

文章编号: 100023673 (2001) 0520066202

10 kV 高压无功功率自动补偿系统的研制

王建赟, 吴启涛, 纪延超, 柳 焯

(哈尔滨工业大学, 黑龙江省 哈尔滨市 150001)

DEVELOPMENT OF 10 kV AUTOMATIC REACTIVE POWER COMPENSATING SYSTEM

WANG Jianze, WU Qitao, JI Yanchao, LI Zhuo

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, Heilongjiang Province, China)

摘要: 详细讨论了自行研制的10 kV 高压无功自动补偿系统的运行机理。实际运行证明该系统结构简单、性能稳定、成本低廉, 补偿效果显著, 具有广阔的应用前景。

关键词: 配电系统; 无功补偿; 电力电容器

中图分类号: TM 714.3 **文献标识码:** C

1 引言

随着电力系统的发展和电力用户自动化水平的提高, 电气设备对电源电压质量的要求越来越高。波动性负荷造成的局部电网电压不稳及功率因数恶化严重威胁着高自动化水平设备的电气寿命, 制约着企业生产效率的提高。因此, 补偿电力系统无功、稳定系统电压、改善系统功率因数, 已成为广大用户的迫切要求和国际上电力系统自动化领域研究的新动向^[1]。

在配电线路中安装并联电容器可以改善电压分布、提高功率因数、减少线路负荷和线损, 且这种方法简便、易行, 因此得到了迅速发展。为适应波动性负荷的要求, 并联电容器可以采用分组投切的策略来调节补偿容量, 利用晶闸管投切电容器的静止补偿器(TSC)虽然无机械磨损, 响应速度较快^[2], 然而其控制系统复杂, 对于高压系统需采用的晶闸管串并联技术, 其晶闸管隔离触发也不易实现, 这不仅降低了系统的可靠性, 而且成本较高。

基于上述原因, 对于负荷波动较慢的配电系统可采用真空接触器来实现并联电容器组的投切, 真空接触器具有控制简便、耐频繁操作、灭弧室无需检修的优点。本文研制的10 kV 高压无功功率自动补偿系统即是采用真空接触器投切电容器组, 实际运行证明该系统结构简单、性能稳定、成本低廉, 可取得令人满意的补偿效果, 具有广阔的应用前景。

2 主电路结构

2.1 主回路

10 kV 高压无功功率自动补偿系统主电路结构如图1所示。

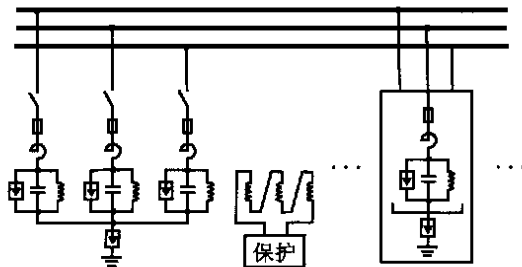


图1 10 kV 高压无功功率自动补偿系统主电路结构

Fig 1 The main circuit of the 10 kV high voltage var automatic compensating system

在该系统中, 为避免单相电容故障造成相间短路并减小单相接地故障时的对地电流, 电容器组采取中性点不接地的单Y型接线, 同时在电容回路串联干式空心电抗器来降低电容器组的合闸涌流及避免电容器组产生谐波放大现象。应该注意的是目前国内设计和投运的并联电容器组, 一般串接电抗器的感抗为电容器容抗的4.5%~6%或12%~13%^[3], 这样使得电容器运行电压提高, 分闸时较易产生过电压, 导致一些地区并联电容器组投运率不高, 甚至有时根本投不上的情况。为解决这一问题, 虽然可以在并联电容器组的同时加装滤波装置, 但这无疑加大了设备的投资。因此, 笔者认为, 比较合理的办法是在安装并联电容器组之前, 首先深入研究安装现场的背景谐波情况, 只需使串联电抗器与电容器的谐振频率低于最低次谐波即可, 而不必选用过大的电抗, 本系统串接电抗器的感抗仅为电容器容抗的1%便可满足现场要求。另外, 串联电抗器

宜采用干式空心电抗器,因其具有机械强度高、噪音低、维护量小的优点。

2.2 保护回路

真空接触器的优点是耐频繁操作、灭弧室不需要检修、不存在少油断路器的渗漏油问题,但为防止真空接触器开断后重燃而造成操作过电压,必须配置氧化锌避雷器。本系统中与电容器并联的避雷器起保护电容器的作用,同时在电容器中性点对地安装一氧化锌避雷器,能够限制单相重燃过电压,而且正常运行时避雷器不承受电压。

并联放电线圈能及时将电容器组的剩余电荷泄放掉,减小再次投入电容器组时产生的涌流,防止因过流造成电容器组爆炸,甚至威胁运行人员的人身安全。同时,放电线圈还兼有测量和继电保护的功能,如图1所示,放电线圈的二次侧构成开三角保护电路,当星型接线的电容器组中任1台内部产生故障时,中性点会产生位移电压,当位移电压过高时可产生跳闸信号,切除该组电容器。

另外,由于真空接触器只能切负荷电流,不能切短路电流,本系统还为每台电容器配置了快速熔断器以作为过流速断保护。同时本系统还具有电网过欠压保护、电容器组拒动闭锁等保护功能,以保证装置可靠运行。

3 控制策略

检测量和控制目标决定了控制系统的性能和复杂程度。传统的无功补偿设备往往以功率因数 $\cos \varphi$ 作为控制目标,这种方式存在轻载时容易发生投切振荡、重载时不易达到充分补偿的缺陷。在低压补偿系统中简便易行的办法是在相电压由正变到负的过零点采集相电流的值(即无功电流最大值),并按无功电流的大小调节补偿电容器的级数^[4],但在中性点非直接接地的配电网系统中相电压不易采集,因此这种检测方法也行不通。本系统以无功功率 Q 作为控制目标,因为检测目标和执行手段一致,这种控制方式可取得良好的控制效果。

检测点的设置同样会影响补偿的效果。检测点可设在电容器组的后端 b 点,检测负载的无功 Q_L 并据此决定补偿的容量,这种开环控制方式控制简单、可一次快速投切多组电容器,但补偿精度较差。本系统检测点设在电容器组的前端 a 点,控制器检测补偿后的 Q_Z ,同时根据已投入的电容量 Q_C 得到负载的全部无功功率 Q_L ($Q_L = Q_Z + Q_C$),然后一次投入

应投的全部电容量。这种闭环控制方式具有较高的补偿精度,又具有动态补偿的快速性。

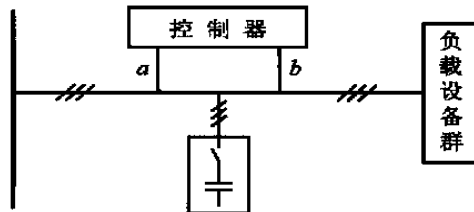


图2 控制器检测点的位置设置

Fig 2 The set position of the check points of the controller

由于电容器组分级补偿,闭环控制时可能出现投切振荡,为此在完全补偿点附近设定了一无功合格区,并使其宽度大于单组电容容量,从而避免了发生投切振荡。另外在进行无功补偿时首先应保证系统电压在合格的范围内,当电压高于其上限时,可采取逐级切除电容的办法切除电容器,直至电压满足要求。

4 结论

本文提出的10 kV 配电网高压无功自动补偿系统,利用真空接触器投切并联电容器组,能够根据负荷变化自动调整补偿容量,有效地提高电力系统的功率因数、减少线路电能损耗、改善电压质量,同时还能充分利用变压器等设备的容量,提高供电能力。该系统结构简单、性能稳定、成本低廉,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] Miller J E. Reactive power control in electric systems[M]. John Wiley & Sons, 1982.
- [2] Gyugi L. Reactive power generation and control by thyristor circuits[J]. IEEE Trans on PA, 1979, 15(5): 521-532.
- [3] 张莉, 翁利民, 郭琮. 含谐波供电系统无功补偿的方法分析[J]. 电力电容器, 1996, (1): 52-1, 40.
- [4] 李碧蓉, 蔡蜀青. 低压电容无功补偿装置的控制方式[J]. 电工技术杂志, 1995, (1): 527.

收稿日期: 2001201220; 改回日期: 2001202226.

作者简介:

王建骥(1972), 讲师, 研究方向为数字信号处理技术及电力电子技术在电力系统中的应用;

吴启涛(1974), 博士研究生, 研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用;

纪延超(1962), 教授, 博士生导师, 研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用;

柳 焯, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统分析与控制、灵活交流输电技术。

(编辑 宋书芳)