

# 一种简单实用的 APF 谐波电流检测实验系统<sup>①</sup>

李自成, 任明炜, 李彦旭

(江苏大学 电气信息工程学院, 镇江 212013)

**摘要:** 现有的多种有源电力滤波器(Active Power Filter, APF)单相电路谐波电流检测方法, 它们的有效性均采用仿真验证, 而缺少实验环节。针对此问题, 将 UA206 A/D 数据采集卡通过 PCI 口与计算机相连, 以电源电压和负载电流作为输入信号可以构成一种简单实用的 APF 谐波电流检测实验系统。该系统具有结构简单、稳定性好、可靠性高、程序设计较为容易等特点。使用此系统对一种基于神经网络的谐波电流检测方法进行了实验, 实验证实使用此实验系统可以方便验证所提出的 APF 谐波电流检测方法的正确性和检测性能。

**关键词:** 有源电力滤波器; 谐波电流; 实验系统; A/D 数据采集卡; 程序设计

## Simple Practical Experimental Detecting System for Harmonic Current of APF

LI Zi-Cheng, REN Ming-Wei, LI Yan-Xu

(School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** At present, the validities of many detecting methods for harmonic current of single-phase active power filter (APF) are verified by simulation but without experiments. To solve this problem, a simple practical experimental detecting system for harmonic current of APF is obtained by UA206 A/D data collecting block being joined with computer by PCI port and supply power voltage and load current being regarded as input signals. The system has the characteristics of simple configuration, nice stability, high reliability and easy programmer. Using this system, the experiment of a detecting method for harmonic current based on neural networks is done, and it validates that adopting the system can expediently verify the correctness and detecting performance of the proposed detecting method for harmonic current of APF.

**Keywords:** active power filter (APF); harmonic current; experimental system; A/D data collecting block; programmer

## 1 引言

APF 是一种治理谐波和补偿无功的电力电子装置, 而谐波电流检测是其关键技术。基于三相电路瞬时无功功率理论的三相电路谐波电流检测方法<sup>[1]</sup>是得到公认的较为成熟的方法。而对于单相电路, 至今还没有一种较为成熟的方法。现在, APF 单相电路谐波电流检测方法的研究已成为众多学者关注的一个热点。一般地, 认为谐波电流检测属于非线性问题, 是比较复杂的。因此, 他们纷纷将针对非线性系统的现代控制的最新理论如人工神经网络、自适应控制等用于单相电路谐波电流检测, 为此提出了许多新方法, 如基于神经元的自适应法<sup>[2-4]</sup>, 基于补偿电流最

小原理的检测方法<sup>[5,6]</sup>, 基于电路模型和神经网络的检测方法<sup>[7]</sup>等。

这些谐波电流检测方法多采用仿真验证其有效性, 而缺少实验环节<sup>[3-7]</sup>。造成这种结果的主要原因是传统的 APF 谐波电流检测的实验具有一定的复杂性, 其复杂性主要体现在: 要设计以微处理器为核心的硬件系统—包括电路板设计、电路板的生产、电路板的调试等; 要设计验证检测方案的软件系统—要使用汇编语言或者高级语言(带有高级语言编译器的微处理器开发系统)编程, 需要直接对硬件及接口编程, 而且不同的微处理器, 有不同的指令系统, 因此, 程序设计较为困难。这些无疑具有一定的难度。而且按照这

① 收稿时间:2010-09-02;收到修改稿时间:2010-09-23

种思路设计的实验系统,只能验证负载电流处于稳定状态时的检测效果,对于负载电流处于突然变化、负载电流处于缓慢变化等情况时的检测效果则无法检验<sup>[2,8]</sup>。另外,在实验中,需要观察电源电压、负载电流、基波有功电流幅值、基波有功电流、谐波与无功电流之和等多个信号的波形,而按照上述思想设计的实验系统通过示波器在某一时刻只能看到少量的信号波形。

采用 UA206 A/D 数据采集卡通过 PCI 口与计算机相连,以电源电压和负载电流作为输入信号可以构成一种简单实用的 APF 谐波电流检测实验系统,该系统克服了上述实验系统存在的问题,为 APF 谐波电流检测方法提供了一种简单有效的实验验证方法。

## 2 实验系统

APF 谐波电流检测实验系统如图 1 所示。

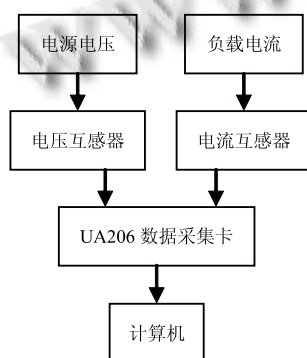


图 1 实验系统框图

UA206 A/D 数据采集卡通过 PCI 口与计算机相连,电源电压经过电压互感器,负载电流经过电流互感器作为 UA206 的输入信号。电源电压和负载电流通过 UA206 的 A/D 转换器转换成数字量,该数字量被送入计算机,通过简单的程序设计可以方便验证所提出的谐波电流检测方法的正确性与检测性能。

### 2.1 UA206 A/D 数据采集卡

UA206 A/D 卡是北京一公司开发的 PCI 总线数据采集产品,它通过 PCI 口与计算机相连。该卡采用美国新型 16 位 A/D 转换芯片,电路设计及布线讲究,带有大容量的 FIFO 缓冲存储器,指标先进,性能稳定。该卡的显著特点是:高速、高精度、带有较多的数字量 I/O 及计数功能。

主要功能和技术指标:

A/D 部分:分辨率:16 位;精度:0.015% (满量

程);最高实用采样频率:500 KHz;模拟输入通道:16 或者 32 单端,可选 16 差动;模拟量输入范围:±10 V;输入阻抗:大于 100 MΩ;触发方式:定时器触发,软件触发;FIFO 存储器:32 KB。

D/A 部分:分辨率:12 位;通道数:2 路;模出范围:±5 V,±10 V 可选;输出电流:10 mA。

数字量 I/O:通道数:24 路;可编程输入或输出;TTL 电平兼容。

定时计数器:3 通道可编程定时计数器;字长:16 位;卡上时钟:4 MHz。

UA206 A/D 卡具有良好的性能,因而由该卡组成的 APF 谐波电流检测实验系统稳定性好、可靠性高。

采用 UA206 A/D 卡,省去了实验硬件系统的电路板设计,生产和调试等过程。

### 2.2 程序设计

UA206 A/D 卡提供了丰富的编程支持,带有使用 VC++6.0 和 VB 6.0 编写的演示原程序,适用于 Windows98/2000/Me/XP 及 DOS 等操作系统。

连接好实验系统,接上电源电压和负载电流,按照使用说明安装好驱动程序。编译、连接、运行演示原程序可以在显示器上看到输入的电源电压和负载电流的数值和曲线波形。在演示原程序的基础上,根据谐波电流检测方案,可以比较容易地编写出谐波电流检测的实验程序。

此实验系统编程容易,原因在于使用通用的高级程序设计语言 VC++ 6.0 或 VB 6.0 编程,而且演示原程序已经提供了程序框架,因此,只要具有高级语言程序设计基础,就能在演示原程序提供的程序框架的基础上适当修改并增加根据检测方案需要的程序就可得到所需的实验程序。还有一个原因是 UA206 A/D 卡附有专用的动态连接库 UA204.DLL,此动态连接库提供了许多简洁高效的采集和控制函数。在编写程序时,可以方便地调用这些函数完成数据采集工作。这些函数有:

OpenUA206: 打开 UA206 设备

CloseUA206: 关闭 UA206 设备

ss204: 单通道单点采集

mm204: 单或多通道多点一次性采集

start-204: 单或多通道多点采集初始化

read-204: 单或多通道多点采集读数据

get-statu: 读采集状态

outb: I/O 输出一字节

inb: I/O 读字节

da-set: 设置 D/A 值

da-out: D/A 输出命令

其中, mm204 为多点一次性采集函数, 采集数据存储于数组, 函数返回时采集终止, 适用于一次性采集数据。start-204、read-204 为连续采集函数, 适用于边采集边存盘或者边采集边处理的应用, 在执行 start-204 初始化后, 卡上采集开始并将数据存于缓冲存储器, 此后可以通过 get-statu 读状态函数获得采样缓冲区状态, 用 read-204 函数多次读取数据, 在读取数据间隔进行数据处理或存盘, 只要保证在缓冲区未将数据读出, 间隔读取的数据将是连续的。

使用此系统通过程序设计可以实时取数即时处理也可以连续采集一定的数据后再处理, 而且在显示器上可以显示多个量的数值或曲线波形, 可以方便地研究当负载电流处于稳定状态、缓慢变化、突变等各种情况时的检测效果。

### 3 实验示例

以文献[5]提出的谐波电流检测方法为例, 使用此实验系统验证该方法的正确性和检测性能。

该方法以“当负载电流为周期电流时, 负载电流与基波有功电流差的绝对值在一个周期内的积分值最小”为检测原理, 采用三层前馈人工神经网络实现即: 采用三层人工神经网络计算出某个采样时刻的基波有功电流幅值, 则可计算出此采样时刻的基波有功电流, 由此采样时刻的负载电流减去计算出的此采样时刻的基波有功电流就得到此采样时刻的谐波与无功电流之和。

在实验时, 采样频率取 5 KHz 即一个周期内的采样个数  $N$  为 100、输入层节点数  $n$  取 100、隐层节点数  $m$  取 10、输出层节点数为 1、误差取 0.001。实验结果如图 2~图 4 所示, 图 2 为负载电流处于稳定状态时的实验结果、图 3 为负载电流突然增大时的实验结果、图 4 为负载电流突变为 0 A 时的实验结果。其中,  $u_s$  为电源电压;  $i_L$  为负载电流;  $A$ 、 $i_{lp}$ 、 $i_a$  分别为检测出的基波有功电流幅值、基波有功电流、谐波与无功电流之和。实验结果表明: 该方法稳定、可靠、电源频率变化等对其检测结果影响很小。当负载电流处于稳定状态时, 该方法能够比较准确地检测出需要补

偿的谐波与无功电流之和; 当负载电流发生突变时, 该方法跟踪速度快, 其动态响应时间为 0.5 个周期。

实验证实: 该系统稳定性好、可靠性高、在计算机显示器上可同时看到多条实验波形, 它确能方便验证 APF 谐波电流检测方法的正确性和检测性能。

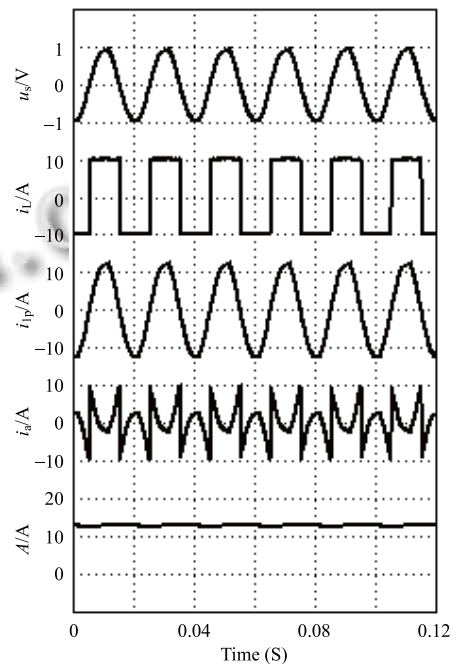


图 2 负载电流稳定时的实验结果

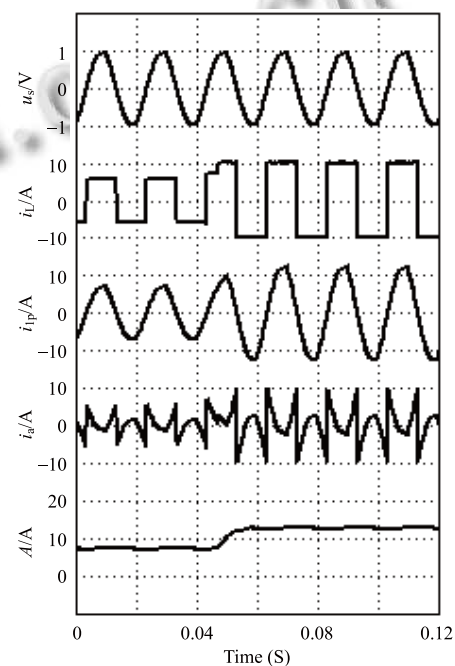


图 3 负载电流突然增大时的实验结果

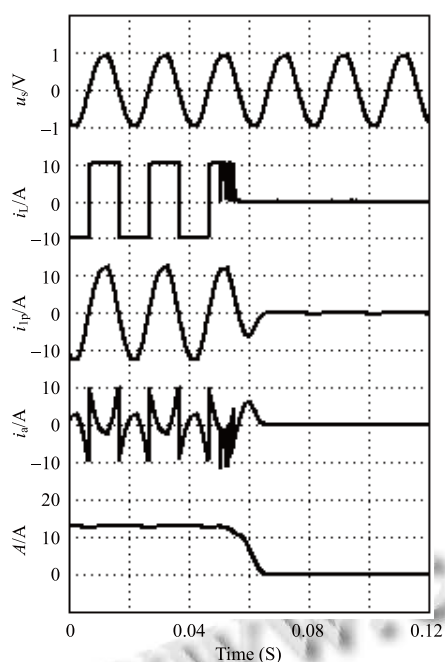


图4 负载电流从10 A突变为0 A时的实验结果

#### 4 结论

使用 UA206 A/D 数据采集卡通过 PCI 口与计算机相连, 以电源电压和负载电流作为输入信号可以构成一种简单实用的 APF 谐波电流检测实验系统。该系统克服了传统的谐波电流检测实验系统存在的问题, 它具有结构简单、稳定性好、可靠性高、程序设计比较容易等特点。该实验系统不仅适用于 APF 单相电路的谐波电流检测, 而且适用于 APF 三相电路的谐波电流

检测 (具有 16 或者 32 单端模拟输入通道)。由于 UA206A/D 卡具有丰富的输入输出接口, 该系统还可用于信号的分析与处理、智能实时控制等。

#### 参考文献

- 1 Akagi H, Kanazawa Y, Nabae A. Instantaneous reactive power compensators comprising switching devices without energy storage components. IEEE Trans. Ind. Appl., 1984,20(3): 625-630.
- 2 Wang Q, Wu N, Wang ZA. A neuron adaptive detecting approach of harmonic current for APF and its realization of analog circuit. IEEE Trans. Instrum. Meas, 2001,50(1):77-84.
- 3 王群,周维维,吴宁.一种基于神经网络的自适应谐波电流检测方法.重庆大学学报:自然科学版,1997,20(5):6-11.
- 4 王群,吴宁,苏向丰.有源电力滤波器谐波电流检测的一种新方法.电工技术学报,1997,12(1):1-5.
- 5 周维维,江泽佳,吴宁.基于补偿电流最小原理的谐波与无功电流检测方法.电工技术学报,1998,13(3):33-36.
- 6 周维维,李自成,吴宁.有源电力滤波器谐波及无功电流的一种检测方法.重庆大学学报:自然科学版,2000,23(1):53-55.
- 7 于志豪,刘志珍,徐文尚.基于电路模型和神经网络的谐波电流检测方法.电工技术学报,2004,19(9):86-89.
- 8 王群,谢品芳,吴宁,苏向丰.模拟电路实现的神经元自适应谐波电流检测方法.中国电机工程学报,1999,19(6):42-46.

(上接第 104 页)

#### 参考文献

- 1 李剑慧,马湘宁,朱传琪.动态二进制翻译与优化技术研究.计算机研究与发展,2007,44(1):161-168.
- 2 Mihocka D, Shwartsman S. Virtualization without Direct Execution or Jitting: Designing a Portable Virtual Machine Infrastructure. ISCA'08: Proc. of the 35th International Symposium on Computer Architecture. Beijing, China, 2008:55-70.
- 3 Bellard F. QEMU, a Fast and Portable Dynamic Translator. TEC'05: Proc. of the USENIX Annual Technical Conference 2005. Berkeley, CA, USA: USENIX Association, 2005:41-46.
- 4 Java SE Hotspot at a Glance. Oracle. [2010-11-08]. <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/index-jsp-136373.html>
- 5 Dalvik Virtual Machine. Google. [2010-11-08]. <http://www.dalvikvm.com/>