

基于 71M6515H 和双 CPU 的智能动态分相无功补偿控制器

张伟^{1,2}, 隋青美¹, 常天英¹, 张玲¹

(1. 山东大学控制科学与工程学院, 山东 济南 250061; 2. 青岛科技大学自动化与电子工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要: 为了改善电能质量, 设计了一种基于 71M6515H 和双 CPU 的智能动态分相无功补偿控制器, 利用 71M6515H 解决了系统测量精度问题, DSP 完成谐波的计算和电容的投切, 单片机完成键盘显示和通讯。文章详细阐述了控制器的硬件结构、控制策略和软件设计。控制器具有谐波分析功能, 避免了谐波含量较高时投切电容器时出现烧坏电容器的现象, 采用分相补偿技术, 保证在三相负载不平衡的情况下使线路的三相无功平衡。通过样机运行表明, 控制器具有测量参数精度高、系统配置灵活、稳定性好的特点, 满足了用户的需要。

关键词: 71M6515H; DSP; 无功补偿; 电力监测

Intelligent dynamic separated-phase reactive compensating controller based on 71M6515H and double CPU

ZHANG Wei^{1,2}, SUI Qing-mei¹, CHANG Tian-ying¹, ZHANG Ling¹

(1. School of Control Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China;

2. School of Automation and Electronic Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: In order to improve power quality, this paper designs an intelligent dynamic separated-phase reactive compensating controller based on 71M6515H and double CPU, explains the controller's hardware structure, control method and software design in detail. The 71M6515H is used to improve the controller's measure precision, and the DSP is used for harmonic analysis and switching capacitances and the single chip is used for controlling keyboard, LED display and communication. This controller has the function of harmonic analysis which can ensure burn out capacitor when cut-close it at high content harmonic. This controller also has the function of separated-phase compensation which ensures line reactive power equation when it has unbalanced load. This controller is of high measure precision, flexible composing and high stability from the test to reach the user purpose.

This project is supported by National Natural Science Foundation of Shandong Province(No.Z2006G06).

Key words: 71M6515H; DSP; reactive compensation; power monitoring

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)10-0056-03

0 引言

近年来, 随着现代工业的飞速发展, 电力系统中非线性用电设备, 尤其是电力电子装置应用的日益广泛, 电力系统中的谐波污染问题也越来越严重, 而大多数电力电子装置功率因数较低, 也给电网带来额外负担, 并影响了供电质量。因此提高功率因数和抑制谐波已成为电力电子技术和电力系统研究领域所面临的一个重大课题, 正在受到越来越多的关注^[1]。

作者以前研制的无功补偿器是用单片机来控制的, 其测量精度低、灵活性差, 由于没有谐波分析功能, 当电网中谐波含量较高时投切电容器容易烧

坏电容器, 并且由于没有采用分相补偿, 往往造成三相无功不平衡的现象。本文针对以上问题, 基于提高功率因数、改善电能质量的目的, 在充分调研的基础上, 利用 TDK 公司最新推出的 71M6515H^[2] 芯片研制出了基于 DSP 芯片和单片机的双 CPU 的智能动态分相无功补偿控制器。本文第一部分介绍了 71M6515H 的特点, 第二部分详细阐述了系统硬件结构和工作原理, 第三部分详细阐述电容器的投切控制策略, 第四部分详细阐述了软件设计。

1 71M6515H 芯片介绍

71M6515H 是 TDK 公司新推出的高精度电表芯片, 可以用于三相电路的各种常见参数测量。71M6515H 包含有 6 路模拟量输入的 21 位 A/D 转换器、温度补偿、输出结果高精度和宽动态范围的计

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目 (Z2006G06)

算单元等。具体来讲,主要有以下特点:

- (1) 六路传感器输入;
- (2) 提供 A/D 附加的模拟量输入;
- (3) 数字温度补偿器;
- (4) 测量电压、电流、有功功率、无功功率、视在功率;
- (5) 低抖动的测量脉冲输出;
- (6) UART 控制接口;
- (7) 8 个通用 I/O 口;
- (8) 为 DSP 提供的 5 MHz 或 10 MHz 可选择的高速同步串口输出;
- (9) 为报警和测量间隔完成提供中断;
- (10) 低电压、过电压和过电流报警;
- (11) 典型的 3.3 V, 耗电仅为 30 mW;
- (12) <0.1%Wh 精度高于 2000:1。

2 系统硬件结构和工作原理

2.1 系统设计要

用户根据需要对智能动态无功补偿控制器提出的具体技术要求主要有:

- (1) 数码显示:电压、功率因数,通过键盘可查看电流、功率;
- (2) 精度:电压为 0.5 级;电流、功率因数、功率、电能均为 1.0 级;
- (3) 可键盘设定、红外线或 GSM/GPRS 设定时钟和设定功率因数;
- (4) 谐波监视、分相投切、过电压保护(详见控制策略);
- (5) 断电后数据保持大于 72 h;
- (6) 使用条件:环境温度为-25~50℃。

2.2 系统结构和工作原理

根据以上技术要求, DSP 芯片选用 TMS320F206^[3], 单片机选用 AT89C52, 智能动态分相无功补偿控制器系统结构如图 1 所示。

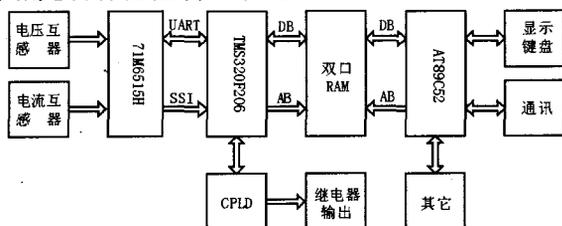


图 1 控制器结构图

Fig.1 Structure of controller

系统的工作原理是,三相电压、三相电流通过电压、电流互感器以及放大电路后产生符合条件的信号输入 71M6515H, 经其采样和计算后得到三相

电压、三相电流的采样值和常见的电参数。电参数通过异步串行口(UART)传给 DSP, 同时采样值通过高速同步串口(SS1)传给 DSP, 数据经 DSP 计算处理后得出并联电容器的投切方法, 并通过 CPLD 经继电器输出来投切电容器。同时 DSP 和单片机之间可以通过双口 RAM 来进行数据交换, DSP 把所有的参数传给单片机供显示、存储或通讯用, 而单片机把通过键盘或串口以及 GSM 设定的控制参数和指标经双口 RAM 传送给 DSP, DSP 再根据用户要求及时调整控制策略。

2.3 系统硬件组成

根据以上分析, 该智能动态分相无功补偿控制器的硬件主要包含以下几部分:

(1) 信号的变换: 信号的变换可以由电流、电压互感器和放大器来完成。71M6515H 对输入信号的要求是: 相对于 V3P3A 引脚来说, 电压的幅值为-250~250 mV。三相电压通过电压互感器以及运算放大器变换成符合要求的电压值; 而三相电流通过电流互感器运算放大器变换成符合要求的电压值。其中, 电阻值选择后必须要和芯片的校验值结合起来, 这样才能测出比较精确的值。

(2) 数据的采集和传送: 数据的采集利用 71M6515H 自身带有的高精度 A/D (其精度高达 21 位), 并且其计算单元还能计算出高精度的常用电参数(电压、电流、有功功率、无功功率、视在功率等)。当符合要求三相电压、三相电流输入 71M6515H 后, 首先是通过其内部的 A/D 转换器采样, 采样值传给计算单元进行计算, 同时采样值还存入 CE 寄存器里, 通过高速同步串口(SS1)把采样值传给 DSP 作谐波分析处理。71M6515H 通过其计算单元后得到的电压有效值、电流有效值、有功功率、无功功率、视在功率、相位差、频率等值通过其 UART 向 DSP 传送, 同时 DSP 对 71M6515H 寄存器的设置也通过 UART 来实现。

(3) 数据的处理和计算: 数据的处理和计算靠 TMS320F206 来实现, 它主要完成谐波的分析、数据处理、故障诊断、得出控制决策以及电容器的投切输出等。

(4) 并联电容器的投切: 在本系统中, 要求有 8 个基础组的继电器和每相 6 个的优先组的继电器共 26 个输出。而 TMS320F206 本身只有 3 个通用的 I/O, 其 I/O 数量远远满足不了要求, 所以必须进行 I/O 扩展。在这个系统中, 选用 CPLD 芯片 EPM7128SLC84^[4]来完成 I/O 扩展, 用 CPLD 的输出到继电器来完成并联电容器的投切。

(5) 人机接口: 由于 DSP 在人机接口方面的资源较少, 数据显示以及其他人机接口专门由 AT89C52 来完成, 它主要完成键盘、显示以及通讯等功能。这样, DSP 和单片机分工与合作, 充分发挥各自的优势。GSM/GPRS 通讯采用专用的模块。

(6) 其它部分: TMS320F206 和 AT89C52 之间的数据传输选用一个双端口 RAM 芯片 CY7C136 来完成; 系统复位电路由看门狗芯片 DS1232 完成; 系统掉电数据保持由 DS1230 完成; 要求记录数据时的时间信息由 DS12887 实时时钟 / 日历芯片提供。

3 控制策略

本控制器采用的控制策略如下:

(1) 投切门限: 当 $\cos\phi < \cos\phi_{\text{设}}$ 时投入, 当 $\cos\phi > -\cos\phi_{\text{设}}$ 时切除;

(2) 延时 (响应时间): 优先投切组 0.1 s, 基础投切组 1~99 s, 均可设定;

(3) 投切器件投切动作时间: 优先投切组 5 s, 基础投切组 30 s;

(4) 过电压保护: 当电压 $\geq 1.07U_N$ 时停止投入; 当电压 $> 1.12U_N$ 时切除;

(5) 谐波监视: 当电压谐波大于 15% 时停止投入电容, 并切除电容 (3, 5, 7, 9 次谐波);

(6) 灵敏度为电流 $< 0.2 A$, 动作回差为 12 V;

(7) 环投切: 优先组和基础组循环投切;

(8) 控制方法: 优先投切组分为 A 相是 $A_0 \sim A_5$; B 相是 $B_0 \sim B_5$; C 相是 $C_0 \sim C_5$; 基础投切组分为 $D_0 \sim D_7$ 。当 $\cos\phi < \cos\phi_{\text{设}}$ 时, 单相先投入, 但 $A+B+C > 12$ 时, D 投入; 当 $\cos\phi > -\cos\phi_{\text{设}}$ 时, 单相先切除, 但 $A+B+C < 6$ 时, D 切除。

4 软件设计

软件采用 C 语言编写, 包含 DSP 部分程序和单片机部分程序, DSP 部分是主要的, 故这里只介绍 DSP 部分的软件设计, 其程序流程图如图 2 所示。程序开始后首先进行初始化和自检, 初始化除了 DSP 本身的初始化外, 还包含对 71M6515H 等设备的初始化。对 71M6515H 的初始化主要是一些寄存器的设置, 包含 SSI 参数的设置、校正参数的设置等。然后进行键盘扫描和系统参数设定扫描, 然后从 71M6515H 读取电压、电流、有功功率、无功功率、视在功率等数据和实时采样值, 并计算谐波含量和进行数据处理。最后根据计算结果来做出决策并经继电器输出来投切电容器。

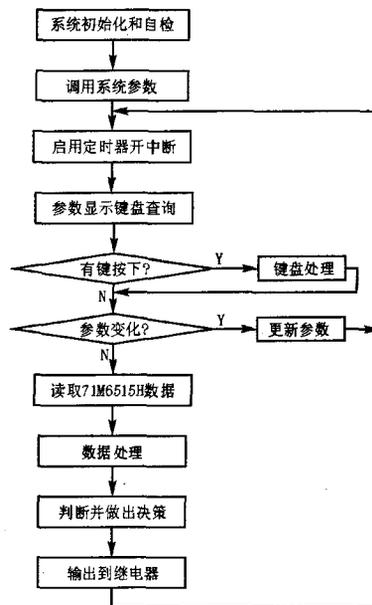


图 2 DSP 部分主程序流程图

Fig.2 Main program flow chat of DSP part

5 结束语

本智能动态分相无功补偿控制器采用了 71M6515H 芯片, 克服了定点 DSP 计算出的数据精度低的问题, 得到了较高的常用电参数。采用了 DSP 和单片机的双 CPU 控制, 具有谐波分析功能, 避免了谐波含量较高时投切电容器时出现的烧坏现象, 使系统更加完善。本系统还采用分相补偿技术, 保证在三相不平衡负载的情况下使线路的三相无功平衡, 达到改善电能质量、降低电能损耗的目的。通过样机近一年的运行表明, 该控制器具有测量参数精度高、系统配置灵活、稳定性好的特点, 能快速补偿系统无功, 使功率因数保持在较高水平, 很好地改善了供电质量, 提高了供电系统的经济效益, 运行效果良好, 基本达到了用户的设计要求。

参考文献

- [1] 王兆安, 杨军, 刘进军. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
WANG Zhao-an, YANG Jun, LIU Jin-jun. Harmonic Restrain and Reactive Power Compensation[M]. Beijing: China Machine Press, 2002.
- [2] TDK 71M6515H Power Meter IC Preliminary Datasheet[M]. TDK Semiconductor Corporation, 2005.
- [3] 李刚, 林凌, 叶文宇. TMS320F206 DSP 结构、原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
LI Gang, LIN Ling, YE Wen-yu. Structure, Principle and Application of TMS320F206 DSP[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2002.

(下转第 63 页 continued on page 63)

base 数据库,从工具栏中调出 Case Schema Creation 工具,根据向导提示导入 XMI 文件,就可以生成一个包含要素类、数据集、几何网络的数据库框架,如图 5 所示。对于这些要素类和数据集可以设置其空间参考坐标系统和几何类型等,完成这些设置后,就生成了一个完整的配电 GIS 数据库。以后如果对这个配电 GIS 模型有所改动只要重新执行 4-5 步即可完成整个数据库的重新生成,方便简单。

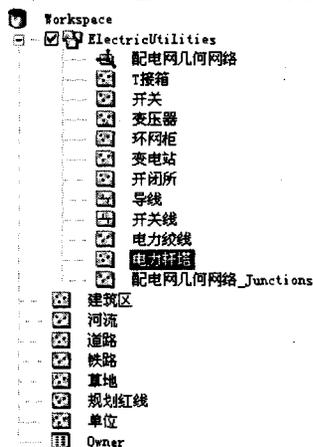


图 5 配电 GIS 数据库整体结构

Fig.5 Database structure of distribution network

4 结论

配电网结构复杂,设备繁多,采用的数据模型将会直接影响到系统的拓扑分析及其它高级功能。本文研究了配电 GIS 的整体数据结构,在 Geodatabase 数据模型基础上利用 UML 静态模型图和 Case 工具创建配电 GIS 数据库,取得了不错的效果。这种设计方法便于改动,对于修改数据模型比传统的方法简便;由于采用了 UML 静态模型图,对配电网数据库的描述比传统的方法直观,易于掌握整个数据库的构架;用 Geodatabase 中的几何网络模型可以比较好的对配电网进行模拟,而且在网络分析时可以提高搜索速度。从实际的项目效果来

看,这种配电 GIS 模型和设计方法值得推广。

参考文献

- [1] 孙才新,周濂,刘理峰,等. 电力地理信息系统及其在配电网中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003. SUN Cai-xin, ZHOU Qian, LIU Li-feng, et al. Power GeoGraphical Information System and Application for Distribution Network[M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [2] 罗智勇,刘湘南. 基于 Geodatabase 模型的空间数据库设计方法[J]. 地球信息科学, 2004, 6 (4): 105-109. LUO Zhi-yong, LIU Xiang-nan. Spatial Database Design and Realization Based on Geodatabase[J]. Geo-Information Science, 2004, 6 (4): 105-109.
- [3] 覃如府,许惠平,欧少佳,等. 基于 GeoDatabase 的中国岩石圈三维结构数据库设计[J]. 地球学报, 2005, 26 (6): 581-586. QIN Ru-fu, XU Hui-ping, OU Shao-jia, et al. The Design of Chinese Lithosphere 3D Structure Database on the Basis of GeoDatabase[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2005, 26 (6): 581-586.
- [4] Michael Zeiler. Modeling Our World[M]. ESRI Press, 2000.
- [5] 宋雪丽,邵永社,李晶. Geodatabase 数据模型在配电设备管理中的应用[J]. 测绘学院学报, 2004, 21 (2): 131-133. SONG Xue-li, SHAO Yong-she, LI Jing. The Data Model and Application of Geodatabase in the Assembling Electric Power Facility[J]. Journal of Institute of Surveying and Mapping, 2004, 21 (2): 131-133.
- [6] Booth B, Crosier S, Clark J, et al. Building a Geodatabase[M]. ESRI Press, 2000.

收稿日期: 2006-11-28 收稿日期: 2006-12-14

作者简介:

冯晓良(1982-),男,硕士研究生,研究方向为基于地理信息系统的配电管理信息系统; e-mail: yaobao511@163.com

徐学军(1964-),男,硕士生导师,研究方向为配电 GIS,数字流域,等;

胡森(1979-),男,硕士研究生,研究方向为配电自动化。

(上接第 58 页 continued from page 58)

- [4] 周立功,夏宇文. 单片机与 CPLD 综合运用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003. ZHOU Li-gong, XIA Yu-wen. Comprehensive Application Technique of Single Chip and CPLD[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2003.

作者简介:

张伟(1975-),男,讲师,博士研究生,研究方向为控制理论与控制工程; E-mail: zwqd2008@163.com

隋青美(1963-),女,教授,博士生导师,研究方向为新型检测技术,计算机集散控制系统及其应用;

常天英(1981-),女,博士研究生,研究方向为检测技术与自动化装置。

收稿日期: 2006-12-26 收稿日期: 2007-01-16