42.
-
- 收稿日期: 2006-07-26; 修回日期: 2007-03-26
作者简介:
杨运国(1977-),男,硕士,从事电力系统调度运行及电网安全经济运行研究; E-mail:cquygy@163.com
郝力军(1965-),男,高级技师,长期从事电力系统安全生产和科技管理工作;
朱向明(1966-),男,高级技师,长期从事电力系统安全生产和科技管理工作。
-
- (上接第 59 页 continued from page 59)
- [3] 卢艳军.单片机基本原理及应用系统[M].北京:机械工业出版社, 2005.
LU Yan-jun. Basic Principle and Application of MCU[M].Beijing:China Machine Press,2005.
- [4] 施琴红.可编程数码管/键盘串行接口芯片 HD7279A 的原理与应用[J].国外电子元器件, 2004, (6):40-43.
SHI Qin-hong. Principle and Application of Programmable LED/keyboard Series Interface HD7279A[M]. International Electronic Elements, 2004,(6):40-43.
-
- 收稿日期: 2006-09-25; 修回日期: 2007-01-25
作者简介:
宫豫燕(1981-),女,硕士研究生,主要从事继电器可靠性检测与分析的研究; E-mail:yuyan_gong@sina.com
李志刚(1958-),男,教授,博士生导师,主要从事电器可靠性与检测技术和电接触理论及其应用的研究。