

AD7755 的测量原理和应用

陈星扩, 鲍 鸿, 陈宇翔

(广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090)

摘要:详细介绍了 AD7755 的测量原理和特点, 同时提出一种应用 3 块 AD7755 来测量三相有功功率的方法, 最后给出了整个系统的设计思路和设计原理方框图。

关键词: AD7755; 交流采样; 功率测量

中图分类号: TM933

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2002)04-0030-04

随着电力技术的高速发展, 高精度数字式的电力测量设备已广泛地应用在电力系统中. 为了适应这种测量的要求, 数字式电参数测量仪表多采用高精度的专用电能测量芯片来研制. 这类芯片中应用较广泛的有 CIRRUS LOGIC 公司的 CS5460、美国 ADI 公司的 AD7755 和贝岭公司的 BL0932. 这些芯片拥有内部集成度高, 易于与微处理器接口, 测量精度高等特点, 利用这些芯片开发电量测量系统和设备, 将有效提高系统的精度和降低开发难度. 本文详细介绍 ADI 公司的 AD7755 芯片的内部结构和测量原理, 阐述了利用 AD7755 开发三相低压配电站电量测量设备的设计新方法.

1 AD7755 的结构和特点

AD7755 是一种高精度电能测量集成电路, 其技术指标超过了 IEC1036 规定的准确度要求. AD7755 只在 ADC 和基准源中使用了模拟电路, 所有其它的信号处理(如相乘和滤波)都使用数字电路, 这使得 AD7755 在恶劣的环境条件下仍能保持极高的准确度和长期的稳定性. AD7755 内部主要由电源监控电路、模/数转换电路、信号处理电路、基准电路、数字-频率转换电路、低通、高通滤波器电路和可编程增益放大器电路等组成, 各部分部件见图 1.

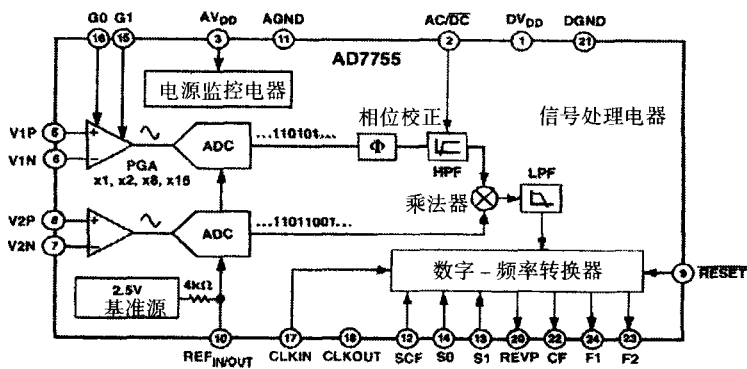


图 1 AD7755 芯片内部结构与引脚

其中, 相位补偿网络 Φ 和高通滤波器 HPF 组成的电路是保证测量精度的关键. 因为 AD7755 用于交流功率测量时, 引脚 AD/DC 置为 1, 这时 HPF 被接入, 用来消除电流通道中的直流分量, 接入 HPF 的目的是消除

收稿日期: 2002-05-23

作者简介: 陈星扩 (1976-), 男, 在读研究生, 主要研究方向为检测技术与自动化装置.

模拟通道的直流失调电压引起的测量误差.但是,HPF的相位特性会使通过电流通道的信号的相位产生变化,为了消除HPF相位特性引起的变化,AD7755采用了相位补偿网络 Φ 来进行补偿.其相位补偿能力达1kHz,这就保证了在低功率因数下对谐波功率计算的正确性.

AD7755计算出来的有功功率平均值从引脚F1和F2引脚以低频频率的方式输出,能直接驱动机电式计度表或两相步进电机.而有功功率瞬时值从引脚CF以较高的频率输出,可用于校验或与MCU接口.AD7755内部包含一个对芯片电源引脚的监控电路.在电源端电压上升到4V之前,AD7755一直保持在复位状态,此时,F1、F2和CF都没有输出.

2 AD7755的工作原理

AD7755把从通道1(电流通道)和通道2(电压通道)中进来的模拟信号,各自送到一个16位的 $\Sigma-\Delta$ 模/数转换器中进行模/数转换,转换后的数字信号经过处理后直接相乘得到瞬时功率信号.瞬时功率是由瞬时有功功率和瞬时无功功率组成,为了得到有功功率分量(即直流量),要对瞬时功率信号进行低通滤波处理.

AD7755不但能正确计算正弦电压和正弦电流的有功功率,而且还能计算非正弦电压和非正弦电流的有功功率.数学上已经证明:当电压和电流波形是非正弦时,可以通过傅立叶分解,而得到电压和电流的正弦谐波成分:

$$v(t) = V_0 + 2 \times \sum_{h \neq 0} V_h \times \sin(h\omega t + \alpha_h), \quad (1)$$

$$i(t) = I_0 + \sum_{h \neq 0} I_h \times \sin(h\omega t + \beta_h). \quad (2)$$

式(1)中, $v(t)$ 是瞬时电压, V_0 是电压平均值, V_h 是 h 次电压谐波的有效值, α_h 是 h 次电压谐波的相位角.式(2)中, $i(t)$ 是瞬时电流, I_0 是电流平均值, I_h 是 h 次电流谐波的有效值, β_h 是 h 次电流谐波的相位角.根据理论分析,有功功率 P 可以用电压和电流的基波有功功率 P_1 和谐波有功功率 P_H 之和表示: $P = P_1 + P_H$.

$$P_1 = V_1 \times I_1 \times \cos \varphi_1 \quad (\varphi_1 = \alpha_1 - \beta_1), \quad (3)$$

$$P_H = \sum_{h \neq 0} V_h \times I_h \times \cos \varphi_h \quad (\varphi_h = \alpha_h - \beta_h), \quad (4)$$

其中 φ 是电压和电流的相位差.

由式(4)可以看出,电压和电流的各次谐波都产生谐波有功功率.又因为AD7755对纯正弦波的功率因数和有功功率的计算是精确的,而谐波是由一系列纯正弦波组成,所以,AD7755对谐波功率因数和谐波有功功率的计算也是精确的.利用上述测量原理设计的AD7755,从测量的机理上已经充分考虑了电网谐波的存在和影响因素.因此,利用它制作的系统的测量精度和抗干扰能力将大大提高^[1].

3 应用AD7755设计的三相功率测量系统

3.1 总体设计思想

目前,测量有功功率常用的方法是交流采样法.交流采样法是通过电压和电流信号的瞬时值进行采样,然后通过公式计算,求出有功功率.不过,这里有一个问题:就是采样电压和电流的相位差问题,这个相位差对有功功率的计算影响很大.有的设计为了保持采样电压和电流是同步的,采取给每个采样电路配备一个采样/保持芯片,由芯片控制同时采样和保持,这样就可

以解决相位一致的问题,但是,系统增加了硬件.还有的设计采用一个采样/保持器,通过软件编程逐个读取电压和电流的采样值,由于不是同步读取的,这就产生了个采样信号的相位不一致的问题.由于各个采样点之间相差的精确角度不容易被求出,所以通过软件编程来解决这个问题有一定的难度.

本文提出一个新的方法来测量三相有功功率:利用 3 块 AD7755 分别测量三相电压和电流信号,电压和电流信号分别送进 AD7755 里进行数值运算,从 CF 引脚输出正比于瞬时有功功率的频率到 8253 的其中一个计数器,当定时时间到,80C196 发命令给 8253 停止计数,马上读取 8253 的 3 个计数器上的计数值到 RAM,读完,发命令给 8253 重新计数.在定时时间内,80C196 进行计算电力参数的工作.通过查询发送标志字来决定是否通过串行口发送数据给上位机,最后进行液晶显示.

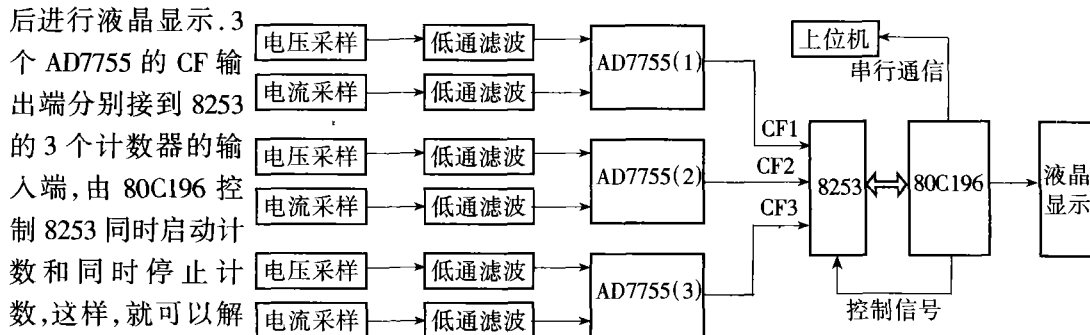


图 2 测量系统原理框图

图 2 为测量系统原理框图.

3.2 输入电路的设计

AD7755 差动输入的通道分别是通道 1(电流通道)和通道 2(电压通道),其中,电流通道内设置了一个可编程增益放大器(PGA),它有四种放大倍数可选:1、2、8 和 16,由对 G0 和 G1 编程实现(这个可以由 80C196 控制也可以接地或电源来解决).每个通道的最大输入电压是有限的:电流通道对应四种放大倍数的输入电压限度分别是 $\pm 470\text{mV}$, $\pm 235\text{mV}$, $\pm 60\text{mV}$ 和 $\pm 30\text{mV}$;电压通道对应的是 $\pm 660\text{mV}$.根据系统制作的实践来看,考虑到电网波动可能引起电网电压变高,进而引起输入电压过高,高出芯片的承受限度,就有可能对芯片造成危害.所以,输入电压要留有裕量.

电压的取样可以采用纯电阻分压网络,也可以采用隔离式变压器降压的办法.为了完全隔离强电和芯片的直接电联系,也为了安全,建议采用隔离变压器.变压器的选择要注意精度和变压比的数值,以确保采样的精度.电流的采样可以采用小阻值分流器和电流互感器.由于 AD7755 的输入电路和内部基准源是模拟的,所以要注意共地问题,要将所有的模拟地接到一块,再和数字地共地,这样可以减少干扰.

为了得到数字量,AD7755 内部采用两个 16 位二阶 ADC 来进行模/数转换.但是,不管什么结构的 ADC 都有可能引起混叠,为了防止由于过采样而引起的失真,就要在 ADC 前面增加抗混叠滤波器.因为 AD7755 的 ADC 的采样频率是 900kHz ,而靠近 900kHz 的镜像频率有可能进入对电表有用的频带($0\sim 2\text{kHz}$).为了防止电表有用频带的失真,需要在电流通道、电压通道的四个引脚前都接上 R、C 低通滤波器(LPF)来滤掉那些镜像频率.

3.3 输出电路的设计

CF 输出的频率正比于瞬时有功功率,通过设置 $SCF = 0, S0 = S1 = 1$, 就可以把 CF 设置为高频输出方式. 当模拟输入端加上满度交流信号时, CF 输出频率达到 5.5 kHz 左右,这个数值方便计数器计数. 在测量系统中, 80C196 采用一个定时器进行定时, 定时时间内对 CF 输出的脉冲进行记数. 平均功率正比于平均频率, 平均功率等于单位积分时间内的脉冲个数. 在一个积分周期内消耗的电能等于脉冲个数, 所以, 只要正确的设置好积分时间, 就能简化编程.

3.4 系统软件流程图

软件部分分为主程序流程和定时中断子程序流程. 主程序主要进行电力参数数值计算, 同时判断发送标志字. 如果是发送标志字, 则通过串行口发送数据给上位机; 否则, 进行液晶显示. 上位机和单片机采取主问从答方式. 定时中断子程序中定时关闭 8253, 以便进行读数处理, 最后给 8253 的 3 个计数器清零, 打开 8253 重新计数. 系统软件流程图如图 3 示.

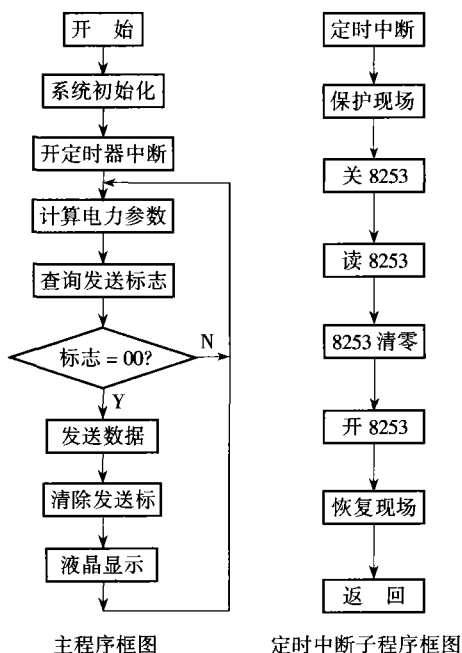


图3 软件框图

4 结论

计算三相有功功率的方法很多, 本文提出一个新的思路, 利用多个设计本意为测量单相功率的 AD7755 来测量三相功率, 为测量三相功率参数的方法提供一种新的方法.

参考文献:

[1] ADI 公司. AD7755 产品说明(中文)[DB/OL]. <http://202.106.127.182/>, 2000-07-15/2001-03-15.

Measurement Principles of AD7755 and Its Applications

CHEN Xing-kuo, BAO Hong, CHEN Yu-xiang

(Faculty of Automation, GDUT, Guangzhou 510090, China)

Abstract: This paper introduces features and measuring principles of AD7755, and presents a method to measure three-phase active power using three pieces of AD7755, as well as the schematic diagram and principles for the design of a whole system.

Key words: AD7755; ac sampling; power measurement