

## 基于MSP430F449的SVC控制器应用设计

葛廷友\*, 李明, 于军

(大连水产学院 职业技术学院, 辽宁 大连 116300)

**摘要:**叙述了TCR + TSC型SVC的原理,阐述了单片机控制SVC应用中的控制器控制策略和控制策略的实施,旨在实现SVC控制模块化.控制器采用数字信号处理器(DSP)和MSP430F449单片机,设计了单片机核心板的译码和控制电路及过零检测与补偿电路的电路图.通过讨论MSP430F449单片机的核心板电路设计发挥的各项功能,总结出该单片机在配电网SVC中发挥的重要作用.

**关键词:**MSP430F449;SVC;控制器;应用设计

**中图分类号:**TM571 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-5846(2010)02-0123-05

### 0 引言

并联无功补偿是调整系统电压、降低网络损耗的常用措施.我国在电网建设和运行中,长期存在的一个问题是无功补偿容量不足和配备不合理,特别是可调节的无功容量不足,快速响应的无功调节设备更少.近年来随着大功率非线性负荷用户的不断增多,对电网的无功冲击和谐波污染呈不断上升趋势<sup>[1]</sup>,这导致电网(特别是配电网)的线损增加,电压质量下降.目前,国内虽然已经基本掌握了TCR、TSC型SVC的关键设计制造技术,但是,对动态无功补偿装置应用,特别是SVC静止补偿装置在配电网、工程化应用较少,因此,SVC静止补偿装置的应用设计具有十分重要的意义.

### 1 SVC的常用结构与原理

通常补偿装置既要输出感性无功功率,又要输出容性无功功率<sup>[2]</sup>.TCR + FC装置在实现从额定感性无功功率到额定容性无功功率输出时,TCR的容量需要是额定容量的2倍,造成了器件容量上的浪费;TCR支路和FC支路都有大电流,长期运行,不仅经济损失严重,而且对设备损害

大<sup>[3]</sup>.TCR + TSC型SVC正好可克服上述二者的缺点(见图1).根据确定的控制策略,利用TSC电容器组的投切控制和TCR电抗器的电流无级调节控制,TCR + TSC型SVC可实现TCR输出无功功率的调节以及母线电压的补偿,从而提高系统的功率因数<sup>[4]</sup>.

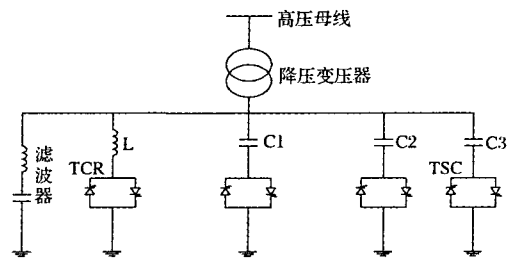


图1 SVC的原理示意图

TCR支路由电抗器与两个背靠背连接的晶闸管相串联构成,控制元件为晶闸管.

通过调整阀的触发延迟角(即导通角),可以控制TCR支路的电流,从而改变系统的功率因数,减少系统的损耗,并可以调整系统的电压<sup>[5]</sup>.

TSC支路由电容器与两个反向并联的晶闸管相串联构成.TSC中通过对阀的控制使电容器只有两种运行状态:将电容器直接并联在系统中或

\* 作者简介:葛廷友(1963-),男,副教授,博士研究生,主要研究方向:电力系统无功补偿.  
收稿日期:2010-01-18

将电容器退出运行. 电容器在接通期间, 向系统注入的无功功率为

$$Q_c = \omega CV^2 \quad (1)$$

式中:  $C$  为电容器的电容. SVC 向系统注入的无功功率为<sup>[6]</sup>

$$Q_{svc} = Q_c - Q_L = \left( \omega C - \frac{2\beta - \sin 2\beta}{\pi \omega L} \right) V^2 \quad (2)$$

可见当  $\beta \in [0, \pi/2)$  时, SVC 向系统注入的无功功率可以连续平滑地调节. 为了扩大 SVC 的调节范围, 根据补偿容量的需要, 一个 SVC 中可以采用多个 TSC 支路<sup>[7]</sup>. 图 1 所示的 SVC 中就有三组 TSC. 当三组电容器都投入时, 式(1)中的  $C$  即为  $C_1 + C_2 + C_3$ . 为保证调整的连续性, 通常 TCR 的容量图大于一组 TSC 的容量, 即  $\omega C_1 < 1/\omega L$ .

由式(2)可以看出, SVC 的等值电抗为<sup>[8]</sup>

$$X_{svc} = - \left( \omega C - \frac{2\beta - \sin 2\beta}{\pi \omega L} \right)^{-1} = \frac{\pi \omega L}{2\beta - \sin 2\beta - \pi \omega^2 LC} \quad (3)$$

切除投运状态的电容器相对容易, 只要停止对阀进行触发即可. 将电容器投入系统则应注意投入时刻的选择. 选择触发时刻的原则是减小电容器投入时刻电容器中的冲击电流. 通过电容器的投切, 调整系统的功率因数和降低线路的损耗, SVC 还可以稳定系统的电压<sup>[9]</sup>.

## 2 SVC 控制器控制策略设计

SVC 的基本控制有 4 个模块<sup>[10]</sup>, 基本控制原理如图 2 所示.

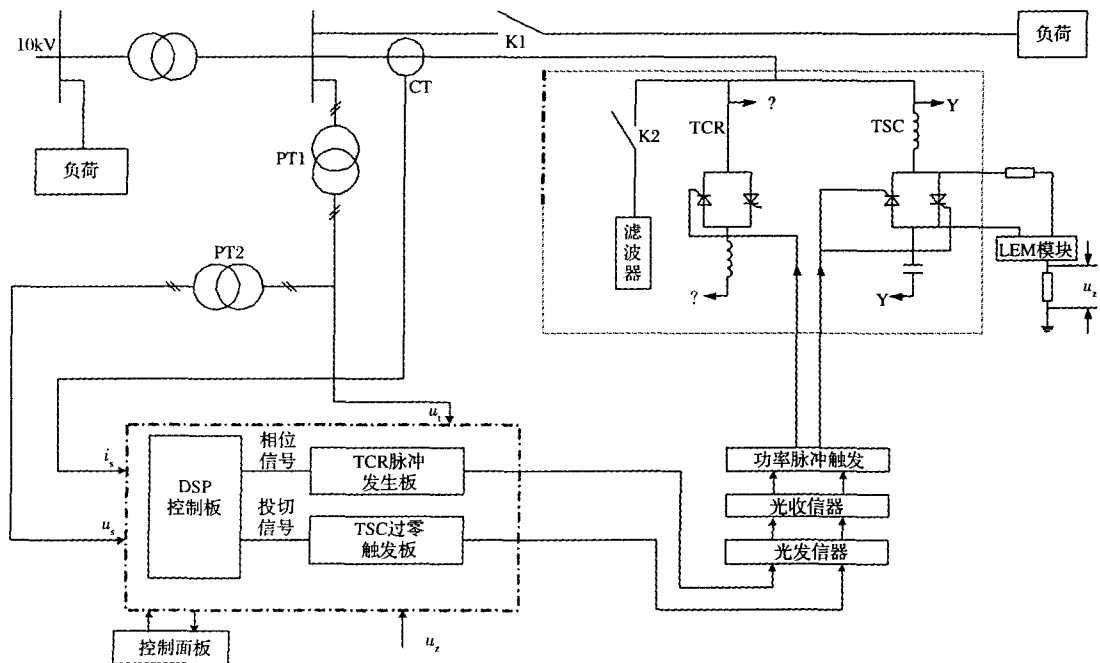


图2 TCR+TSC型SVC的控制原理框图

模块一: 基波电流参考值计算, 即根据装置的无功电流(或功率)需求, 计算其中的基波电流参考值.

模块二: 触发延迟角计算, 即根据 TCR 或 TSC 中的无功电流的参考值变换得到晶闸管的触发延迟角. 实现的方法是采用微处理器方法, 采用单片机构成信号处理系统, 根据参考输入, 实时计算触发延迟角.

模块三: 同步定时, 即向脉冲控制提供同步的基准信号, 它与输入交流电压频率相同, 有固定的相位关系, 控制器根据该基准信号产生晶闸管触发脉冲. 同步定时功能可以采用传统的锁相环或数字信号处理技术实现.

模块四: 晶闸管触发脉冲产生, 即根据触发延迟角计算模块产生的触发延迟角, 形成晶闸管门极触发脉冲, 在适当的时刻导通晶闸管, 使 TCR

或 TSC 支路工作。

### 3 SVC 控制器控制功能的实现

#### 3.1 控制器硬件设计

为了满足自动无功补偿要求,本文讨论了 16 位工业级微处理器 MSP430F449 为核心的单点智能无功优化控制器的各项功能。

控制器主要由 16 位工业用单片机、存储器与 I/O 接口、电量测量、温度测量、执行机构、键盘/显示器、通信模块等组成(见图 3)。

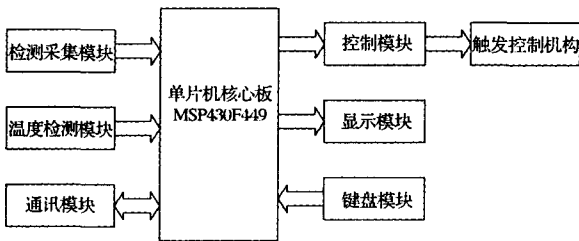


图3 控制器核心控制部分框图

从电压互感器、电流互感器获得的电压、电流信号经过相应转换后,由 16 位工业级微处理器

MSP430F449 进行参数分析,按照控制规律输出信号给执行机构,完成电容器的投切。如图 4、图 5 所示。

#### 3.2 控制系统的软件设计

单片机软件采用汇编语言编写(图 6)。TSC 控制器上电后,开始自检、初始化。一旦接收到 DSP 的投切命令,即计算每相的投切时刻。在投切时间点发出触发信号,触发晶闸管<sup>[11]</sup>。

通过上述硬件和软件设计,本装置可以完成以下控制功能:

(1)分相投切。能根据电网的三相不平衡的情况对三相负荷进行均荷控制。

(2)抑制谐波。在主电路中加入了电压谐波的滤除环节和电流谐波的抑制环节。

(3)自检功能。内部设置补偿电抗安全保护区自动检测功能,当工作在非安全区时,自动切除电抗;进入安全区时,装置恢复投切功能,确保电抗的安全运行。

(4)闭锁功能:低负荷闭锁电抗投入功能。

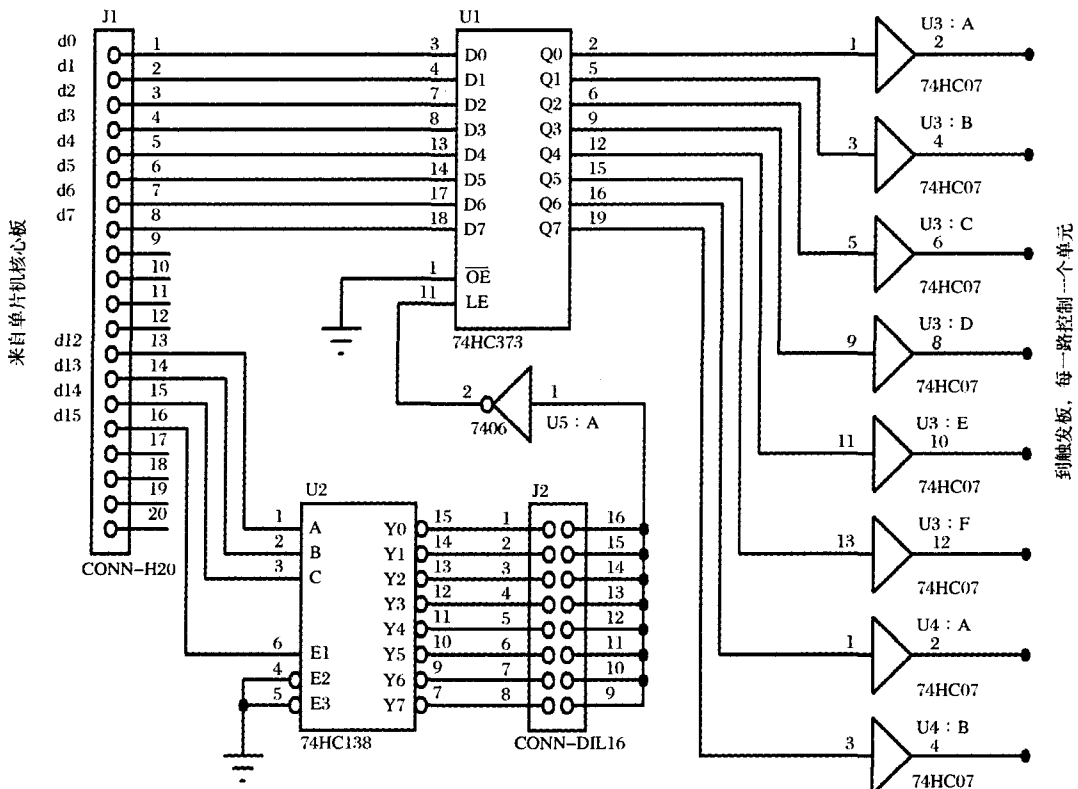


图4 译码和控制电路

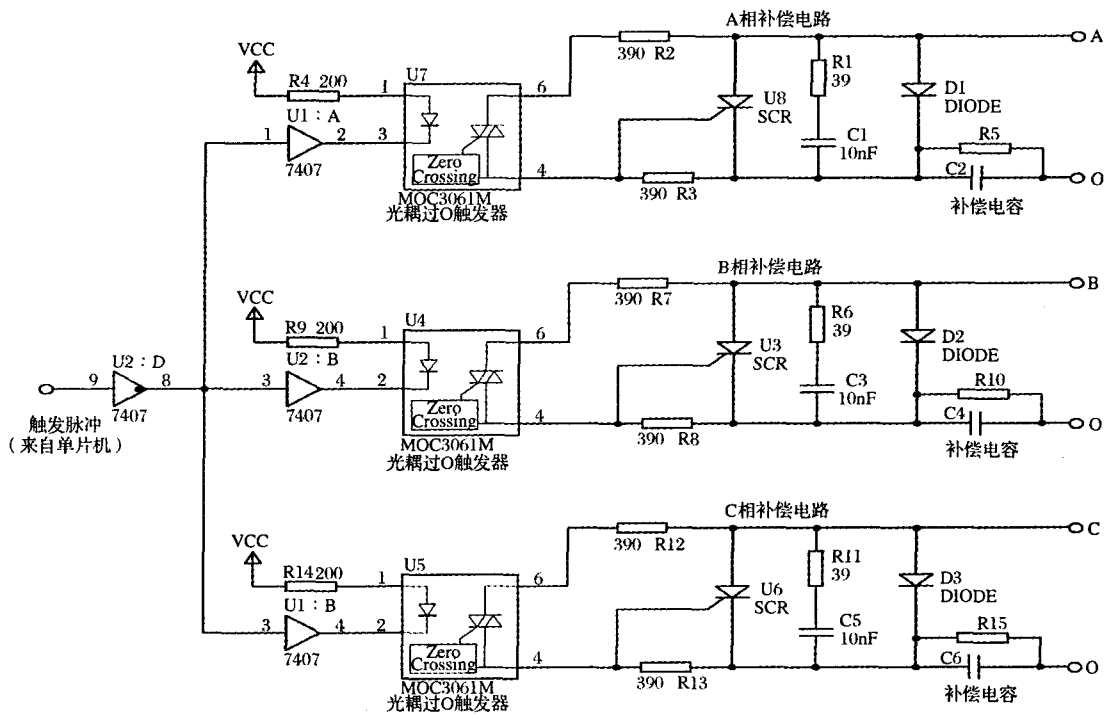


图5 过零检测与补偿电路

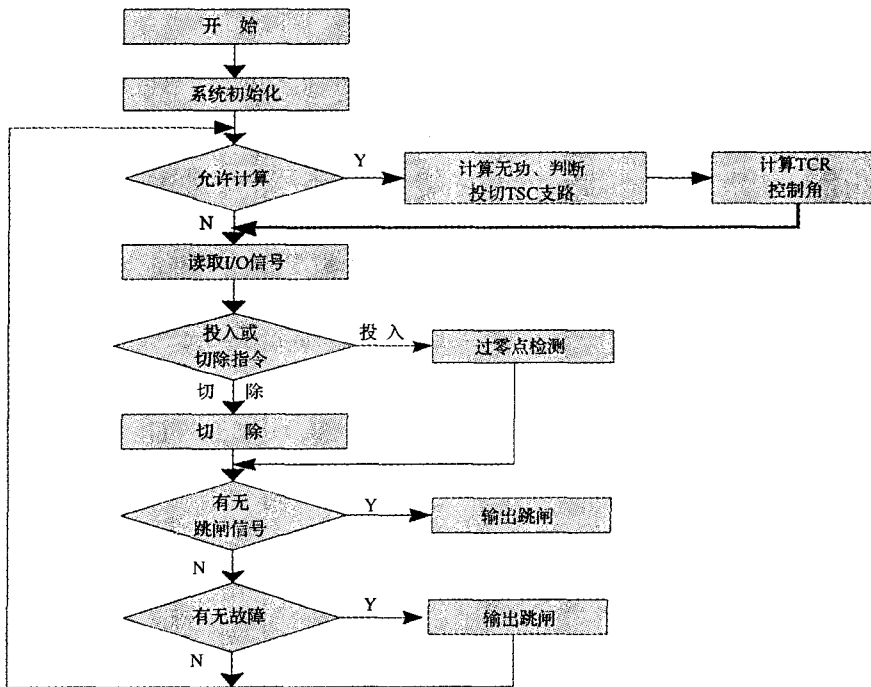


图6 单片机软件主流程图

- (5) 循环工作: 电抗组采用循环工作方式投入和切除, 以保证电抗的平均使用率, 延长使用寿命。
- (6) 数字化整定: 各种定值采用数字化整定, 操作方便。
- (7) 数字显示: 数字显示各种电气量(电流、电压、功率、频率等)以及工作温度等。

(8)手动投切:控制器具有手动、自动调节功能.

(9)检测温度:具有环境温度检测装置.

(10)通信接口:设置有数据通信接口,采用即插即用的方式,可以方便地满足不同通信方式的要求,为电力系统调度提供了有效的数据.

本设计不但有上述功能,而且还有许多其他功能,比如能够通过地区电站或远方操作人员提供合适的通信接口.通过串行通信将系统各个部分的状态信息收集起来,然后进行组织、解释状态数据的含义,以决定补偿器的完整运行,并诊断出可能的故障和误操作等.将上述控制单元,可以“封装”在一个固定的单元内,方便用户使用.

#### 4 结论

本文讨论的16位工业级微处理器MSP430F449单片机,具有结构简单、硬件和软件都便于扩展和修改、控制精度高、功能强等优点,可以满足电力系统SVC控制要求,可以在配电网中广泛应用,是目前电力控制系统中最佳选择之一.

#### 参考文献:

[1] 刘华东,郭育华,王卫安,谭胜武.一种混合型静止

无功补偿装置的设计及其应用[J].电磁污染与电能质量控制,2008,(2):51-53.

[2] 程汉湘.柔性交流输电系统[M].机械工业出版社,2009.1:154-162.

[3] 姜齐荣,谢小荣,陈建业.电力系统并联补偿——结构、原理、控制与应用[M].机械工业出版社,2004.1:57-67.

[4] 王锡凡.现代电力系统分析[M].科学出版社,2003.1:204-208.

[5] 王兆安,杨君,刘进军,王跃.谐波抑制和无功功率补偿[M].北京:机械工业出版社,2005,187-195.

[6] 何克忠,李伟.计算机控制系统[M].北京:清华大学出版社,2004:63-67.

[7] Mohan mather R Rajiv K Varma.基于晶闸管的柔性交流输电控制装置[M].北京:机械工业出版社,2005:79-81.

[8] 王瑞舰,王国强.高压静止无功补偿器的研究[J].变频器世界,2009,3:27-31.

[9] 王一鸣,杨昊明.10kV动态无功补偿装置的研究[J].中国科技信息,2005,12:31-34.

[10] 李运彬,姚舜,李莎.低压配电网无功优化补偿的实现[J].计算技术与自动化,2006,6:20-21.

[11] 周俊宇.变电站10kV动态无功补偿装置的研究[J].低压电器,2008,11:11-15.

## SVC Controller Application Design Based on MSP430F449

GE Ting-you, LI Ming, YU Jun

(Dalian Fishery University Vocational And Technical College, Dalian 116300, Liaoning, China)

**Abstract:** For the purpose of realizing SVC control modularization, this Passage mainly mentions the theory of TCR + TSC Type SVC. And the control strategy of controller in the SVC controlling application process of SVC even the implement of control strategy. The controller adopts Digital Signal Processor (DSP) and MSP430F449 type SCM. Designs the coding of SVC core board, control electric circuit even the circuit diagram of zero passage detection and compensate circuit. Summarizing the important function of this SCM played in power grid SVC through discussing each function expressed in the core board circuit design of MSP430F449 SVC.

**Key words:** MSP430F449; SVC; controller; application design

(责任编辑 郑绥乾)