

# 基于 MSP430 的便携式互感器现场校验装置的研制

## Research on Potable On-line Test Calibrator of CT and PT Based on Single Chip Microcomputer of MSP430

华中科技大学电气与电子工程学院(湖北武汉 430074) 李开成 胡建勋

(Huazhong University of Science and Technology Wuhan Hubei, China, 430074) Li Kaicheng Hu Jianxun

**摘要:**介绍一种基于 MSP430 单片机的便携式互感器现场校验装置的系统设计。该装置以单片机 MSP430 为核心控制芯片,能够在线检测电流互感器的变比、极性、二次侧负荷、功率因数及电压互感器二次侧负荷和功率因数等电气参数,精度高,功耗低,并配有友好的人机交互界面,便捷实现数据管理和电池管理等功能。

**关键词:** MSP430 单片机 互感器校验 便携式

**Abstract:** This paper mainly deals with the research of a kind of potable on-line calibrator of CT and PT based on MSP430. The calibrator discussed in this paper is mainly composed MSP430F149 which is employed as the micro-controller, and some other relevant circuits. The potable calibrator shows good performances in detecting the changes of ratio, polarity, and magnitude of secondary load, power factor and other electrical parameters of a current transformer or those of a potential transformer on line. This calibrator is characterized by high accuracy, low power consumption, and what makes it outstanding is that it also has a friendly interface with the operator, which makes data management and battery management convenient and easy.

**Keywords:** single chip microcomputer MSP430 calibration of CT and PT potable

[中图分类号] TM45: TP274 [文献标识码] A [文章编号] 1000-3886(2006)03-0063-02

## 1 引言

随着电力系统市场化脚步的加快,电能计量工作对准确性的要求越来越高,而互感器的误差是影响电能计量准确性的重要指标。因此,国家规定必须对于电力互感器的变比、极性及其二次侧负荷等电气参数定期进行检查。

对电力计量部门来说,测试时间短、安全性好、准确性高、操作方便、对被测系统影响小、便于现场测试是互感器测试工作的主要要求。互感器电气参数测试的传统方法是在额定负荷或下限负荷下对互感器进行测试。这种办法一般在实验室进行,不能准确反映实际负荷运行情况下的互感器的实际误差。而现场测试中由于 PT 的二次电流和 CT 的二次电压都很小,测试较困难,且需对系统停电并借助于多台仪器才能完成,整个过程操作复杂、耗时长、任务繁重、测量准确度不高。为此我们研制了全新的电力互感器综合在线测试仪。考虑到现场在线测试的特点,本测试仪按照便携式低功耗的智能化仪器设计。为此选用美国 TI 公司 MSP430 的单片机作为系统的核心控制芯片<sup>[1]</sup>。

## 2 原理与实现

互感器现场校验装置由信号调理电路、数据处理电路与电池管理电路三个部分组成,如图 1 中所示。整机的基本设计思想是从被测对象获取电流和电压信号,经过信号调理电路一系列处理,得到期望的周期信号以便 MSP430 单片机为核心的数字处理电路进行处理。单片机系统可以完成数据的计算、计算结果的存储、显示和通讯等工作。整个系统有大容量的锂电池供电,电池管理电路

管理锂电池充放电,并实时检测显示电池容量。

### 2.1 信号调理电路的设计

对测试系统而言,模拟信号的准确获取是关键。这里采用精密钳形电流互

感器从被测系统取出电流信号输入仪器内部电流取样电路;将线路电压直接引入由内部分压电路,有电阻分压器获取电压信号。这样避免了常规办法因切断电路而造成系统停电的弊病。信号调理电路由四个信号输入通道构成,分别为 CT 一次侧电流输入通道、CT/PT 二次侧电流输入通道、CT 二次侧电压输入通道和 PT 二次侧电压输入通道。考虑到测量精度的问题,将量程较大的 CT 一次侧电流输入通道、CT/PT 二次侧电流输入通道和 CT 二次侧电压输入通道分为两档,档位由单片机自动调节。通道示意图如图 2 所示。

### 2.2 数字处理电路的设计

在电气参量数字化测量中,较为关键的问题之一是信号频率(周期)的求取。本系统采用过零触发电路来测量频率。将 CT/PT 二次侧电流输入通道输出的信号连接到 MSP430 单片机比较器模块的一个输入端,让它与 MSP430 所提供的参考电压进行比较,使用 MSP430 单片机 16 位的计数器 TimerA 模块记录比较器输出的两个上

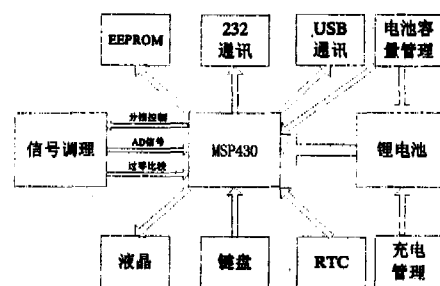


图 1 系统框图

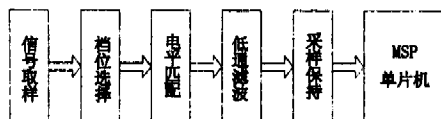


图2 模拟信号输入通道

跳沿之间的时间差  $T$ , 则  $T$  即为测量对象的周期。

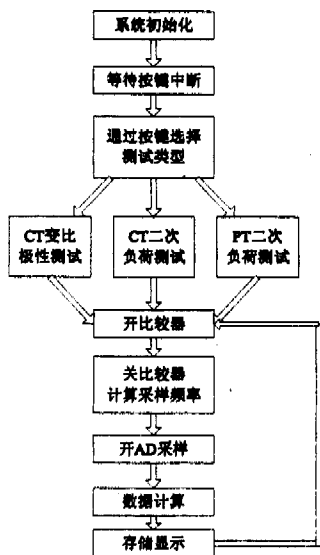


图3 程序流程图

AD 转换由 MSP 单片机自带的 ADC12 模块完成。ADC12 模块能够实现 12 位精度的模数转换, 具有高速和通用的特点。用 MSP430 单片机定时器 TimerB 定时启动 ADC12 模块对经过信号调理电路的信号进行整周期的采样。如果采样点数为  $N$ , 则采样频率由公式  $f = N / T$  得到。对模拟电流、电压采样后将结果存入相应的数组  $I_{sample}(n)$ 、 $U_{sample}(n)$  中, 然后使用公式<sup>[2]</sup>:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} I_{amp}^2(n)} \quad (1)$$

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{amp}^2(n)} \quad (2)$$

$$P = \frac{1}{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{amp}(n) I_{amp}(n) \quad (3)$$

$$S = U_{rms} I_{rms} \quad (4)$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{U_{rms} I_{rms}} \quad (5)$$

计算得到电压有效值  $U_{rms}$ 、电流有效值  $I_{rms}$ 、有功功率  $P$  和功率因数  $\cos \varphi$  等各种电气参数。在测试对象是 CT 时, 对比一次侧电流、二次侧电流采样值的符号就可以判断 CT 的极性。

数据计算与处理都由 MSP430 单片机完成。装置中外接了 EEPROM 芯片, 可以保存测试结果, 装置也可以通过串口或 USB 口向上位机传输数据。总体的程序流程如图 3 所示。

### 2.3 电池管理模块的设计

装置使用容量为 2000mAh 的锂充电电池供电, 配合整体的低功耗设计, 可以保证仪器连续工作时间超过八小时。仪器设计了对锂电池进行充放电的管理电路, 以延长电池的使用寿命; 此外, 仪器还能实时监测锂电池剩余的电量, 并将结果显示在液晶屏的右上角以提醒用户及时充电。

## 3 实验测试

本互感器测试装置样机已经制成, 在实验室使用钳形电流互感器、标准电压源、标准电流源进行了实验, 相关的测试数据如表 1、2、3 所示。

试验测试表明, 本装置在使用钳表的情况下电流、电压、二次负荷和变比的测量误差小于 0.5%, 具有很高的测量精度, 能满足互感器现场测试的要求。

## 4 结语

通过现场的测试试验证明, 该测试仪能在线测试电流互感器和电压互感器的有关电气参数, 测试速度快、准确性高, 同时仪器

表 1 CT 二次负荷测试数据

标准表值			测量值			准确度
电压值 (V)	电流值 (A)	负荷 (VA)	电压值 (V)	电流值 (A)	负荷 (VA)	误差 (%)
30.0032	5.00062	150.033	29.936	5.004	149.8	0.16
25.0048	4.5004	112.535	24.955	4.513	112.5	0.03
20.0013	4.0019	80.0429	19.953	4.017	80.16	-0.15
15.009	3.50099	52.5476	14.972	3.517	52.72	-0.34
10.0043	2.00099	20.0179	9.970	2.008	20.02	-0.01
5.00296	1.0014	5.00949	4.989	1.000	4.99	0.40
1.00377	0.50006	0.50131	0.979	0.500	0.500	0.26

表 2 电流测试数据(1000A 钳表测试时绕 10 匝)

5A 钳表测试值			1000A 钳表测试值		
标准表值(A)	测试值(A)	准确度(%)	标准表值(A)	测试值(A)	准确度(%)
0.500	0.500	0	10.0080	100.00	0.08
0.600	0.601	-0.17	20.0090	199.81	0.14
1.006	1.004	0.20	30.0010	299.39	0.20
1.499	1.499	0	40.0025	398.97	0.26
1.999	2.004	-0.25	50.0013	497.79	0.44
2.504	2.513	-0.36	60.0054	597.36	0.44
2.990	3.000	-0.33	70.0086	697.20	0.42
3.501	3.517	-0.46	80.0043	796.28	0.41
4.010	4.021	-0.27	90.0015	896.62	0.38
4.499	4.508	-0.20	100.018	996.95	0.32
5.007	5.004	0.06			

表 3 PT 二次负荷测试数据

标准表值			测试值			准确度
电压值 (V)	电流值 (A)	负荷 (VA)	电压值 (V)	电流值 (A)	负荷 (VA)	误差 (%)
240.011	5.00122	1200.31	240.1	5.004	1201	0.06
220.006	4.50104	990.256	220.0	4.513	993.1	0.29
150.000	4.00100	600.151	149.9	4.017	602.6	0.41
100.039	3.50287	350.433	100.0	3.521	352.1	0.47
80.0022	2.50235	200.191	79.94	2.513	200.8	0.31
50.0008	1.00308	50.1547	49.94	1.004	50.15	-0.01
30.0023	0.50002	15.0014	30.00	0.500	15.00	-0.01

由内部电池供电, 无需外接电源, 待机时间长。还具有较大的液晶显示屏幕和中文菜单式操作指示, 测试结果显示简单清晰, 数据存储和传输方便快捷。此外, 该仪器小巧、轻便, 便于携带, 非常适合于互感器的现场在线测试。

### 参考文献

- [1] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例. 北京航空航天大学出版社, 2003
- [2] 孙国银, 李启焱. 基于 DSP 的互感器二次负荷在线测试仪的研制. 电测与仪表, 2002, 39(7)

[作者简介] 李开成(1962-), 男, 华中科技大学电气与电子工程学院, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事测控技术及智能仪器、光纤电流电压互感器、电能质量分析等方面的研究。 胡建勋(1981-), 男, 华中科技大学电气与电子工程学院硕士研究生, 测控技术及智能仪器等方面的研究。