

基于 PIC16F873单片机的动态电力补偿控制系统

来清民¹, 高霞²

(1. 河南教育学院物理系, 河南 郑州 450003; 2. 河南教育学院化学系, 河南 郑州 450003)

摘要: 介绍了一种基于 PIC16F873单片机的动态电力补偿控制系统, 该系统通过模拟输入电路对相电压、相电流进行采样, 利用均方根公式计算相电压的有效值、相电流的有效值和功率因数, 然后用 PD算法计算出触发信号的大小, 再通过晶闸管相控电抗器来实现电网功率因数的动态补偿。还介绍了控制系统硬件结构和软件的设计方法。实践表明, 该系统运行可靠、稳定、补偿响应速度快, 能够实现动态无级的电力补偿。

关键词: 功率因数; 单片机; 控制; 动态补偿

中图分类号: TM734 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2005)06-0073-03

0 引言

在电网和电力供电系统中, 由于交流感应电机、各种气体放电灯等感性负载的广泛应用, 致使电力系统中存在着大量的无功功率, 使电网的功率因数极其偏低, 这极大影响了电网及电力系统的安全高效运行, 因此提高电网的功率因数使无功功率基本就地平衡, 降低线损, 改善电压质量是一项十分重要的工作。但长期以来, 传统的功率因数补偿装置缺乏有效的自动调控手段, 反应速度慢, 调控不灵敏, 补偿精度低。在运行中常出现过补偿或欠补偿、无功反送或执行器件触点易烧毁等弊端, 不适合频繁调节和投切。本文用 PIC16F873单片机作为控制核心, 构成智能型功率因数补偿装置, 并采用电容及可控电感器的并联构成相控电抗器补偿电路。该系统能动态地自动跟踪电网运行状态, 进行智能无级补偿, 以使电网时刻处于高功率因数运行状态, 提高电力系统的运行效率和安全性能。

1 动态功率因数补偿装置控制系统的硬件设计

该系统的硬件由模拟采样输入电路、中央控制电路、键盘显示电路和动态无级补偿的输出电路等4部分组成。系统整体框图如图1所示。

1.1 模拟采样输入电路

模拟采样输入电路如图2所示。为了使控制系统与电力线路高度电气隔离, 相电流和相电压的模拟采样传感器采用霍耳测量元件。传感器采集的输入信号经过限幅整形送入运算放大器去处理。在这

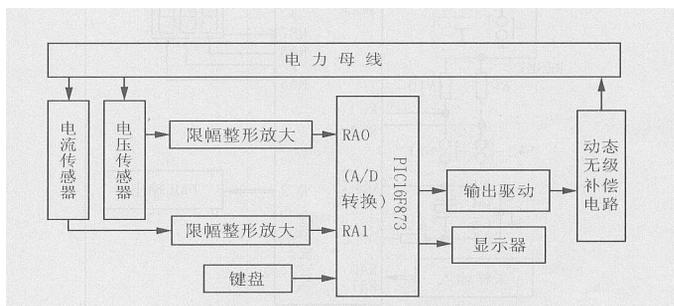


图1 动态功率因数补偿装置系统框图

Fig 1 Block diagram of dynamic power compensation factor system

里, 运算放大器既具有放大功能; 又能对输入信号实行电平移动, 实现了交流信号的实时采集^[1], 提高电力补偿的精度。

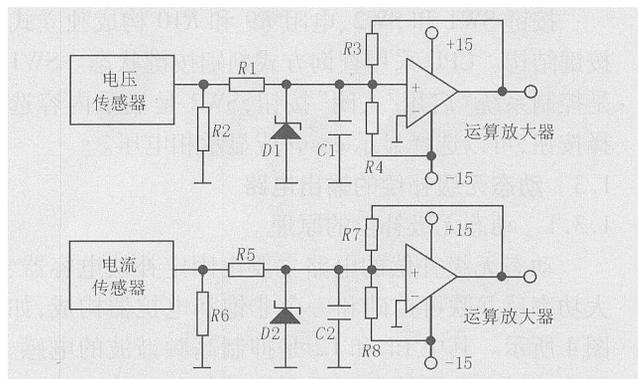


图2 模拟输入采样电路

Fig 2 Simulating input sampling circuit

单片机 PIC16F873内有一个逐次逼近型 10位的 A/D转换模块, 该模块共有 5个输入通道, 自带采样保持电路。这样既减少了系统的外围电路, 又减少了干扰, 增加了控制系统的抗干扰性和稳定性。根据文献 [1], 三相交流电的电压、电流、功率

因数的测量原理就是在一个周期内采样有限次电压和电流的数字量,然后求出它们的方均根值,从而得到电压和电流的有效值。

1.2 中央控制电路、键盘和显示电路

中央控制电路如图 3 所示,它的核心是美国 Microship 公司生产的 PIC16F873 单片机。该单片机内部嵌入有闪存 flash、10 位 A/D 转换模块和脉宽调制 PWM,并采用哈佛双总线结构和精简指令 RISC 技术,提高了数据吞吐率,使指令执行速度提高 4 倍以上。

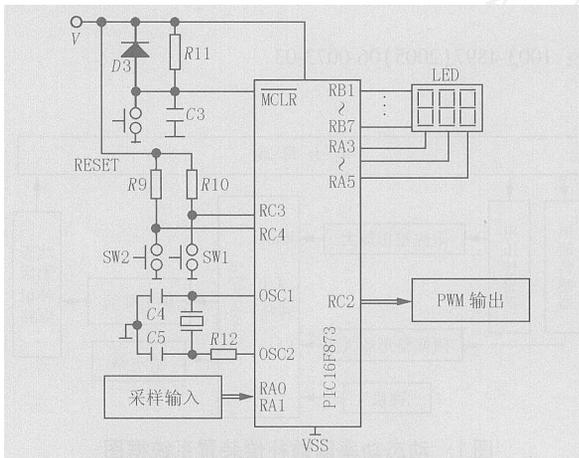


图 3 中央控制、键盘和显示器电路

Fig 3 Center control, keyboard and display circuit

控制电路根据采集的输入信号,进行处理后,并送片内的 PWM 模块,输出脉宽调制信号,经外部滤波电路变换成可控硅触发信号,送输出电路。

按键 SW1 和 SW2、电阻 R9 和 R10 构成独立式按键结构。CPU 采用查询方式判别按键状态。SW1 是控制系统“启用/关闭”按钮,SW2 是显示内容选择按钮,可以选择显示 \cos 或显示相电压。

1.3 动态无级补偿的输出电路

1.3.1 动态无级补偿的原理

动态无级补偿的电路主要由固定补偿电容器、大功率反并联可控硅和一个非饱和电抗器构成,如图 4 所示。其中 L1 和 L2 是抑制高频谐波的电感。因为流过电抗器的电流受可控硅的移相控制,故电容与电感并联支路的电纳可以从容性到感性的范围内连续调节,从而可连续调节供给电网的无功功率,完成供电系统的动态无级补偿功率因数的作用。

根据文献 [2],该电容与电感并联支路的等效电纳为:

$$b = j \left[C - \frac{2 - 2 + \sin 2}{L} \right]$$

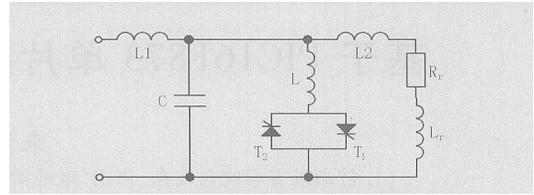


图 4 动态无级补偿的电路原理图

Fig 4 Circuit of dynamic step less compensation

其中: α 为可控硅的触发角。当 $\alpha = \pi/2$ 且 $1/L > C$ 时, $b = -j[(1/L) - C]$, 电路呈感性, 并联支路从电网吸取无功功率; 当 $\alpha = 0$ 时, $b = jC$, 电路呈容性, 并联支路向电网输出无功功率。一般情况下, 并联支路在容性与感性之间变化, 其电纳与控制角有关。若电网功率因数 \cos 较低, 则控制装置输出信号使可控硅的触发角 α 增大, 以使并联支路向电网提供更多的超前无功, 补偿感性负荷对电网的无功需求, 提高负载功率因数。因为可控硅的触发角 α 可以连续变化, 所以电力补偿是动态的、无级的。

1.3.2 动态无级补偿的输出电路

动态无级补偿输出电路如图 5 所示。因为 PIC16F873 单片机的驱动能力很强, 故输出的 PWM 信号直接经 R13 和 C6 滤波后, 送光电耦合器。光电耦合器采用 MOC3061, 它的输出端是光敏双向晶闸管, 并配有过零检测电路, 用于控制晶闸管过零触发。

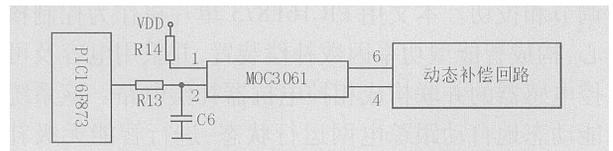


图 5 动态无级补偿的输出电路

Fig 5 Output circuit of dynamic step less compensation

2 动态功率因数补偿装置控制系统的软件设计

系统的软件由 6 部分组成, 它们分别是主程序、A/D 转换子程序、显示子程序、PD 运算子程序等。其中显示子程序的作用是根据键盘状态, 显示相电压或功率因数; PD 运算子程序的作用是用 PD 算法依据功率因数大小求出可控硅的触发角 α 。下面主要介绍主程序和 A/D 转换子程序的设计。

2.1 主程序设计

主程序的作用是在进行初始化、调用各子程序和输出驱动信号。主程序流程图如图 6 所示。

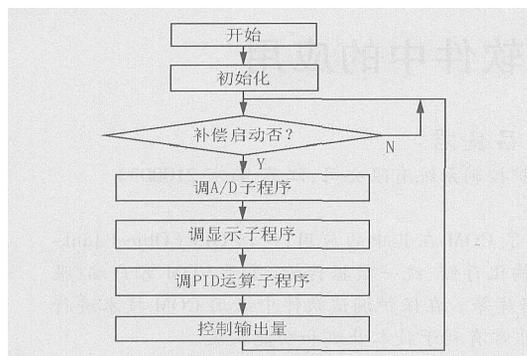


图 6 主程序流程图

Fig 6 Flow chart of the main process

2.2 A/D转换子程序设计

A/D转换子程序的作用是在一定的时间内多次启动电压和电流转换,并根据文献[1]给出的公式计算相电压的有效值、相电流的有效值、电功率和功率因数。A/D转换子程序流程图如图7所示。

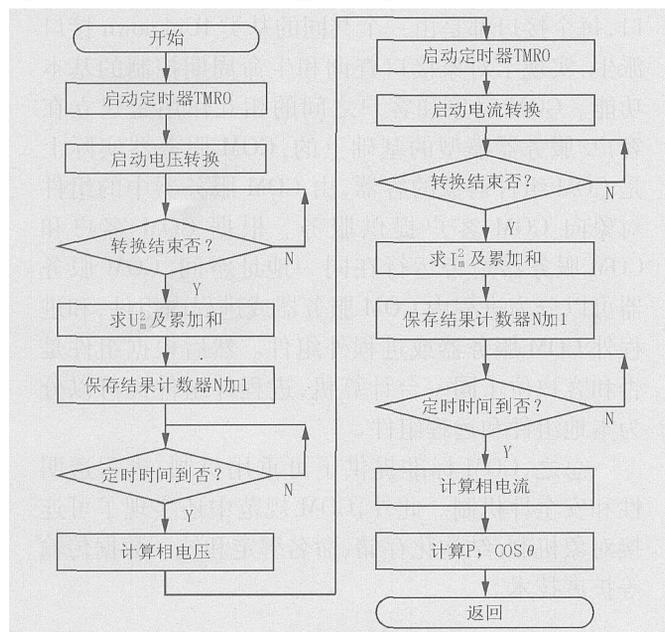


图 7 A/D转换程序流程图

Fig 7 Flow chart of A/D converting process

3 结论

根据图1研制的动态电力补偿装置,经使用后表明,它不仅能自动跟踪负载无功功率变化,随时无级进行电力补偿,无功补偿动态响应速度快(19ms);而且自动化程度高、使用寿命长、便于维修、安全可靠。保证了电力设备在优化条件下正常运行的能力。

参考文献:

- [1] 马涛,来清民,等.数据采集芯片ADuC812在电力监控系统中的应用[J].继电器,2004,32(15):76-77.
MA Tao, LAI Qing-min, et al Application of ADuC812 in the Supervises and Control System of the Electric Power [J]. Relay, 2004, 32(15): 76-77.
- [2] 陈荣.动态功率因数补偿[J].江苏电机工程,2003,(1):45-47.
CHEN Rong Compensation of the Dynamic Power Factor [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2003, (1): 45-47.
- [3] 余永权,等.单片机在控制系统中的应用[M].北京:电子工业出版社,2003.
YU Yong-quan, et al Application of the Microcontroller in the Control System [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.
- [4] 何立民. MCS-51系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,1990.
HE Limin The Application System Design of Series MCS-51 Microcontroller [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1990.

收稿日期: 2004-09-22; 修回日期: 2004-11-18

作者简介:

来清民(1960-),男,副教授,从事电力自动化教学与研究; E-mail: lqm1111@sina.com

高霞(1962-),女,副教授,主要研究方向为应用分析化学,长期从事应用分析化学的研究和教学。

Dynamic power compensation and control system based on PIC16F873 microcontroller

LAI Qing-min, GAO Xia

(1. Physics Department, Henan Education Institute, Zhengzhou 450003, China; 2. Chemistry Department, Henan Education Institute, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: The dynamic power compensation and control system based on PIC16F873 microcontroller is introduced. The system samples phase voltage and phase current by simulating input circuit, and computes the effective values of phase voltage and current and phase power factor by using square average formula. The trigger signal is got by the method of PD, and the system is realized by thyristor controlled reactor. The hardware and software design of control system are also introduced. The application result shows that this system is reliable, stable and fast for compensation response, which can realize dynamic stepless power compensation.

Key words: power factor; microcontroller; control; dynamic compensation