



功率因数监测与补偿教学系统的设计

吴贻文

(武汉职业技术学院 电信学院,湖北 武汉 430074)

摘要:功率因数监测与补偿教学系统以 C8051F020 高集成智能型单片机为控制核心,实现对电压、电流、频率、有功功率、无功功率、功率因数的检测以及完成对功率因数自动补偿控制。系统采用模块化设计,设计中运用交流采样技术对交流电压、电流信号直接采样以确保精度,用高精度的真有效值转换芯片 AD637 对取样信号进行转换,采用电平移位采集电流峰值测量瞬态电流,采用在电路中增减并入电容的方法进行功率因数的自动调节,提高功率因数。

关键词:功率因数;检测补偿;有功功率;无功功率

中图分类号: TN99

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2014) 03-0051-04

在电力系统中,存在着数量众多、容量大小不等的感性设备,以致整个电力系统的功率因数低。功率因数监测补偿(提高)是一项重要的技术工作,直接关系到电力系统的电能损耗、设备的利用率、供电质量等方面。研制高性能的功率因数监测补偿装置具有实际的社会经济效益。

功率因数补偿的意义和补偿方法是电类专业学生必须要掌握的一个知识点。本教学系统通过电位器串联电感来模拟实际中的感性负载,通过调节电位器的阻值改变功率因数,教学系统实时检测功率因数,自动投放相应容量的电容,使功率因数逼近 1,从而自动完成功率因数的监测和控制。本教学系统还能实时显示负载电压、电流、相位差和功率因数,同时具有电压、电流的外接监测点。通过本教学系统进行教学,能使學生深入理解有功功率、无功功率、相位差、功率因数等参数的含义,掌握功率因数的正确检测方法和功率因数补偿的基本方法,为将来的实际工作打下坚实的基础。

一、系统设计

功率因数监测与补偿教学系统的系统框图如图 1 所示,系统以 C8051F020 单片机为核心,包括数据信号采集模块、单片机数据处理模块、功率因数自动补偿模块和显示模块。系统完成了以下几方面的功能:对采样信号的检测、运算处理,显示测量数据,实现对功率因数自动补偿的控制。

二、各模块电路分析及设计

(一)电压电流测量模块输入信号的处理

电压测量输入级由分压电路和电压跟随器组成。电压跟随器起到阻抗匹配的作用,可以降低前后电路之间的相互影响。电流测量输入级则直接通过电压跟随器送入到模拟开关控制电路,电压跟随器同样降低了电流采集回路前后电路的相互影响。

(二)电压电流数据采集电路

电路如图 2 所示,由单片机控制 CMOS 模拟开关来实行对电压电流信号的采集控制,采用电压跟随器来降低前后级的影响,起到阻抗匹配的作用。采用专用的有效值测量芯片 AD637,将输入的交流信号电压转变成与其有效值相等的直流电压,再经过 A/D

收稿日期:2014-04-14

作者简介:吴贻文(1968-),男,湖北汉川人,武汉职业技术学院电信学院副教授,研究方向:智能控制。

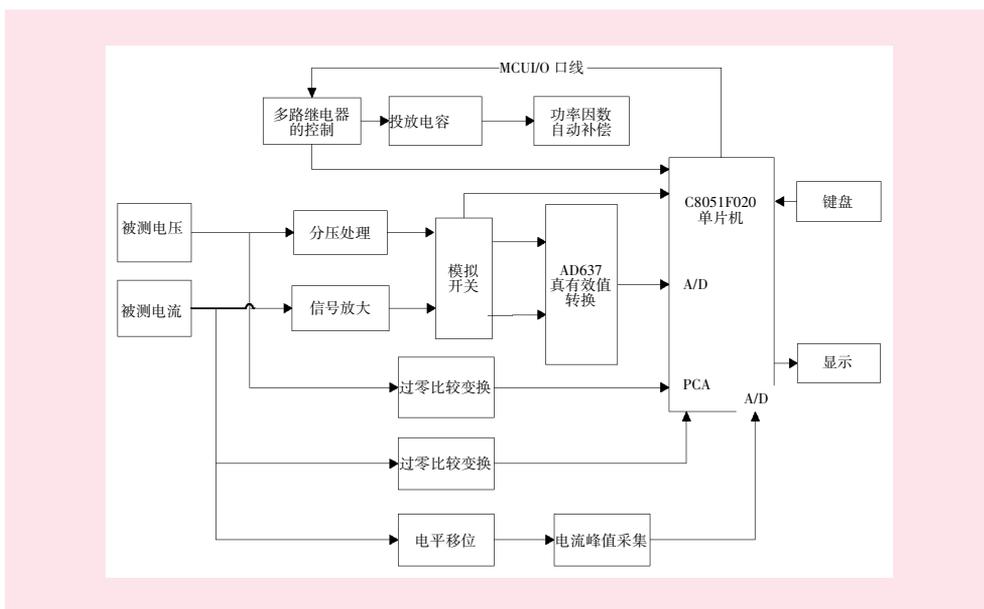


图1 系统框图

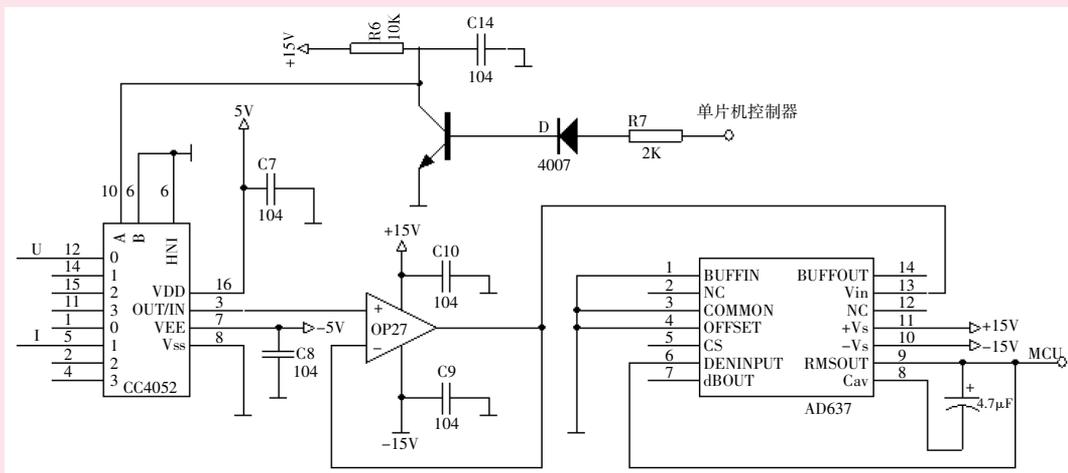


图2 电压电流有效值采集

转换采样处理,即可得到被测交流信号的有效值。

(三)频率测量模块

利用单片机对电压信号的周期 T 进行测量,电源频率 $f=1/T$ 。

(四)功率因数、有功功率、无功功率测量计算

功率因数 $\lambda=\cos\varphi=P/S$, 有功功率 $P=UI\cos\varphi$, 无功功率 $Q=UI\sin\varphi$ 。

电压和电流的相位差 φ 的测量方法:对输入的电压电流信号的“过零点”进行捕捉计数,过零采集电路如图3所示:通过对电压电流信号进行取样,分别送到比较器 LM311 中进行过零比较,把正弦信号转化为只有高低电平的方波信号,且转化的信号初相不变与取样信号初相相同。单片机记录取样后的电压电流过零点的时间差 Δt ,电压与电流的相位差夹角, $\varphi=(\Delta t/T)\times 360^\circ$,其中 T 为取样电压电流信号的周期。

(五)功率因数自动补偿模块

提高功率因数的方法是通过在电路中并联电容器,使总电压和总电流间相位差减小,达到提高功率因数的目的。通过功率因数的检测测量,当系统功率因数下降,低于下限值 85%时,投入补偿电容,将功率因数提高至 95%。

补偿电容的计算分析如下:

负载消耗的有功功率为: $P_1=UI_1\cos\varphi_1$

并联电容器以后,整个电路所消耗有功功率为:

$P=UI\cos\varphi$

补偿电容并不消耗有功功率,并联电容器前后电路的有功功率没有改变,即 $P_1=P$

又 $I_1=U_i^P = \frac{P}{U\cos\varphi_1}$, $I = \frac{P}{U\cos\varphi}$

所以 $I_{xc}=I_1\sin\varphi_1 - I\sin\varphi = \frac{P\sin\varphi_1}{U\cos\varphi_1} - \frac{P\sin\varphi}{U\cos\varphi} = \frac{P}{U}$

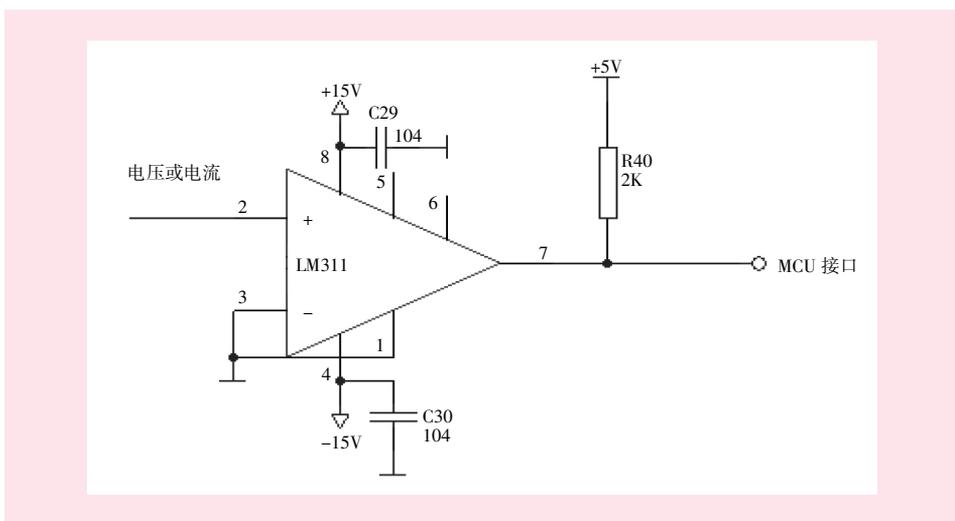


图3 电压(电流)过零点采集

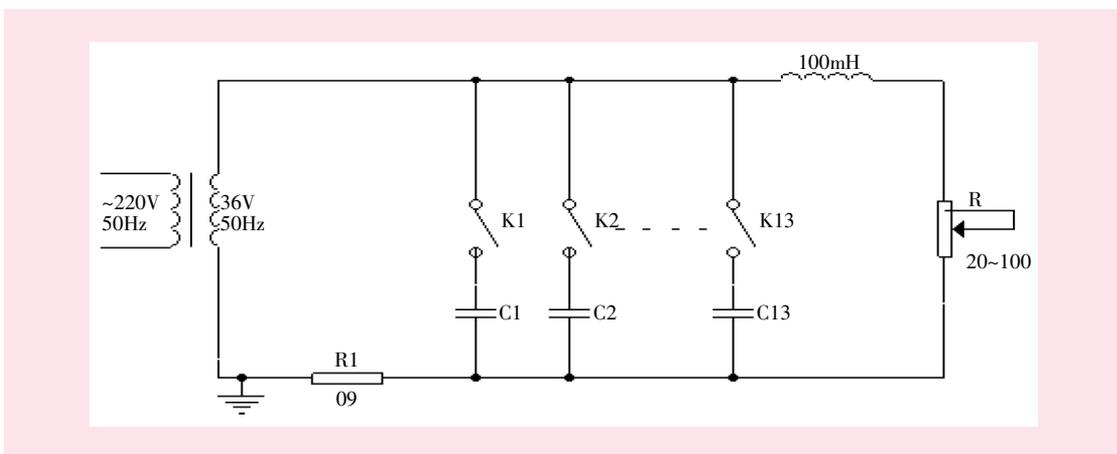


图4 功率因数补偿主控制电路

$(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi)$

$$\text{又因为 } I_{xc} = \frac{U}{X_c} = \frac{U}{1/\omega C} = \omega CU = 2\pi fCU$$

$$\text{故 } 2\pi fCU = \frac{P}{U} (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi)$$

$$\text{所以需要补偿的电容为: } C = \frac{P}{\omega U^2} (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi) =$$

$$\frac{P}{2\pi fU^2} (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi)$$

上述各式中, C 为所需并联的电容量, P 为负载所需有功功率, U 为电源电压有效值, f 为电源频率, φ_1 为并联 C 前负载功率因数角, φ 为并联 C 后负载功率因数角。

根据理论设计计算我们设计了自动功率因数补偿主控制电路,如图4所示, $K1 \sim K13$ 为继电器,通过单片机来控制继电器的开和关来增减补偿电容,起到自动功率因数补偿的作用。

三、软件设计

(一)软件的功能

配合硬件对输入的电压、电流、频率和相位差的

采集检测;对电压、电流、频率和相位差的数据处理计算和显示;完成对功率因数、有功功率、无功功率的计算和显示;根据需要进行功率因数的自动补偿控制;完成人机对话等。

(二)系统总流程图

系统总流程图如图5所示。

四、结束语

功率因数监测与补偿教学系统用于教学演示,可以使学生正确理解有功功率、无功功率、相位差、功率因数等参数的含义,了解功率因数监测和补偿的重要意义,掌握功率因数的正确检测方法和功率因数补偿的基本方法。同时功率因数监测与补偿教学系统包含了电路基础、模拟电路、数字电路、传感技术、单片机、自动控制技术等方面的知识,以本模型为基本平台,学生在学习相关课程时可以进行相关课程的课程设计,亦可以进行集中实训和毕业设计等。

参考文献:

[1] 秦曾煌. 电工学(第6版)[M]. 北京: 高等教育出版社,

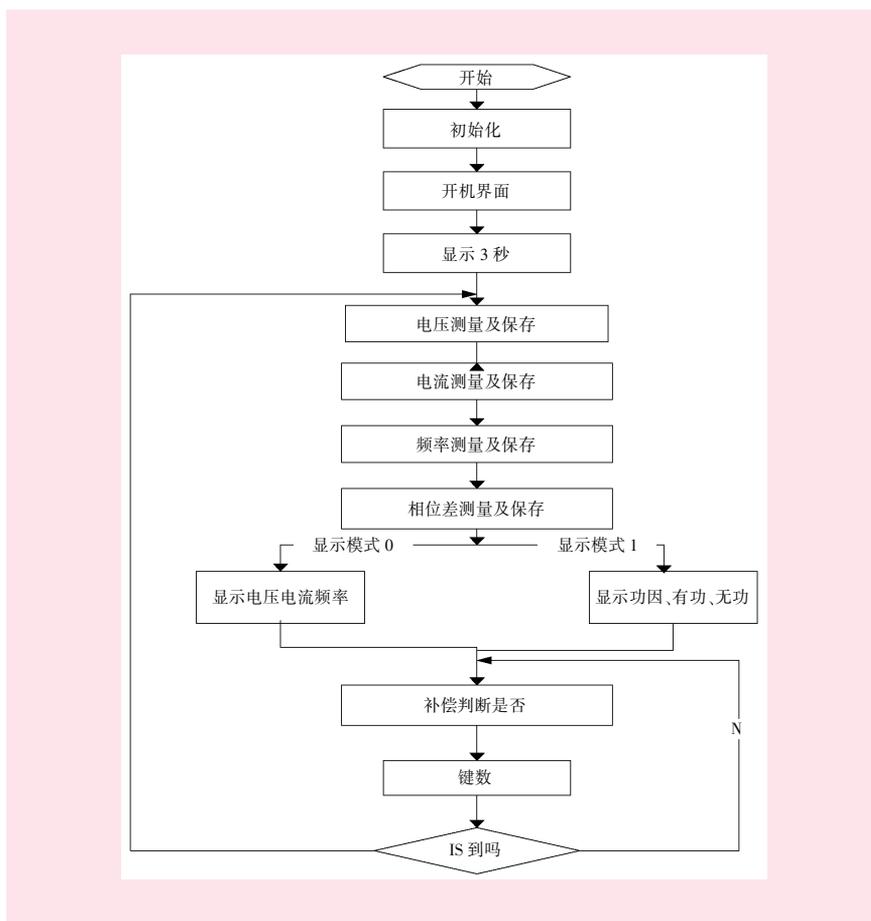


图 5 总体流程图

2004. 北京:清华大学出版社,2008.

[2] 吴贻文.基于单片机电梯控制模型实验教学系统的设计 [J].武汉:武汉职业技术学院学报,2005(4). [4] Silicon laboratories inc.Data sheet of C8051F020/1/2/3 [M].Silicon laboratories inc,2007.

[3] Willy M.C.Sansen,陈莹梅.模拟集成电路设计精粹[M]. [责任编辑:胡大威]

The Design of Power Factor Monitoring and Teaching Compensation System

WU Yi-wen

(Department of Electronic Information Engineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, China)

Abstract: The experiment system is designed with high integration and intelligent MCU C8051F020 as control core. The detection of voltage, current, frequency, active power, reactive power and power factor is realized. Also, automatic compensation control of power factor is accomplished. In the design, AC sampling technology is adopted in AC voltage and AC current signal directed sampled process to ensure accuracy; Sampled signal is converted by using conversion chip AD637 with high accuracy real effective value; Instantaneous current is measured with level shift by sampling current peak-value; Power factor is automatic adjusted by increasing or decreasing capacitance in the circuit. According to the above measures, power factor is more improved. As the system adopts modular design, control conversion by keyboard operation and measured values display by LCD, the measuring accuracy is especially high.

Key words: power factor; detection compensation; active power; reactive power