

# 无功补偿装置中智能型 复合开关的研究

张翠哲, 李文华, 骆燕燕, 王立业  
(河北工业大学, 天津 300130)



张翠哲 (1981—), 女, 硕士研究生, 研究方向为电器可靠性及检测技术。

**摘要:** 介绍一种用于低压无功补偿装置中的智能型复合开关, 它采用双向晶闸管与磁保持继电器并联的工作结构。当电压过零时触发晶闸管, 电流为零时关断晶闸管。充分利用了无触头开关动作可靠、磁保持继电器损耗小的特点, 使复合开关具有无涌流、无噪声、无电弧重燃、功耗小及动作可靠的优点。

**关键词:** 无功补偿; 复合开关; 双向晶闸管; 磁保持继电器

**中图分类号:** TM 564; TM 714.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-5531(2007)09-0057-03

## Study on Intelligent Compound Switch for Reactive Power Compensation Device

ZHANG Cuizhe, LI Wenhua, LUO Yanyan, WANG Liye  
(Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

**Abstract:** A kind of intelligent compound switch using for reactive power compensation of low voltage, using a parallel structure of bidirectional silicon-controlled and magnetic latching relay was introduced. Triggering silicon-controlled when zero-point voltage is passing and turning-off it when current is equal to zero and utilizing the characteristic of reliability of contactless switch and low consumption of magnetic latching relay. The compound switch with the advantage of no current surge, no noise, no arc afterburning, low consumption and reliable actuation is presented.

**Key words:** reactive power compensation; compound switch; bidirectional silicon-controlled; magnetic latching relay

### 0 引言

在低压配电系统中, 由于配电变压器、低压用电设备等无功负荷的大量存在, 造成了网络损耗增大, 电压质量下降, 从而严重影响了低压电网的安全可靠运行。目前, 国家对电网质量的要求越来越高, 无功补偿装置在电力系统中已得到广泛的应用。该装置对无功功率进行集中补偿, 是有效降低线损、提高电网供电质量、节约电能的有效途径。

无功补偿装置主要由控制器、投切开关和电容器组组成, 本文介绍的用于补偿装置中的复合开关采用 Holtek 单片机 HT46R232 控制<sup>[1]</sup>, 主电路采用双向晶闸管和磁保持继电器, 应用过零检测技术, 实现电容器组的过零平滑投切, 消除合闸涌流、操作过电压, 可频繁投切。

### 1 无功补偿装置中各种开关的特点

目前, 无功补偿装置主要有 4 种方式来投切电容器组。

李文华(1973—), 男, 副教授, 研究方向为电器可靠性、智能电器及检测技术。

骆燕燕(1971—), 女, 教授, 研究方向为电器可靠性与电接触、检测技术。

王立业(1979—), 男, 硕士研究生, 研究方向为电器可靠性及检测技术。

(1) 普通接触器。此类器件在投切过程中,电容器组的初始电压为零,而在合闸瞬间,电网电压又往往不为零,使加在电容器组两端的电压突然升高而产生一个很大的电流,即合闸涌流,它不仅对电网造成巨大冲击干扰,而且影响电容器的使用寿命。

(2) 专用接触器。通过加入限流电阻来抑制涌流,用此类接触器投切电容器组,涌流一般能控制在额定电流的 20 倍以内,但从长期运行情况来看,由于涌流致使交流接触器触头粘结或烧毁及限流电阻发热而损坏,影响了此类装置的使用寿命。

(3) 晶闸管投切电容器。采用单片机控制大功率晶闸管,在检测到电网电压过零时,开关触发导通,电容器上电压缓慢上升而无合闸涌流冲击,从而根本上解决了电力电容器投切时交流接触器经常粘结而损坏的不良情况。但在实际运行中,无触头开关也暴露出不足,原因是:① 晶闸管导通后,存在 0.7 V 的结压降,因而会产生谐波电流,影响电容器的正常运行;② 晶闸管本身不能快速关断,因此开关在断开时,两端容易承受过高的反向电压而被烧毁;③ 晶闸管的大功耗特性使其在长期运行中会产生较大的热量,从而引起过高的升温,影响其正常工作<sup>[2]</sup>。

(4) 智能型复合开关。结合接触器和无触头晶闸管各自的优点,采用磁保持继电器和晶闸管并联的结构方式,这样既克服了电容器组投切时的涌流现象,又减小了功率损耗。

## 2 控制系统的硬件电路及原理

基于单片机 HT46R232 控制的复合开关接到控制信号后主要有两部分控制电路:一部分控制触发晶闸管;另一部分控制使磁保持继电器触头闭合或断开。

当复合开关接到投入信号后需触发晶闸管,为了使电容器组的投入对电网的影响降到最小,在检测到电网电压为零时刻触发晶闸管。电容器组投入以后,由于磁保持继电器靠强磁力就可使触头闭合,工作时无需给线圈持续供电,这样可以减小功耗。但由于强磁力的存在,要改变触头状态,需给线圈加反向直流脉冲电压,设计上就要求有一个正负脉冲极性转换电路。该复合开关的晶闸管与磁保持继电器触头采用并联结构,它们的

导通切除需要有一个很好的时序配合才可消除涌流现象、延长其使用寿命。

### 2.1 晶闸管触发电路

该电路原理框图如图 1 所示。

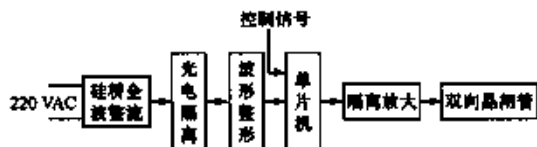


图 1 晶闸管触发电路原理框图

从电网中采集 220 V AC 正弦电压,经硅桥全波整流、光电隔离、波形整形变成脉冲电压后输出给单片机,波形图如图 2 所示。当有合闸信号并检测到电网电压过零时,单片机输出触发晶闸管导通信号,该信号经隔离放大电路处理后输出到双相晶闸管的门极使其导通<sup>[3]</sup>。波形整形用的是 6 相施密特触发器 CD40106 芯片,信号的隔离放大电路由三极管和脉冲变压器组成。

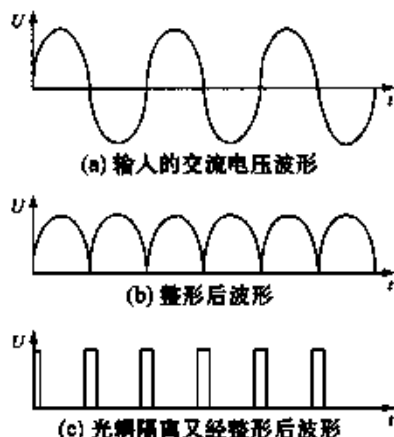


图 2 各部分的波形图

电容器组在电压过零时平滑地投入电网,这样对电网不会造成很大冲击,可抑制涌流,更好地提高电网质量。

### 2.2 正负脉冲极性转换电路

由于磁保持继电器强磁力的存在,必须给线圈通以反向电压才可改变触头状态。设计的正负脉冲极性转换电路如图 3 所示,控制继电器含两对常开触头和两对常闭触头。控制信号接到控制继电器的线圈上,两对常开和常闭触头接正负电压,公共端接在磁保持继电器的线圈上。当有控制信号加在继电器线圈上时,继电器触头的状态

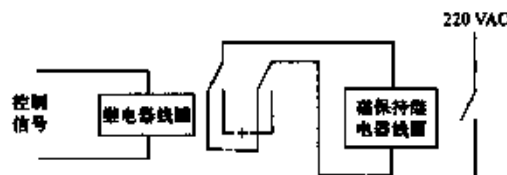


图3 正负脉冲极性转化电路原理框图

发生改变,使不同极性的电压加到磁保持继电器的线圈上,磁保持继电器的触头状态发生改变,从而使电容器组投入电网或从电网中切除。

### 2.3 时序控制

为了充分利用晶闸管和磁保持继电器的特点,发挥各自的优点,降低对电网的影响,晶闸管



图4 单片机控制晶闸管、继电器开断顺序图

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,延时后磁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;并且由于采用了磁保持继电器,复合开关只在投切动作瞬间耗电,平时不耗电;由于磁保持继电器的接触电阻小,因而不发热,这样就不用外加散热片或风扇,降低了成本。彻底避免了晶闸管的烧毁现象,同时对同机运行的其他电器也不会造成危害,真正达到了节能、降耗的目的。

### 3 结 语

本文阐述了无功补偿装置和投切开关的发展现状,通过比较几种投切开关的特点提出了复合

和继电器的开断需有严格的顺序,如图4所示。当复合开关接收到闭合命令时,晶闸管的触发信号准备就绪。只有当电压过零时单片机发出投入信号触发晶闸管,延时一段时间,确保晶闸管导通后,给磁保持继电器线圈加正脉冲电压使其触头闭合,然后晶闸管控制信号切除,使其自然关断。当复合开关接收到切除命令后,单片机发出切除信号触发晶闸管导通,延时一段时间,确保晶闸管导通后,给磁保持继电器线圈加负脉冲电压使其触头断开,然后晶闸管控制信号切除使其自然关断。根据晶闸管关断特性,当通过晶闸管阳极电流为零时,就可自然关断<sup>[2,4]</sup>。

开关的设计方案,重点介绍了其中控制电路部分的原理及思路。现已做出复合开关的试验板,正处于调试阶段,其功能的实现有待进一步调试和验证。

### 【参 考 文 献】

- [1] 盛群半导体股份有限公司. A/D with LCD 型单片机使用手册[Z]. 2005.
- [2] 南余荣,李刚,鲁晓达,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.
- [3] 石新春,杨梅玲,喻德忠,等. 一种采用零压型开关的TSC 低压无功补偿装置[J]. 电网技术, 2002 (12): 41-44.
- [4] 徐登科. 新型智能复合开关[J]. 电工技术学报, 2002 (11): 47-48.

收稿日期:2006-07-12

(上接第56页)

- [3] 张培铭,董纪清,陈丽辉,等. 智能型直流接触器的研究[J]. 电工技术杂志, 2003(1): 19-20.
- [4] 林周布. 柔性电气开关技术及其应用[J]. 电工电能新技术, 2001, 20(3): 68-72.

- [5] 林周布. 高频电力电子开关与电磁开关的互补使用[J]. 低压电器, 2000(6): 3-7.
- [6] 费鸿俊,张冠生. 电磁机构动态分析与计算[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.

收稿日期:2006-09-12