

# 基于 PCC 控制的无功补偿装置的原理与分析计算方案

鲍雅萍, 秦长海

(安阳工学院, 河南 安阳 455000)

**摘要:** 介绍一种采用 PCC 控制的新型动态无功补偿装置。电压、电流信号的测量采用可编程放大器, 基准电压进行预处理, 方便校正; 通过求电压、电流信号的相位差值, 计算得到功率因数, 实现对电网的实时监控; 并采用晶闸管控制投切电容器的方式, 对电网功率因数进行自动补偿, 提高功率因数。结果表明: 采用新型动态无功补偿装置, 功率因数大于 0.95, 改善了电能质量、降低了损耗。

**关键词:** PCC 控制; 功率因数; 补偿; 分析计算

## The principle and analytic procedure of the reactive compensation device based on the PCC control

BAO Ya-ping, QIN Chang-hai

(Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China)

**Abstract:** Reactive compensation device, a new kind of dynamic device which can separately measure the voltage and current signals using PCC as master controller and can sample the signals using programmable amplifier, may pretreat the reference voltage in order to adjust expediently. The device, which can yield the power factor through trying the phase deference between the voltage and current signals, may realize the real-time monitoring of the electric network. In order to increase the power factor, the power factor compensation of the electric network carries out automatically through changing the capacitance in the original circuit.

**Key words:** PCC control; power factor; auto compensation; analysis and calculation

中图分类号: TM761

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)17-0041-03

## 0 引言

在电网中安装并联电容器等无功补偿装置, 可就地补偿感性负载所消耗的无功功率, 从而减少电网电源向感性负荷所输送的无功功率, 降低线路和变压器因输送无功功率造成的电能损耗。合理加装无功补偿装置, 不仅可使功率消耗减小, 功率因数提高, 改善电压质量, 还可以充分挖掘设备输送功率的潜力。本文介绍一种基于可编程计算机控制器 PCC (Programmable computer Controller) 的新型动态无功补偿装置, 它是集计算机技术、通信技术、自动控制技术 (简称 3C 技术) 为一体的新型工业控制系统。利用 PCC 作为主控制器对电压、电流信号分别测量, 且对基准电压进行预处理, 方便校正。通过求电压、电流信号的相位差值, 计算得到功率因数, 采用晶闸管控制投切电容的方式, 进行容性补偿, 提高功率因数。

## 1 系统的硬件设计及原理

整体系统方框图如图 1 所示。

### 1.1 电压、电流信号采集与模块电路设计

采用电压传感器和电流传感器分别对电压、电流信号进行检测测量。电压信号通过过零检测和比较, 得电压相位信息, 送入 PCC 经 A/D 转换并计算得到电压有效值。

电流信号由电流传感器检测, 通过过零检测和比较, 得电流相位信息, 送入 PCC 经 A/D 转换并计算得电流有效值。为了减少误差, 采用多次采集,

并按式  $V = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n V_i^2}$   $I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n I_i^2}$  进行计算得出电压值和电流值。

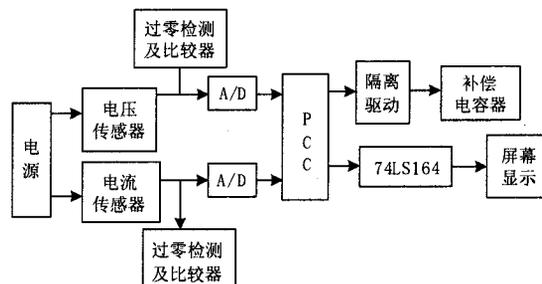


图 1 系统总体框图

Fig.1 Diagram of the whole system

## 1.2 频率测量

将电压信号由电压检测环节输出的电压过零脉冲信号接入 PCC 输入端, 作为计数器的门控信号, 在脉冲高电平期间 PCC 定时器计数, 换算得到信号的半个周期的时间, 得到频率  $f=1/T$ 。

## 1.3 功率因数测量

功率因数测量采用测电压、电流信号的相位差  $\Phi$ ,  $t/T = \Phi/360$ , 计算  $\cos \Phi$  的功率因数。如图 2 所示, 将电压、电流信号分别经过过零比较器, 产生方波脉冲。方波的上升沿和下降沿分别与正弦波信号的正负过零点对应, 产生的两个方波脉冲作为 PCC 的两个外部信号源。当外部信号有效时, PCC 内的定时器开始定时计数, 当外部信号无效时关闭定时器。此时, 定时器中的值便是与相位差相对应的计数值。PCC 处理定时器的计数值后即可得到交流电的功率因数。

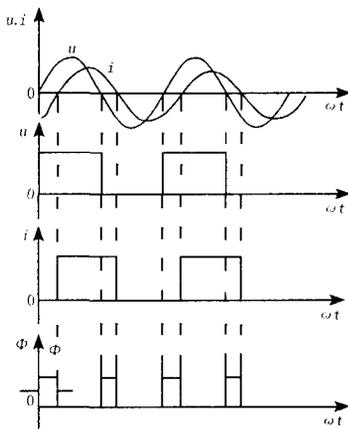


图 2 相位差测量原理图

Fig.2 Schematic diagram on phase difference measurement

## 1.4 功率因数补偿

功率因数补偿采用可控硅或固态继电器控制投切电容器来实现。固态继电器采用过零触发型, 通过 A/D 测量负载电流、电压及电压与电流的相位角, 计算得到功率因数, 在 PCC 里面监测来实现自动的补偿控制。

本设计主要是对变压器低压侧进行的无功补偿, 采用的是低压集中补偿, 就是将低压电容器通过低压开关接在配电变压器低压母线侧, 用以无功补偿投切装置作为控制保护装置, 根据低压母线上的无功负荷而直接控制电容器的投切。

电流、电压传感器作为测量器件, 能保证输出电平与电力主线路高度电隔离, 其输出电压信号经限幅、滤波后送至过零检测及比较器, 将输入的相电压和相电流信号整形成方波, 进而得到功率因数角  $\varphi$ , 如图 2 所示。再经 PCC 内部 A/D 转换、数字

运算后, 由 PCC 的输出端输出控制量, 采用对经过处理后的电压、电流信号, 经计算得到电压和电流的有效值  $U_{相}$ 、 $I_{相}$ 。当过零检测在电压正向过零时刻产生下降沿去触发 PCC 内的计数器, 从而计算出电网无功功率的余缺量  $Q_{补}$ , 用  $Q_{补}$  在 PCC 预先设置的表中查找与其对应的电容值比较, 如果  $Q_{补} > 0$ , 则投入电容  $C$ ; 若  $Q_{补} < 0$  则切除电容  $C$ , 投入或者切除补偿电容器由 PCC 控制, 从而达到自动补偿无功功率的目的。

PCC 的输出数据经 74LS164 转换成并行数据, 驱动屏幕显示  $\cos \varphi$  值。装置中电容器组的总容量应根据用户负载总容量进行选择。电容器的容量选择取决于用户负载的无功功率, 若用户负载的无功功率为  $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ , 则电容器组的容量为:  $C \geq Q/U^2 \omega$ 。式中  $U$  为相电压,  $\omega$  为角频率。

## 2 系统软件设计

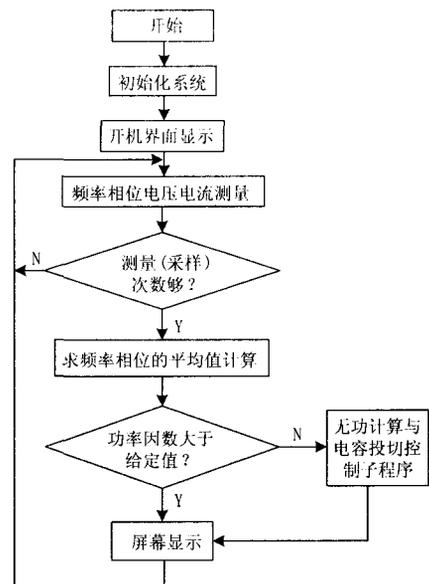


图 3 主程序流程图

Fig.3 Flow chart of the main program

系统程序完成的主要操作包括: 对各部分的状态控制、测量、数据处理、键盘操作及液晶显示等几个功能模块。主程序流程图如图 3 示。首先进行初始化, 对寄存器和 I/O 端口进行设置, 然后执行自检程序, 自检检测无误后, PCC 开始进入键盘扫描状态, 若有按键按下, 则进入相应的键盘处理程序, 设定控制方式及系统参数; 若无按键按下, 则循环显示系统参数, 之后返回键盘扫描状态。与此同时, PCC 定时器复位清零。根据检测判断功率因数的高低控制电容器组的切换。

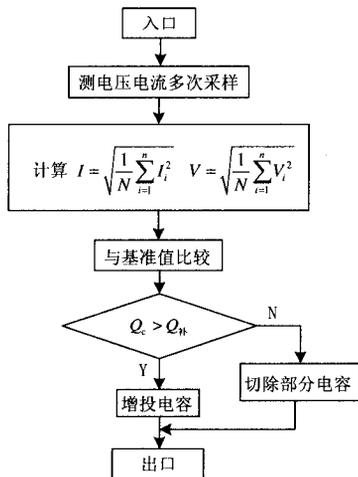


图 4 无功计算与电容投切控制流程图

Fig.4 Control flow chart on reactive power capacitance calculation

无功计算与电容投切控制子程序如图 4 所示。通过对电压电流多次采样, 计算得到电压和电流的有效值,  $U_{\text{相}}$ 、 $I_{\text{相}}$ , 从而计算出电网无功功率的余缺量  $Q_{\text{补}}$ , 用  $Q_{\text{补}}$  在 PCC 预先设置的表中查找与其对应的电容值比较, 来决定投入或者切除补偿电容器。

### 3 电路试验结果分析

通过改变测试电阻的大小, 测得不同输出电压和频率条件下, 补偿前后功率因数的变化。结果表明: 利用 PCC 控制能以较高精度及较好界面测量并显示变压器副边电压、电流、频率、有无补偿时的功率因数、有功功率、无功功率。通过对表 1 中记录的实验数据, 可以看到, 该无功补偿装置有效地提高了功率因数, 达到了设计要求, 但仍与真实值间存在很小的偏差。

表 1 电压、频率、功率因数测试对照表

Tab.1 Measuring technique check list on voltage, frequency and power factor

电阻 值/ $\Omega$	$u$			$f$			补偿前 $\cos\phi$			补偿后 $\cos\phi$		
	输出 /V	测试 值/V	误差/ (%)	输出/ Hz	测试 值/Hz	误差/ (%)	I/A	Q/kvar	$\cos\phi$	I/A	Q/kvar	$\cos\phi$
20	35.9	36.0	0.3	50	50.1	0.2	12.7	8.2	0.21	2.7	8.2	0.98
40	36.1	36.3	0.8	50	49.8	1.0	25.2	16.4	0.18	4.6	16.4	0.99
60	36.0	35.8	0.5	49	50.1	1.0	51.6	32.8	0.25	13	32.8	0.98
80	36.0	35.9	0.3	49	50.1	0.4	76.7	49.2	0.22	16.8	49.2	0.99
100	35.9	36.1	1.0	50	50.2	0.1	103	65.6	0.24	24.9	65.6	0.99

## 4 结束语

以 PCC 为核心部件, 利用软件编程, 实现了对交流电压值、交流电流值、频率以及功率因数、有功功率、无功功率的测量及屏幕显示。能根据负载变化自动进行功率因数补偿, 并且实现了投入时无明显冲击, 使功率因数大于 0.95。本设计的动态无功补偿器可以方便地用于低压变电所、配电站和中小企业的无功功率补偿, 对改善电能质量、降低损耗具有重要作用, 有很好的推广应用价值。

### 参考文献

- [1] 国家电网公司. 国家电网公司电力系统无功补偿配置技术原则[Z]. 2004.  
State Grid Corporation of China. Technical Principle for Reactive Compensation in Power Systems[Z]. 2004.
- [2] 孙成宝. 配电技术手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.  
SUN Cheng-bao. Manual of Distribution Technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [3] 王建强. 智能型配电网无功补偿系统[J]. 电网技术, 2003, 27(7): 80-81.

WANG Jian-qiang. Intelligent Reactive Power Compensating System for Distribution Networks[J]. Power System Technology, 2003, 27(7): 80-81.

- [4] 朱毅, 骆和平. 低压电网无功补偿方式和补偿容量的选择[J]. 水利科技, 2005, (4): 53-55.  
ZHU Yi, LUO He-ping. The Way of Reactive Power Compensation for Low Voltage Network and the Capacity of Low Voltage Reactive-power Compensators[J]. Technology of Water Power, 2005, (4): 53-55.
- [5] 陈立新. 电力系统无功功率补偿的探讨[J]. 电力学报, 2005, 20(4): 63-64, 67.  
CHEN Li-xin. The Investigation of Reactive Power Compensation for Power System [J]. Proceedings of Power System, 2005, 20(4): 63-64, 67.

收稿日期: 2007-04-04; 修回日期: 2007-06-18

作者简介:

鲍雅萍 (1966-), 女, 副教授, 硕士, 研究方向为计算机技术在电力系统中的应用; E-mail: aydxby@sohu.com

秦长海 (1963-), 男, 副教授, 研究方向电力系统自动化。