

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.02.025

三通道分布式电能质量检测系统研究*

柳英杰, 胥 芳, 潘国兵*

(浙江工业大学 特种装备制造与先进加工技术教育部重点实验室, 浙江 杭州 310014)

摘要: 为了解决在线分布式微网系统的电能质量实时检测和组网复杂的问题,对电能质量检测系统的硬件和软件结构进行了详细地分析,设计了一种三通道分布式电能质量检测装置。该装置可以监测微网系统各个节点的三相电压、三相电流、电网频率、功率因数、有功功率、无功功率、谐波和三相不平衡度等基本电能质量参数,并且可以通过串口将数据上传至上位机以进行数据的存储。最后,将该装置测试的结果与FLUKE5000测试结果进行了比较。测试结果表明,该系统能够满足电能质量参数检测系统的要求,从而验证了该装置的有效性与实用性。

关键词: 电能质量检测; 微网; 三通道; 在线分布式

中图分类号: TM932 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2014)02-0244-05

Three channel distributed power quality detection system

LIU Ying-jie, XU Fang, PAN Guo-bing

(The MOE Key Laboratory of Special Purpose Equipment and Advanced Machining Technology,
Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: In order to solve the problem of detecting power quality in real-time and the complexity of networking in the system of online distributed micro-grid, after the detailed analysis of the hardware and soft structure of the power quality detection system, a three channel distributed power quality detection device was designed. Micro-grid system nodes' three-phase voltages, three-phase currents, system frequency, power factor, active power, reactive power, harmonics of power system, three-phase imbalance and other basic power quality parameters can be monitored in real time, and the data can be uploaded to a host computer to display and storage through serial communication. Finally, the results between this device and the one with FLUKE5000 were compared. The test results indicate that the system can meet the requirement of designation for the power quality detection system, which can verify the effectiveness and practicality of the device.

Key words: power quality detection; micro-grid; three channel; online distributed

0 引 言

由于分布式微网系统能够实现分布式电源的大规模接入和灵活的控制,从而提高了分布式电源的应用价值。微网技术当前正得到了广泛的发展和运用,然而微网系统大量使用电力电子设备而产生谐波,同

时大量的非线性负荷使系统电压畸变,产生三相不平衡等电能劣化问题。保障基本电能质量是微网系统安全应用的前提之一。解决电能质量问题的前提是能够对电能质量进行全面、实时、准确地检测,以提供整改方案、加强防范措施^[1-3],从而保护电力系统的安全、可靠、经济运行。微网电能质量正朝着在线监测、实时分析、网络化和智能化的方向发展^[4]。

收稿日期: 2013-09-09

基金项目: 国家高技术研究发展计划("863"计划)资助项目(SS2013AA050405);浙江省国际科技合作项目(2012C24001);浙江工业大学校级自然科学基金重点项目(2011XZ002)

作者简介: 柳英杰(1987-),男,湖北咸宁人,主要从事分布式微网电能质量方面的研究. E-mail: 306226585@qq.com

通信联系人: 潘国兵,男,工学博士,副教授. E-mail: gbpan@zjut.edu.cn

目前,各国研发的电能质量分析装置种类繁多,按电能质量监测的方式,电能质量的监测仪器可分为手持式、便携式、远程式3种。手持式产品有美国FLUKE公司生产的F43手持式电能质量分析仪,Reliable Power Meter品牌的电能质量记录仪以及澳大利亚红相公司的PM30系列。而现在市场的手持式和便携式电能质量监测仪二者都只能对某一固定监测点进行测量,对微网系统及整个电能质量的分析显得无能为力,都不适用于远程监测和多点监测,特别是对数据的实时性缺乏自动化^[5-6]。虽然现在已有点对点的单通道的在线实时的分布式电能检测装置,例如文献[7-12]中提到的基于STM32的电能质量检测装置、基于PIC的电能检测装置、基于DSP的电能检测装置和基于51单片机的电能装置,但是它们所能测试的参数有限,并且它们都只适用于点对点的单通道,组网时结构显得较于复杂,不利于管理。由此可见,设计一种高性能多通道的电能质量监视装置是十分必要的。

本研究设计一种适用于微网系统的三通道电能质量检测系统,用于检测微网系统内各个分布式节点的电能质量参数检测,同时集成电能计量的功能,具有组网灵活方便、检测实时在线的优点。

1 系统的分析与设计

1.1 系统的架构的设计

该系统主要由监控中心、电能质量检测终端、电压电流传感系统、现场总线通信系统组成,系统方案设计框图如图1所示。

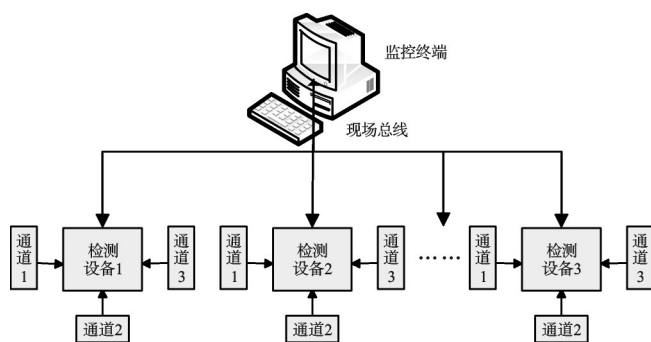


图1 系统方案设计框图

一个电能质量检测设备负责3个通道的电能质量参数的采集,多个设备将多个通道采集的数据通过现场总线传送给监控中心,监控中心负责数据的通信和实时的显示。该系统具有设计结构简单、安装方便、成本低、可靠性高等优点,适合用于光伏微网的在线分布式测量,具有较高的应用价值。

1.2 硬件的设计

每个电能质量的检测终端设备主要由主控单元、3个电能质量采样和分析模块、三相电压/电流阵列模块和电源模块、LCD模块、SD卡模块组成。电能质量采样和分析模块包括电压/电流的采样电路、信号的调理电路和电能质量采集芯片,其硬件的框图如图2所示。

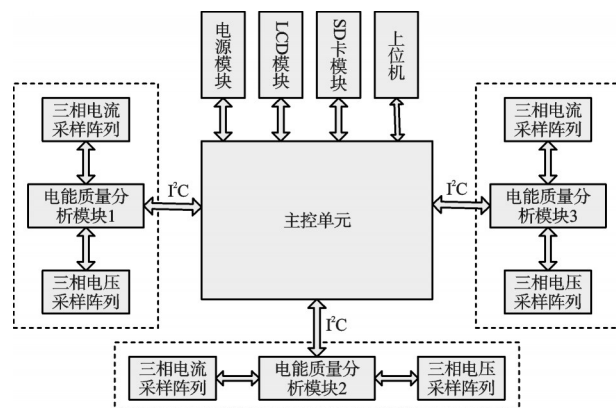


图2 硬件结构框图

在进行三通道的电能质量的硬件设计的过程中,主要的难点在于主控单元与电能质量采集分析模块进行I²C通信时,所要的ADI公司的采样芯片的I²C的地址是固定的,无法通过软件进行设定,因此无法利用一个主控单元的I²C端口来对3个通道进行控制。本研究采取的策略是利用主控的两个自带的I²C端口和一个模拟的I²C端口来分别进行通信控制。具体的实现过程如下:首先3个电能质量分析模块分别进行电能质量参数采样。然后主控单元通过I²C总线来轮流循环的对3个通道的采样数据进行读取,以便保证数据的实时性,最后用现场总线将数据发送至上位机进行显示与存储或是传给LCD模块显示和传给SD卡进行存储。该检测设备具有如下的功能:对三相电压/电流实时测量,实时计算电压有效值、电流有效值、电压/电流峰值和三相不平衡度、有功功率、无功功率、视在功率、频率以及谐波分析。

1.3 硬件驱动程序的设计

硬件的驱动程序使用模块化设计,软件的程序采用C语言设计,开发环境为MPLAP集成环境,MPLAP是综合的编辑器、项目管理器和设计平台,适合于使用Microchip的PICmicro系列单片机进行嵌入式设计的应用开发。程序主要包括主模块、I²C通信模块、串口通行模块、LCD驱动程序模块、SD卡驱动程序模块、数据格式化模块和CRC数据校验模块等。主要实现的功能如下:从采样芯片的寄存器中通过I²C总线读取如下的电能质量参数:A/D转换值、电压和电流

有效值、有功功率、无功功率、功率因数、电压和电流的峰值、谐波的电压电流有效值、电网的频率,并对读取的数据进行打包和格式化。驱动程序的流程图如图3所示。

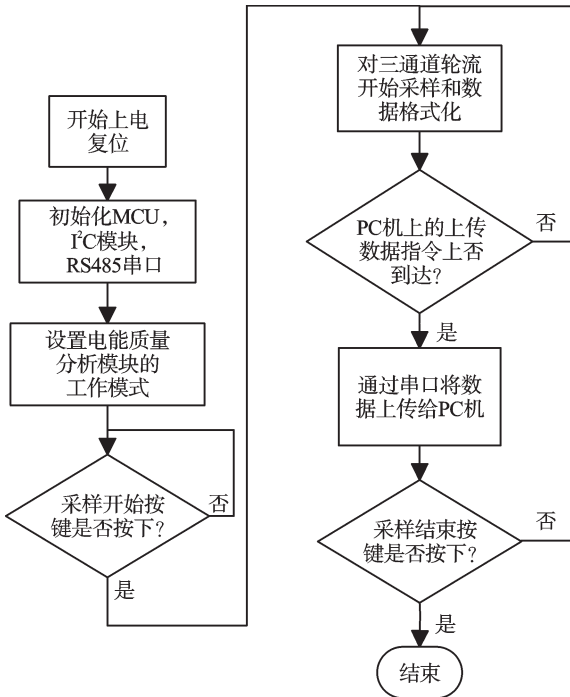


图3 驱动程序流程图

1.4 上位机软件的设计

上位机采用面向对象的软件方式设计,采用VC来进行编程。并使用SQL Server作为数据库用以保持历史数据。上位机主要实现的功能包括如下功能:

- (1) 实现网络通信;
- (2) 实现电能质量参数数据采集;
- (3) 进行电能质量参数数据的计算;
- (4) 利用数据库来实现数据的存储;
- (5) 人机交互界面实现数据的显示。

2 实验与分析

2.1 系统的实现

该系统使用PIC18F46K22的高端8位机作为主控单元,使用ADI公司的ADE7880芯片作为电能质量分析模块,采用RS485现场总线作为电能质量模块与上位机的通信总线,实验所用的负载为三相异步电动机。

2.2 实验环境

为了进行分布式在线实时的电能质量的检测实验,本研究设计了三通道的电能质量检测平台。实验平台的整体图如图4所示:所设计的三通道电能质量装置中,两个电机提供3个通道的实验负载,福禄克质量测试仪作为标准用于与该装置测试的结果进行比

较,上位机进行数据的显示与存储。由于在做实验时实验者只用了两个电机作为负载,该实验分两次进行,每次测试两个通道。



图4 实验平台的整体图

2.3 实验数据的分析

由于实验所测量的参数较多,本研究选取几个重要的电能质量参数(电压有效值、电流有效值、有功功率、电网的频率和电压的谐波值)来进行测试的结果的分析与比较。本研究选取了上述参数20次测量的结果来进行分析与比较。由图5~7可知,该装置测得的三相

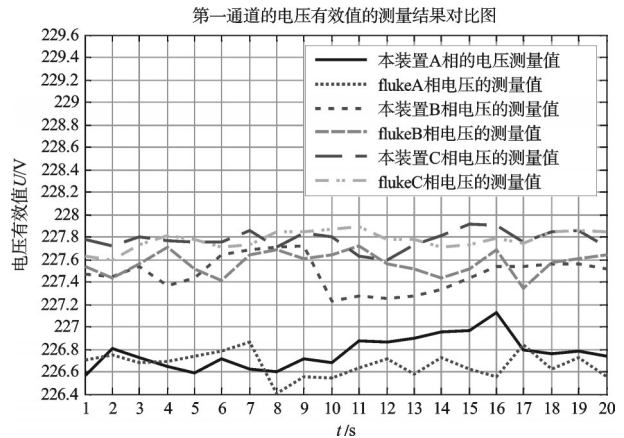


图5 电压有效值测量结果的对比图

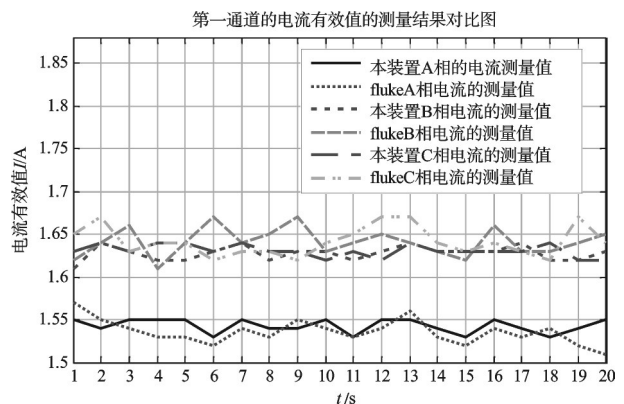


图6 电流有效值测量结果的对比图

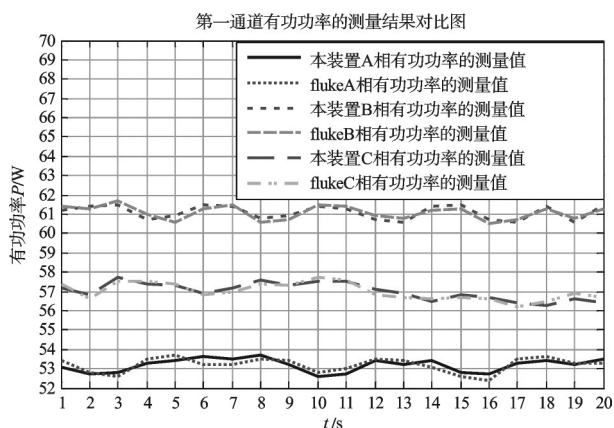


图7 有功功率测量结果的对比图

电压有效值、电流有效值和有功功率与 fluke 测试的结果基本吻合。从图5可看出A相电压有效值变化范围为226.57 V~227.81 V, B相的为227.37 V~227.71 V, C相的为227.59 V~227.92 V, 三相的电压最大波动误差不得超过0.5 V, 与fluke所测得的结果相比较, 其误差不超过0.44 V。从图6可看出电流有效值的测量值A相变化范围为1.53 A~1.55 A波动, B相的为1.61 A~1.64 A, C相的为1.62 A~1.64 A, 三相的电流最大波动误差为0.03 A, 与fluke所测得的结果相比较, 其误差不超过0.06 A。从图7可看出A相的有功功率变化范围为52.6 W~53.6 W, B相的为60.6 W~61.5 W, C相的为56.3 W~57.7 W, 三相的有功功率最大的波动误差不得超过1.5 W, 与fluke所测得的结果比较, 其误差不超过1 W。由此可知该装置所测试的结果数据波动小数据较于稳定, 并且与fluke做比较其误差相当小, 验证

了该装置设计的准确性和有效性。

本研究是通过过零点的硬件方法测量周期从而来确定频率的。频率测量结果的对比图如图8所示, 从图8中可以看出该装置与fluke所测得的A、B、C相电网频率非常接近, 误差较小。A相所测得的电网频率的范围为49.99 Hz~50.02 Hz, B相的为49.99 Hz~50.01 Hz, C相的为49.99 Hz~50.02 Hz。三相的电网频率波动误差最大为0.03 Hz。与fluke所测得的结果相比较其误差不超过0.03 Hz, 其测量的精度较高, 误差在电能质量设备要求允许的范围之内, 说明该方法测量的有效性和准确性。

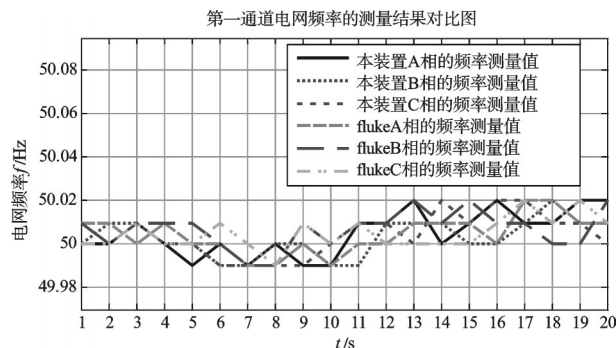


图8 频率测量结果的对比图

该装置最多可测量到51次谐波, 1~31次谐波所测量的值如表1所示, 从表1中可以看出, 本装置所测量的三相的电压的基波值, 与fluke所测得的结果相比较其误差分别为:0.06 V, 0.13 V, 0.06 V, 其误差相对很小, 精度较高。3~31次三相谐波的最大的测量误差分别为0.18 V, 0.11 V, 0.08 V。虽然3次以后的谐波

表1 第一通道电压谐波测量值的比较表(单位:V)

谐波的次数	该装置测量的电压谐波值			fluke测量的电压谐波值		
	A	B	C	A	B	C
1	226.21	226.45	226.78	226.27	226.58	226.84
3	3.01	2.13	2.53	2.83	2.34	2.61
5	0.63	0.21	0.43	0.57	0.32	0.43
7	0.21	0.16	0.18	0.18	0.20	0.12
9	0.08	0.05	0.10	0.06	0.04	0.07
11	0.02	0.03	0.09	0.03	0.03	0.04
13	0.03	0	0.07	0.05	0.01	0.06
15	0.01	0.01	0.05	0.02	0.03	0.01
17	0	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
19	0.01	0.01	0.03	0	0.02	0.01
21	0.02	0	0.01	0.01	0.01	0
23	0.03	0	0	0.02	0	0.01
25	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01
27	0.01	0.02	0	0.01	0.02	0
29	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01
31	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0

的绝对误差较小,但是其相对误差较大,一方面是由于高次谐波本身的值比较小,另一方面由于系统测定的分辨率有限所造成的,但是其测得的结果还是在允许接受的误差范围内的。

3 结束语

为了解决在线分布式微网电能质量检测的问题,本研究设计了具有三通道在线和实时监测的电能质量检测装置,该装置具有精度高、实时性好、成本低、便于组网等特点,还能同时进行三通道的电能质量检测,对了解光伏微网的电能质量及实现电能的控制和保护提供了重要的依据,将其测试的结果与福禄克的测试结果做了比较与分析,结果表明其误差较小,达到了较好的预期效果,验证了设计的合理性和设备的可用性。

参考文献(References):

- [1] 邓少军,张振川. 电能质量监测设备的发展[J]. 电测与仪表,2005(5):7-9.
- [2] 刘翔,李开成. 一种新型电能质量分析仪的研究[J]. 仪器仪表学报,2006,27(6):1489-1490.
- [3] 逯培兵,栗时平,刘桂英,等. 一种基于嵌入式技术的新型电能质量检测装置[J]. 电力科学与技术学报,2007,22

- (4):60-67.
- [4] 卢海南,董超,赵录怀. 电能质量监测的发展趋势与新型电能质量监测仪的研制[J]. 仪器仪表用户,2004,11(2):19-20.
- [5] 文旭. 基于GPRS的电能质量监测系统的设计[D]. 成都:西华大学电气信息学院,2008.
- [6] 张宗华. 电能质量监测系统的设计[J]. 工矿自动化,2013(2):111-114.
- [7] 郑一维,李长俊,吴讯驰,等. 基于STM32的电能质量检测技术研究[J]. 国外电子测量技术,2011,30(6):72-74.
- [8] LU P, SU S, LIU G, et al. A New Power Quality Detection Device based on Embedded Technique[C]//Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2008. Third International Conference on. Nanjing [s.n.], 2008:1635-1640.
- [9] HUANG C H, LIN C H, KUO C L. Chaos synchronization-based detector for power quality disturbances classification in a power system[J]. **Power Delivery, IEEE Transactions on**, 2011,26(2):944-953.
- [10] 张雅洁. 基于PIC单片机的电能质量检测仪[D]. 合肥:安徽理工大学电气工程系,2009.
- [11] 刘永,于练. 基于MC68HC908MR单片机的变频空调控制器的研究[J]. 流体机械,2012,40(12):80-84.
- [12] 李志宇,余洋,刁庶. 基于51单片机的电能质量检测仪的设计[J]. 中国质量,2010(1):91-93.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

柳英杰,胥芳,潘国兵. 三通道分布式电能质量检测系统研究[J]. 机电工程,2014,31(2):244-248.

LIU Ying-jie, XU Fang, PAN Guo-bing. Three channel distributed power quality detection system[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(2):244-248.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第223页)

参考文献(References):

- [1] 曾孔庚,王宏庆,丁原彦. 高速机器人搬运码垛系统构成及技术特点[J]. 机器人技术及应用,2001(4):39-41.
- [2] 曹彤,俞超,孙杏初. 电视机搬运码垛机器人应用研究[J]. 机械设计与制造,2002(2):44-45.
- [3] 熊有伦. 机器人学[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
- [4] 李成伟,朱秀丽,俞超. 码垛机器人机构设计与控制系统研究[J]. 机电工程,2008,25(12):81-84.
- [5] 张丰华,韩宝玲,罗庆生,等. 基于PLC的新型工业码垛机器人控制系统设计[J]. 计算机测量与控制,2009(11):2191-2196.
- [6] 刘磊,盛小明,秦佳. 冲床送料机械手的PLC控制系统设计[J]. 机械,2013,40(S1):81-83.

- [7] 张有良,徐强,常晓煜,等. 码垛机械手运动轨迹的研究[J]. 包装与食品机械,2011(3):20-23.
- [8] 王晶,黄斌,陈俊华. 基于PLC的图书馆作业型机器人工作系统[J]. 机床与液压,2005(10):160-162.
- [9] 周永志,袁少帅. PLC实现机器人的自动控制[J]. 机电一体化,2010(1):68-70.
- [10] 崔鹏. 基于ROBCAD的焊装线三维建模、仿真与评价方法研究[D]. 合肥:合肥工业大学机械与汽车工程学院,2009.
- [11] 薛红军,任雅广,刘振宇,等. 基于UG二次开发的工业机器人作业仿真系统设计[J]. 机电工程,2010,27(6):52-54.
- [12] 刘永,徐越兰,王克鸿,等. 锅炉焊接机器人离线编程系统[J]. 焊接学报,2004,25(3):52-56.

[编辑:李辉]