

基于后台监控系统的电压无功综合控制

黄宏清, 张鹏, 储毅, 杨晓旭

(国网南京自动化研究院, 江苏 南京 210003)

摘要: 电压无功综合控制(VQC)是提高电压合格率、降低网损、提高系统稳定性的有效手段。分析比较了VQC的多种实现方式及控制策略的优缺点,在此基础上提出了一种在当地后台监控系统实现的,基于预测算法的电压无功综合控制系统,并描述了具体的实现方案和特点。为了适应各电压等级变电站复杂多变的运行方式,系统采用面向对象的设计思想,可以实现多变电站、多运行方式的控制功能。

关键词: 电压无功控制; 实现方式; 控制策略; 预测算法; 面向对象

Integrated control of voltage and reactive power based on monitoring system

HUANG Hong-qing, ZHANG Peng, CHU Yi, YANG Xiao-xu
(Nanjing Automation Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: Voltage and reactive power integrated control (VQC) is an effective means to increase rate of qualified voltage, reduce grid losses, and improve the system stability. A comparative analysis on the advantages and disadvantages of the multiple ways and control strategy is conducted. Upon this, a new method based on predict algorithm and local monitoring system is presented, and implementation of the method is also described. Because of the complicated operation mode, the object-oriented design thought is used to realize the control function of multiple substation and operation mode.

Key words: VQC; realization mode; control strategy; predict algorithm; object-oriented

中图分类号: TM761 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)13-0066-04

0 引言

电力系统的电压是衡量电能质量的重要指标。而系统的电压水平与无功功率状况密切相关,无功功率的不足或过大都将引起系统电压的下降或上升。电压无功综合控制(VQC)对提高电压质量,保证电力系统安全、可靠和经济运行都具有重要的意义。

目前,我国配电网的电压无功控制主要存在以下问题^[1]:

(1)长期以来,电压无功调节依靠人工完成,由于人工调节不能及时跟踪电压无功负荷的变化,致使大量补偿电容器组长期闲置不用,电压得不到及时调节,质量较差;(2)现有的自动控制装置只是对电压无功进行孤立的调节,没有把电压与无功自动调节有机结合起来;(3)电压无功调节设备动作次数过于频繁,而频繁的调节会导致变压器故障,降低供电可靠性;(4)现有装置的通讯功能普遍不强。

针对以上问题,设计一种能满足实际需要的电

压无功综合控制系统,对于改善电网电压质量,降低电网损耗,提高电网的供电可靠性是十分必要的。本文分析比较了多种VQC的实现方式及控制策略,得出一种基于预测算法的后台VQC系统。

1 VQC实现方式

电压无功综合控制有多种实现方式,但概括起来,不外乎三种^[2]:自带输入输出系统的独立VQC;自动化系统网络VQC;自动化系统后台机软件VQC。自带输入输出系统的独立VQC将数据采集和控制输出集于一身,提高了VQC闭锁的快速性和可靠性。但是信息共享程度差,输入输出需敷设较多电缆,闭锁信号需采用单独的硬接点,安装相对麻烦;自动化系统网络VQC其核心采用单独CPU,调节与闭锁速度较快。但是其可靠性取决于网络通信、I/O和VQC主机的运行状况,且参数设置和调试都不会简单。

随着变电站自动化的发展,后台监控系统综合能力的提高,系统的采样精度与信号响应速度均有

很大的改善,采集量也有很大的增加。自动化系统后台软件 VQC 省去了专用硬件设备,不需要单独敷设电缆,降低了成本,减少了工作量。人机界面友好,参数设置简单,调试方便。因此,在当地后台监控系统中,用软件模块来实现电压与无功的综合调节,有着广阔的发展前景。本文采用基于后台监控系统的电压无功综合控制。

2 VQC 控制策略

2.1 传统策略

控制策略是 VQC 调节的基本准则。合理的控制策略应是 VQC 实际投用的基本要求之一。变电站电压无功控制的基本原则是:保证电压合格,无功基本平衡,尽量减少调节次数。据此,变电站电压无功控制是一个多限值(包括主变分接头开关日调节次数、电容器日投切次数、电压上下限、无功上下限、其它要求等)、多目标(电压合格、无功合格、网损最小)的控制问题。

对于无功电压综合控制的研究,目前国内外的学者主要侧重控制策略的研究。例如文献[3]的传统九区图控制策略,基于给出的固定电压和固定无功的上下限特性,把电压和无功平面分割成 9 个控制区域。九区图策略原理简单,容易理解,实现方便,但不能有效控制调节振荡,将会在边缘区域出现抖动现象,使开关频繁动作,无法实现电压无功合格及装置动作次数的综合最优。文献[4]的基于模糊逻辑的控制策略将电压状态引入无功调节判据,把原先固定的无功上下限边界变为受电压影响的模糊边界。这种方法充分考虑了电压无功动态平衡,减少了设备的动作次数,保证了电容器和分接头动作合理、有效。但是,作为模糊无功边界的两条斜线还不能很好的刻画电压无功之间的协调关系,且信息简单的模糊处理将导致系统的控制精度降低,如果提高精度必然增加量化数,从而导致规则搜索范围扩大,降低决策速度。文献[5]的基于人工神经网络的策略将相关的历史数据输入无功预测神经网络训练样本集,再将负荷预测结果及电压、无功等系统实时数据模糊化,输入控制决策神经网络,最后输出控制信号。这种方法可以参照无功变化趋势,躲过短期干扰,也可以在确定训练样本时综合考虑无功与电压控制的权重,改善控制效果。但是,该策略对于网络的结构和样本的选取要求很高,在结构选择不当或没有合适的学习样本情况下,控制效果不佳,并且不能提供相关信息以帮助运行人员推断不正常的的数据,也不利于理解其输出结果。

2.2 改进策略

由于现有的控制策略都或多或少地存在缺陷,研究合适的控制策略仍然是变电站电压无功控制的主要研究任务。九区图控制策略具有简单易用性、直观性,当前的研究应该以传统九区图控制为基础,考虑电压无功控制之间的协调关系,以最少的动作实现电压无功的合格。本文在传统九区图控制策略的基础上,研究了基于预测算法的改进九区图策略:

传统九区图策略当运行至 2 区时,由于它接近电压上限区,根据该区的控制规则操作后,有可能运行点会进入 3 区或 4 区,人为增加了电压的不合格率,并且会导致设备的频繁动作。类似的情况还有可能出现在 7'、4、8 区。

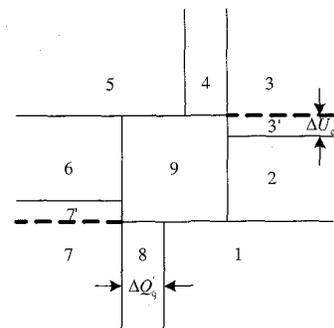


图 1 改进九区图

Fig.1 Improved nine-zone diagram

因此,当运行至这些区域时应该考虑采用哪种控制方式能够以最少次数的动作达到预期的效果。当电压超过了上、下限定值范围时,优先预测无功设备的调节是否最优。电容器组投切后对电压的变化量 ΔU 用以下经验公式计算: $\Delta U = Q/S_d \times U$ ΔU 为电压变化量; Q 为投入电容量; S_d 为母线短路容量; U 为运行电压近似计算。

预测算法描述如下: (1)当电压越上、下限时,调节主变分接头升压可使电压正常,但考虑到投切电容器既可以使母线电压正常又能起到优化无功的作用,可优先考虑投电容器。(2)当电压偏高接近上限值而功率因素偏低时,如果有热备用的电容器,先预测计算投一组电容器是否会使电压超过上限,如果计算到动作后电压越限,则先调一次分接头,然后再检查运行情况,如果仍需要投电容器则投电容器,如果此时系统参数已经合格,可不再调节无功设备,从而减少了设备的动作次数。(3)当电压偏低接近下限值而功率因素偏高时,如果有运行的电容器,先预测计算切一组电容器是否会使电压超过下限,如果计算到动作后电压越限,则先调一次分接头升压,然后再检查运行情况,如果仍需要切电

容器则切电容器, 如果测试系统参数已经合格, 可不再调节无功设备。

基于上述调控原则, 在图 1 中 3' 小区, 如果投一组电容器不仅会减少无功, 而且还会使电压提高 ΔU 。运行区不是进入 9 区, 而会进入 3 区或 4 区, 此时装置可能发出调压命令而降低电压, 同时无功也会增加, 运行点又回到 3' 小区, 从而发生振荡动作。这种情况下预测算法改进九区图的策略是先降压再投电容器, 用两次设备动作进入 9 区, 这样做避免了振荡现象。7' 小区的处理方法与 3' 小区类似。

这种结合了预测算法的九区图控制策略能够在保证电压合格率优先, 无功基本平衡的原则下, 尽量减少调节投切设备的动作次数。

3 系统实现

本文的 VQC 系统是与 SCADA 系统配合使用的高级应用软件, 实时读取 SCADA 系统中的电压、功率以及有关信号等实时数据并进行分析, 对照判定条件, 对监控范围内变电所的主变压器分接头、电容器等设备进行远方即时控制, 从而实现配电网的电压合格、网损尽量小的综合优化。系统框架如图 2。

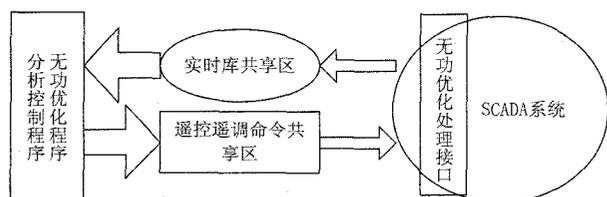


图 2 VQC 系统框架

Fig.2 VQC system frame

VQC 系统独立于 SCADA 系统外运行仅通过数据接口连接与 SCADA 系统传递信息与指令。系统程序仅需做预测算法的分析并产生控制指令, 其它的采集、监测、报警、历史数据的保存、运行方式的变换等必不可少的功能 SCADA 系统来完成, 从而大大减小了程序对电脑资源的需求与占用。本文的 VQC 系统特点如下:

1) 系统体积小, 可执行程序的大小不到 100 K, 所需的系统资源也很少, 除了软件的开发费用以外用户无需增加任何硬件投资, 可实现一次投资, 长期使用。

2) 系统采用面向对象的设计思想^[6], 可以实现多变电站、多运行方式的综合电压无功控制功能。很多 VQC 装置只考虑满足所在站内的电压无功控

制目的, 只能实现调控变压器某一侧电压同时兼顾另一侧电压水平的电压调控方式, 并且运行的各站点电压无功控制调节是相互独立的。而本文采用面向对象的设计思想可将多个变电站综合考虑, 应用现有的理论对一个地区的电压无功综合调控, 为宏观调控电压无功提供了可能。

根据变电站现场的情况以及装置的功能, 电压无功控制中所涉及到的对象有两类: 1) 变电站的一次设备对象, 包括变压器、电容器或电抗器、断路器和刀闸; 2) VQC 以及装置工作时逻辑运行对象运行方式。

由于变电站的配置以及运行情况的复杂与多变, VQC 装置的设计需要考虑可靠性、灵活性和可扩充性。而面向对象的设计方法可以很好的满足这些要求。

3) VQC 系统采用基于预测算法的改进九区图策略, 同时考虑逆调压控制原则 (负荷越大, 母线电压越高; 负荷越小, 母线电压越低), 根据负荷峰谷区对电压和无功的不同要求及电压损耗的不同要求, 使负荷较重时的电压高于负荷较轻时的电压, 以补偿负荷较重而增大的电压损耗。

4) VQC 程序流程图如下:

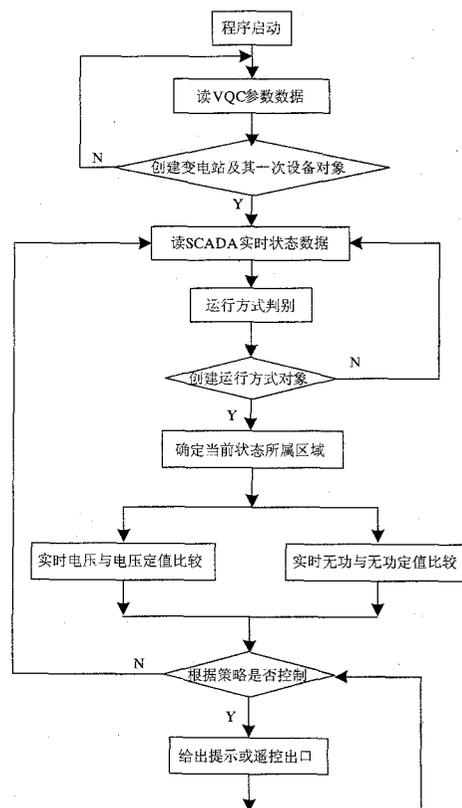


图 3 主程序流程图

Fig.3 Programme flow diagram

从“程序启动”到“创建运行方式对象”主要实现变电站及其一次设备、运行方式对象的创建。根据判别出的运行方式形成合适的策略,给出提示或给对象发出遥控信号,实现电压无功综合控制。

4 结束语

基于后台监控系统的电压无功综合控制具有信息共享且全面、适应性强、功能完善、实时性好等特点。在已实现常规自动化功能的变电站中,在后台机上实现电压无功自动调节,将有广阔的应用前景。本文采用基于后台监控系统的VQC,在分析比较了多种控制策略之后,得出了一种基于预测算法的改进九区图控制策略。在系统的实现过程中,采用了面向对象的设计方法,实现了多变电站,多运行方式的综合电压控制功能。目前已在多个变电站投入使用,取得了很好的效果,提高了变电站自动化的水平。

参考文献

- [1] 戴宪滨,卢伟. 变电站电压无功控制策略的探讨[J]. 沈阳工程学院学报, 2006, 2(2): 144-146.
DAI Xian-bin, LU Wei. Discussion on the Control Strategy for Voltage and Reactive Power in a Substation[J]. Journal of Shenyang Institute of Engineering, 2006, 2(2): 144-146.
- [2] 严浩军. 变电站电压无功综合自动控制问题探讨[J]. 电网技术, 2000, 24(7): 41-44.
YAN Hao-jun. Discussion on the Control Problem for Voltage and Reactive Power in a Substation[J]. Power System Technology, 2000, 24(7): 41-44.
- [3] 全庆贻,严钢峰. 变电站电压无功综合控制的研究[J].

继电器, 2001, 29(10): 30-33.

TONG Qing-yi, YAN Gang-feng. Voltage and Reactive Power Control Based on Real-time Database[J]. Relay, 2001, 29(10): 30-33.

- [4] 王磊,黄纯,郭上华,等. 基于模糊控制理论的变电站电压无功综合控制装置的设计[J]. 继电器, 2003, 31(8): 40-42.
WANG Lei, HUANG Chun, GUO Shang-hua, et al. The Design of Voltage & Reactive Power Comprehensive Control Device of Substation Based on Fuzzy Control Theory[J]. Relay, 2003, 31(8): 40-42.
- [5] 杨争林,孙雅明. 基于ANN的变电站电压和无功综合自动控制[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(13): 10-13.
YANG Zheng-lin, SUN Ya-ming. Integrate Control of Voltage and Reactive Power Based on ANN[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(13): 10-13.
- [6] 方勇康,王柯,林训先,等. 基于对象的电压无功控制装置的实现[J]. 广东电力, 2005, 18(9): 47-50.
FANG Yong-kang, WANG Ke, LIN Xun-xian, et al. Realization of Object-oriented Voltage and Reactive Power Controller[J]. Guangdong Electric Power, 2005, 18(9): 47-50.

收稿日期: 2007-10-24; 修回日期: 2007-12-07

作者简介:

黄宏清(1969-),男,工程师,长期从事电力系统自动化与继电保护原理的研究和产品开发;

储毅(1981-),男,硕士生,研究方向为电力系统自动化、计算机测控、嵌入式系统的设计等。E-mail:cyi81@sina.com

(上接第56页 continued from page 56)

参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心,《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》(试行)继电保护专业重点实施要求[Z].2005.
- [2] 王向平. 变压器保护与双母线接线的母差保护设计接口[A]. 第二十八届电网调度运行会议收录论文全集[C].2003.
- [3] DL/T 559-94 《220kV~500kV 电网继电保护装置运

行整定规程》[S]. 中华人民共和国电力工业部.

收稿日期: 2007-12-11; 修回日期: 2008-04-16

作者简介:

余荣云(1955-),男,工程师,主要从事电力系统继电保护管理工作;

彭世宽(1976-),男,本科,工程师,主要从事继电保护标准化设计工作;E-mail: pengsk@sf-auto.com

陈凌(1976-),女,本科,工程师,主要从事继电保护标准化设计工作。