

# AT89S51 在低压无功补偿复合开关的应用

谢水英

(浙江工业职业技术学院 机电分院, 浙江 绍兴 312000)

**摘要:**针对电磁开关和电力电子开关投切电容器在无功补偿装置应用中存在的问题,研制了一种基于单片机 AT89S51 并应用于低压无功补偿装置的复合开关。该复合开关与接触器、晶闸管投切电容器(TSC)相比,其主要优点在于它既有晶闸管过零投切电容器时电网浪涌电流小的优点,又有接触器闭合时晶闸管无功耗节能的优点。

**关键词:**复合开关;无功补偿;过零投切

**中图分类号:**TM7 **文献标识码:**B **文章编号:**1671-5276(2009)03-0151-03

## Application of Compound Switch in Low Voltage Reactive Power Compensation Based on AT89S51

XIE Shui-ying

( Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China )

**Abstract:** Aiming at the disadvantages in the application of reactive power compensation device with pulling in or out capacitor of electromagnetic or power electronic switches, a kind of compound switch which is based on single-chip computer AT89S51 and applied in var compensation for low voltage capacitor is developed. When the compound switch is compared with contactor and TSC, it has major advantages of smaller surge current in thyristor switching or off and no power loss when contactor is close.

**Key words:** compound switch; reactive power compensation; trigger on zero-voltage

## 0 引言

传统的无功补偿装置是通过控制交流接触器或空气开关实现电容器组的投切。这种装置的致命弱点是机械触头动作速度与工频电压和电流的变化速度不匹配,在投切过程中由于电容器极性的存在必然产生涌流,这种涌流冲击严重时产生电弧重燃而造成过电压或过电流而击穿电容器。后来普遍采用的晶闸管投切触发电路投切电容器,实现对电网的无功补偿,在一定程度上可以缓解这一矛盾,但是在投切电容的时候,由于没有要考虑到三相电过零点的问题,如果不是在过零点的时刻投切电容,由于电容放电时间和残压问题,实际工程中会烧毁电容。将晶闸管与常规接触器开关相结合而组成的复合开关,既可保证电容在电压过零点的时候投,在电流过零点的时候切,实现一种自适应晶闸管触发投切,又可提高电容器投切时的动态响应速度。

## 1 控制策略确定

传统九区图控制策略是基于最基本原理来实现变电站电压无功自动控制,但它的调节性存在一些不足。按这种划分方式,本着电压越限调分接头、无功越限投切电容,两者均越限先投切电容,仍不合格再调分接头的原则进行控制是基本的电压无功分区控制策略。由于这种划分过

于简单,没有全面考虑电压无功调节的综合作用效果,容易引起往复动作现象。

另外,该方案中的无功调节判据是一个与电压无关的平行于电压坐标轴的固定边界线,没有充分考虑无功与电压相互协调关系。无功的调节对电压有影响,而无功的调节边界与电压状态无关,不符合变电站电压无功综合调节的“保证电压合格,无功基本平衡,尽量减少调节次数”的基本原则。

为了避免发生上述的情况,从工程实用性的角度出发,首先对传统九区图进行提出了改进的综合控制策略。改进的控制策略首要目标是将监测母线的电压控制在整定的上下限值(VH,VL)之间,以确保电压合格,同时尽量使无功功率合格。如果电压、无功不能同时达到要求,则优先保证电压合格。改进的九区控制策略原理图如图1所示。

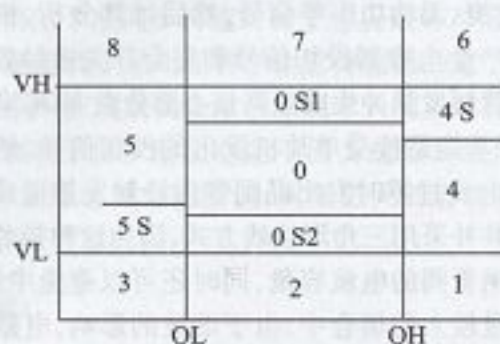


图1 改进的九区控制图

基金项目:浙江教育厅科技项目 NO. 20060053。

作者简介:谢水英(1965—),女,浙江绍兴人,浙江工业职业技术学院副教授,学士,研究方向为机械制造及自动化。

图中 4S 小区为投切振荡区域, 为避免振荡有两种处理办法: 一种就是先降压再投电容器组, 用两次设备动作进入 0 区。另一种办法就是延迟较长一段时间暂时不动作, 静观运行区域的变化, 待出了 4S 小区后操作, 这样暂时牺牲无功指标而保证了电压合格, 节约了两次设备操作, 避免了振荡现象。本系统采用后一种办法。5S 小区的处理方法与 4S 小区类似。0S1, 0S2 小区: 被控母线电压合格在九区图中间部分, 且不在 0S1 或 0S2 小区时, 可以同时兼顾中低压侧电压, 使另一侧电压尽量合格。

## 2 无功补偿总体结构构成

无功补偿控制系统主要由三相共补复合开关、单相分补复合开关、单片机为核心组成的中心控制器、晶闸管触发脉冲生成电路、电抗器、电容器组成(图 2)。

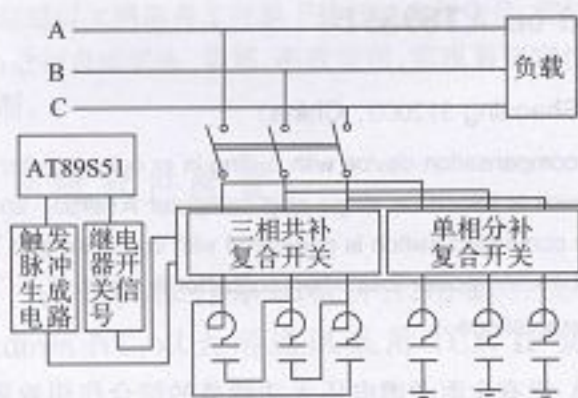


图 2 无功补偿硬件结构图

中心控制器采用 AT89S51 型单片机, AT89S51 是一个低功耗、高性能 CMOS 8 位单片机, 片内含 4kBytes ISP (in-system programmable) 的可反复擦写 1 000 次的 Flash 只读程序存储器, 器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术制造, 兼容标准 MCS-51 指令系统及 80C51 引脚结构, 芯片内集成了通用 8 位中央处理器和 ISP Flash 存储单元, 它有 40 个引脚, 4kBytes Flash 片内程序存储器, 128 Bytes 的随机存取数据存储器 (RAM), 32 个外部双向输入/输出 (I/O) 口, 5 个中断优先级 2 层中断嵌套中断, 2 个 16 位可编程定时计数器, 2 个全双工串行通信口, 看门狗 (WDT) 电路, 片内时钟振荡器。其主要功能是接受电网电压、电流、无功功率等信号, 然后计算分析, 根据无功控制策略产生电容器投切信号和复合开关接触器动作信号。晶闸管触发脉冲生成电路核心部分由 MOC3061 芯片构成, 主要功能是接受单片机发出的投切信号, 然后在三相电压或电流过零时发出晶闸管门极触发接通或断开信号。三相共补采用三角形接线方式, 因为这种接线方式可以降低晶闸管阀的电流容量, 同时还可以避免中线电流。在谐波含量较大的场合中, 由于谐波的影响, 电路在谐振时产生比平时大几倍甚至几十倍的过电流。因此, 要在电容器支路上串联电抗器, 限制突变电流。

## 3 复合开关组成和原理

复合开关分为三相共补复合开关和单相分补复合开

关。其组成和原理大致相同, 下面以单相分补复合开关为例说明。单相分补复合开关由无功补偿装置控制器单片机控制, 单片机 AT89S51 的发出投切信号经过功率放大和过零检测电路处理后输出 3 路晶闸管门极触发信号, 每相由 1 路晶闸管门极触发信号控制晶闸管的导通。由单片机组成的控制器还要发出 6 路接触器动作信号, 对单相分补复合开关而言, 每相由 2 个接触器组成(图 3)。

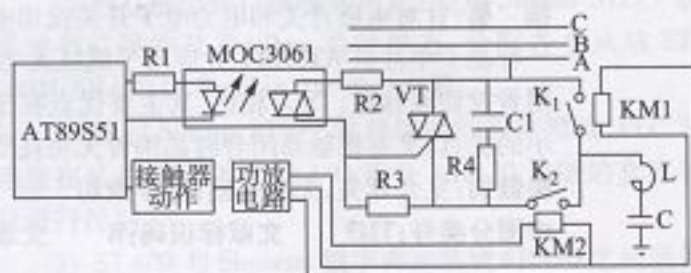


图 3 复合开关原理接线图

在单相分补复合开关控制单元的控制板上, 采用了 Motorola 公司生产的 MOC3061 芯片而设计三相晶闸管触发电路。该芯片设计了一种先进的电压过零触发电路, 用电压过零型光耦双向晶闸管取代由分立元件组成的功放电路及脉冲变压器等驱动环节, 简化了触发控制电路的结构。同时, 由于控制电路与主电路实现了光电隔离, 因而提高了装置的可靠性。而且动态响应时间很短, 完全满足电力系统无功补偿装置对电容器动作时间响应的需要。该电路优点还在于它电路简单易于实现, 并且能实现很精确的捕捉到 A 相第一次过零点的时刻, 以后就可以判断出每次 A 相过零点的时刻, 发出一系列的控制命令。

可控硅控制电路的工作原理是: 当 A 相为正半波时, 当单片机接到投入补偿电容器的信号后, 首先单片机控制 KM2 磁保持继电器动作, K2 闭合, 接着利用过零检测电路得到电压过零点, 在电压过零时刻令单片机控制 MOC3061 的输出脚为高电平, 使光耦 MOC3061 导通, 输出高电平, 控制可控硅的门极, 以使双向可控硅触发导通。线路通过 VT 和 K2 接入电容器补偿回路, 随后单片机控制 KM1 磁保持继电器动作, K1 闭合, 线路通过 K1 直接接入电容器补偿回路, 接着令光耦 MOC3061 截止, 输出低电平, 可控硅门极信号消失, 在其电流为零时刻自然关断, 最后控制 KM2 断开, 使电容器退出补偿回路, 当 A 相为负半波时, 同理, 只是 K1 和 K2 动作顺序不同。当单片机接到切除补偿电容器的信号后, 首先使 K2 导通, 接着电压过零时刻使光耦 MOC3061 导通, 输出高电平控制可控硅的门极, 以使可控硅触发导通。再接着断开 K1, 随后在电流过零时关断晶闸管, 最后断开 K2, 使电容器补偿回路断开。

## 4 复合开关的主要优点

首先, 对纯晶闸管开关而言, 假如每个晶闸管通过电流时有 1 V 的电压降, 假设电容柜要补偿 100 kF 的电容, 三相各通过电流约为 140 A, 此时因此消耗的功率为:

$$3 \times 1 \times 140 = 420 \text{ W}$$

这么大的功耗产生的热量需要大面积的散热片和排

气扇的帮忙,同时这样大的功率消耗与无功补偿本身的节能目的相违背。如果使用复合开关,这一问题就不存在了。由于复合开关不需散热和内部集成化的电路,使得复合开关具有体积小,简单易操作的优点。晶闸管在无干扰下可靠过零是容易的,难的是在有干扰的时候永远保持过零,复合开关中的晶闸管不需要像纯晶闸管开关在高温下长期保证过零工作,因而大大提高了晶闸管的可靠性。

其次,由于复合开关在正常接通期间仅有接触器导通,因而不存在晶闸管开关在工作时,因为不是绝对过零导通而对电网产生的谐波污染。同时由于复合开关内置的电抗器仅在投切电容的瞬间接入主回路,因而不会对无功补偿电容的容量产生抵消作用。

总之,在低压无功补偿装置中采用复合开关,不存在像纯晶闸管开关经常不过零投切的问题,在投切电容器时不会对电容器造成损坏,因而可以大大延长无功补偿电容器的寿命。

## 5 结论

复合开关实现了晶闸管在电压过零时触发,电流过零时切除,使其在接通和断开的瞬间具有晶闸管开关的优点,而在正常接通期间又具有接触器开关无功耗的优点。

由于晶闸管导通瞬间是在电压过零时触发,延时后继续保持继电器线圈加电使触头吸合,之后晶闸管退出了工作,故不会产生谐波电流;本设计采用先进的过零触发技术解决了晶闸管投切误触发的问题,避免了投切振荡,无涌流冲击,动态响应速度快,大大延长电容器寿命。本复合开关在低压配电网中使用,对于降低线损改善电能品质效果显著,由于其良好的性能及其显著的经济效益,在低压无功补偿应用中具有广阔的发展前景。

## 参考文献:

- [1] 陈怀忠. 模糊控制在变电站无功补偿的应用[J]. 微计算机信息, 2007, 3(1): 66-68.
- [2] 刘黎明, 刘彦全, 史进. 智能式动态无功补偿装置的研究[J]. 电力情报, 2003(1): 15-18.
- [3] 杨晓萍, 王殿东, 桑玲. 复合开关投切电容器无功补偿装置的研究[J]. 现代电子技术, 2005(11): 103-105.
- [4] 南余荣, 李刚, 曹晓达, 等. 基于单片机的复合开关及其在低压无功补偿中的应用[J]. 现代电子技术, 2004(15): 84-86.