

文章编号:1671-251X(2016)08-0080-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.08.020

李金喜,陈继永.基于LabVIEW的煤矿电压质量在线监测系统的设计[J].工矿自动化,2016,42(8):80-84.

基于 LabVIEW 的煤矿电压质量在线监测系统的设计

李金喜¹, 陈继永²

(1. 江苏工程职业技术学院 航空工程学院, 江苏 南通 221006;

2. 江苏工程职业技术学院 机电工程学院, 江苏 南通 221006)

摘要:针对煤矿电网日益严峻的供电质量问题,采用信号调理电路、数据采集卡及 LabVIEW 虚拟仪器技术设计了一套煤矿电压质量在线监测系统。仿真及测试表明,该系统实现了井下电源电压质量的在线监测,具有实时显示波形,测量电压、频率、谐波、三相电压不平衡度、电压波动与闪变等指标参数,保存并分析采集数据等功能,测量准确,可靠性高,具有一定的实用性。

关键词:煤矿电网;电压质量;在线监测;三相电压不平衡度;电压波动与闪变;信号调理;LabVIEW
中图分类号:TD608 文献标志码:A 网络出版时间:2016-08-03 10:09

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160803.1009.020.html>

Design of online monitoring system of coal mine voltage quality based on LabVIEW

LI Jinxi¹, CHEN Jiyong²

(1. School of Aviation Engineering, Jiangsu College of Engineering and Technology, Nantong 221006, China; 2. School of Mechatronic Engineering, Jiangsu College of Engineering and Technology, Nantong 221006, China)

Abstract: In view of increasingly serious problem of power supply quality of coal mine power grid, an online monitoring system of coal mine voltage quality was designed by use of signal processing circuit, data acquisition unit and technology of virtual instrument of LabVIEW. Simulation and test results show that the system realizes online monitoring of power supply voltage quality of underground power grid, has functions of wave display in real time, measurement of parameters of voltage, frequency, harmonics, three-phase voltage unbalance factor, voltage fluctuation and flicker, data storage and data analysis, and is good in measurement accuracy and high in reliability with practice.

Key words: coal mine power grid; voltage quality; online monitoring; three-phase voltage unbalance factor; voltage fluctuation and flicker; signal processing; LabVIEW

0 引言

随着电力技术的发展,大量的电力电子变流装置和大容量非线性设备被引入煤矿供电系统,严重影响了煤矿电网的电能质量;同时,越来越多敏感的电力设备对供电质量提出了更严格的要求。这两者的矛盾使得电能质量问题受到愈来愈多人的关注。只有对煤矿电能质量进行有效监测和控制,才能有

效解决上述问题,保证电力系统的有效运行和供电质量^[1]。随着电能质量研究的发展,电力监测装置已经从模拟式仪表、数字式仪表、智能仪器发展到虚拟仪器阶段。虚拟仪器以计算机为核心,通过计算机实现各种仪器功能,将仪器系统和计算机技术结合在一起^[2-3]。利用虚拟仪器思想建立测控系统已成为现代测控系统的发展方向。因此,建立基于虚拟仪器的煤矿电能质量在线监测系统将是电力监控

收稿日期:2016-04-12;修回日期:2016-05-26;责任编辑:徐瑛。

基金项目:南通市科技计划项目(CP22014001)。

作者简介:李金喜(1981—),男,江苏铜山人,讲师,硕士,主要研究方向为测控技术,E-mail:80727107@qq.com。

仪器的发展趋势。本文设计了基于LabVIEW的煤矿电压质量在线监测系统。

1 系统总体设计方案

基于LabVIEW的煤矿电压质量在线监测系统以计算机为核心,通过信号调理电路和数据采集卡等硬件电路将被测信号传输到计算机中,利用LabVIEW软件编写的监测软件对采集到的数据进行相应的显示、处理、分析、保存^[4-5]。系统总体设计如图1所示。

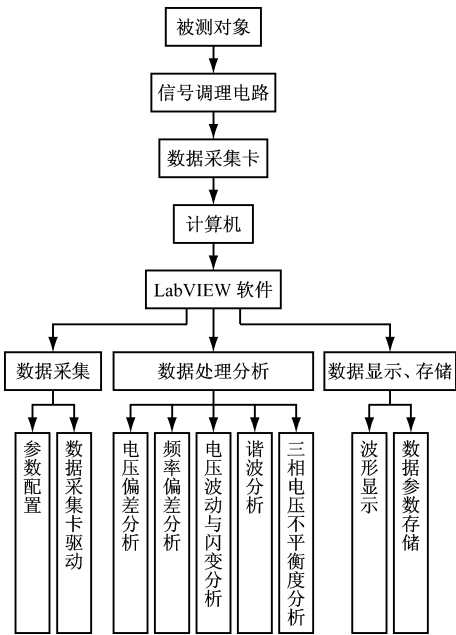


图1 基于LabVIEW的煤矿电压质量在线监测系统总体设计

2 系统硬件设计

基于LabVIEW的煤矿电压质量在线监测系统硬件主要完成数据采集任务,由信号调理电路和数据采集卡组成。数据采集卡可将连续的模拟信号转换成离散的数字信号后传输到计算机,供监测系统软件进行数据分析处理。

信号调理电路以SPT204A(0.1级)微型电流型电压互感器为核心,配合其外围应用电路实现信号的量程变换与强弱电隔离。SPT204A额定输入、输出电流均为2 mA,其测量精度高、无漂移、耐冲击性强,完全能满足测量要求^[6]。信号调理电路如图2所示。

数据采集卡采用PCI-9812,该卡为4通道12位20 MSample/s、同步采样、模拟输入数据采集卡。其硬件可编程输入范围为 $\pm 1, \pm 5$ V,输入阻抗为50 Ω 、1.25 k Ω 及15 M Ω 。板载32 kB采样点FIFO缓冲器,避免采样时的数据丢失。板卡采用DMA

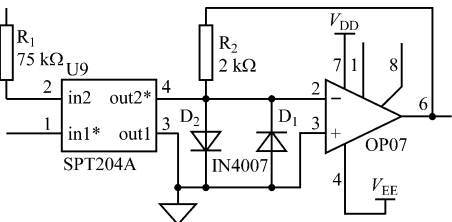


图2 信号调理电路

总线控制方式,加快了数据的传输速率,同时拥有软触发、预触发、中间触发、后触发、延时触发等多种触发方式,扩展了高速数据采集卡的应用范围。数据采集卡内部结构如图3所示。

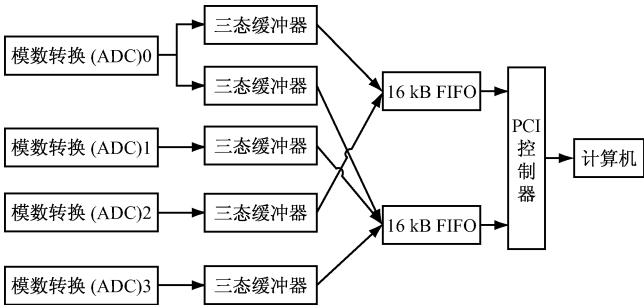


图3 数据采集卡内部结构

3 系统软件设计

基于LabVIEW的煤矿电压质量在线监测系统软件主要完成对数据采集卡的配置,输入信号的还原、滤波,波形显示、存储,电压质量参数分析等功能,并可进行系统仿真与离线分析。系统软件设计流程如图4所示。

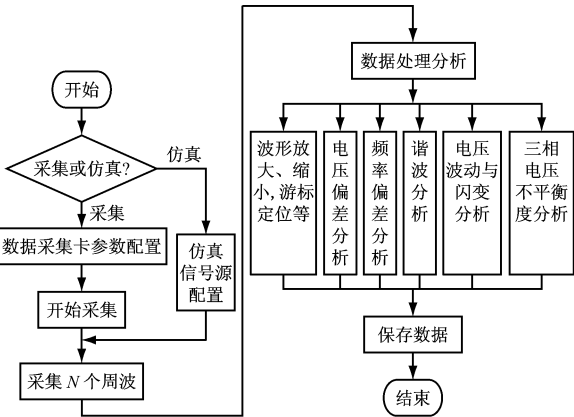


图4 系统软件设计流程

3.1 数据采集卡参数配置与驱动

因为系统采用的数据采集卡不是NI公司的,所以,在进行设备驱动及数据采集卡参数配置时,需调用第三方的管理配置软件和驱动程序^[7]。鉴于LabVIEW的强大兼容性,采用DAQ pilot和DAQ master软件完成设备自检、重启,建立数据采集通道,配置采样率、通道数、缓存块、采样分辨率等。

3.2 仿真信号源配置

为扩展系统功能、提高系统实用性、方便程序功能展示,系统模拟了含有 13 次谐波及高斯噪声的三相电源系统,用以产生电压波形,如图 5 所示。通过对信号源中各参数的设置,可模拟产生特定的波形,利用监测系统可分析仿真信号源的电压质量。

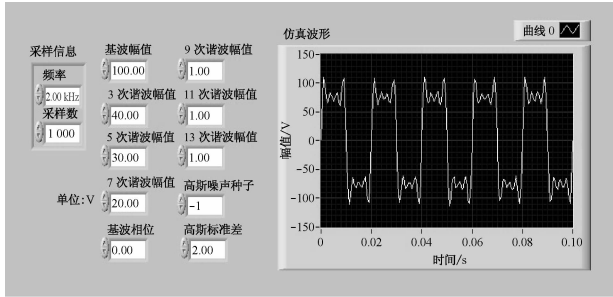


图 5 仿真信号源前面板(单相)

3.3 电压、频率偏差测量

电压偏差和频率偏差是电力监测中最主要的测量参数,针对这 2 个参数有许多不同的测量方法。

供电电压偏差是指在系统正常运行情况下,供电点处实际运行电压对系统标称电压的偏差相对值,以百分数表示。其计算表达式为

$$\delta U = \frac{U_{re} - U_n}{U_n} \times 100\% \quad (1)$$

式中: δU 为供电电压偏差; U_{re} 为电压测量值,V; U_n 为系统标称电压,V。

采用有效值定义法的离散计算公式(均匀采样条件)测量电压有效值:

$$U \approx \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} U_k^2} \quad (2)$$

式中: U 为电压有效值,V; U_k 为电压有效值的离散值,V。

在电网正常运行情况下,电力系统的频率偏差是指系统频率的实际值与标称值之差,其计算公式为

$$\delta f = f_{re} - f_n \quad (3)$$

式中: δf 为频率偏差,Hz; f_{re} 为实际频率,Hz; f_n 为系统标称频率,Hz。

目前主要的系统频率测量方法有解析法、周期法及其改进算法、傅里叶变换法和误差最小化原理类算法。本系统直接调用 LabVIEW 软件自带的频率模块完成系统的频率测量。单相电压、频率偏差测量程序如图 6 所示。

3.4 谐波分析

对于谐波问题的分析,LabVIEW 提供了多种函数模块^[8]:FFT 变换幅值-相位谱函数,FFT 变换实部-虚部函数,小波变换函数及 Mathscript 节

点函数等。谐波分析程序采用了 LabVIEW 内建的谐波分析模块及 FFT 幅值-相位谱函数,通过与加窗函数结合,有效地减少了 FFT 变换的频谱泄漏问题与栅栏效应,得到基波频率、各次谐波幅值和总的谐波畸变率、频谱图等谐波参量。谐波分析程序流程如图 7 所示。

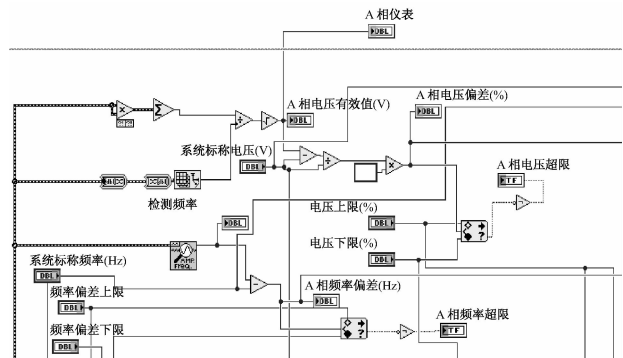


图 6 单相电压、频率偏差测量程序

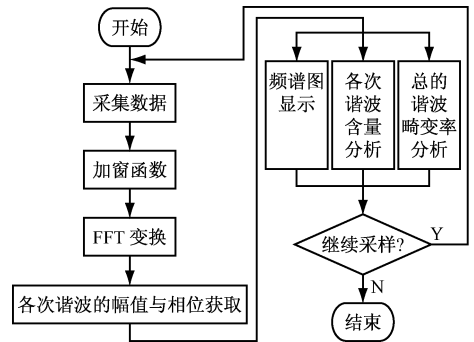


图 7 谐波分析程序流程

3.5 三相电压不平衡度测量

三相电压不平衡度是指电力系统三相电压的不平衡程度。对三相电压不平衡度的测量,一般是按照对称分量法来获取三相中的正序、负序、零序分量,然后按照相应的计算公式推导不平衡度。对于不含有零序分量的电力系统,可利用电能质量标准中的三相电压不平衡度计算公式来求取,通过前期的信号处理提取出基频分量,代入式(4),即可求解出三相电压不平衡度。

$$\epsilon = \frac{\sqrt{1 - \sqrt{3 - 6L}}}{\sqrt{1 - \sqrt{3 + 6L}}} \times 100\% \quad (4)$$

其中:

$$L = \frac{U_a^4 + U_b^4 + U_c^4}{(U_a^2 + U_b^2 + U_c^2)^2} \quad (5)$$

式中 U_a, U_b, U_c 分别表示三相电压,V。

三相电压不平衡度测量程序流程如图 8 所示。

3.6 电压波动与闪变测量

电压波动是指一系列电压波动或工频电压包络线的周期变化。电压波动值为电压均方根的 2 个极

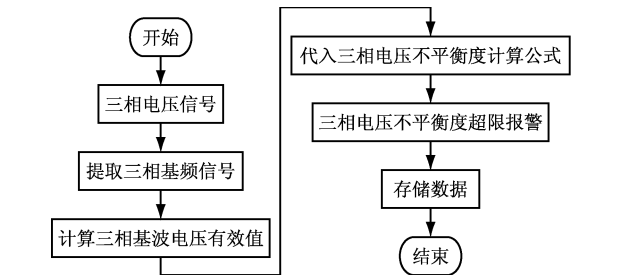


图8 三相电压不平衡度测量程序流程

值之差 ΔU ,通常以额定电压的百分数表示其相对百分值 d ,即

$$d = \frac{\Delta U}{U_n} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_n} \times 100\% \quad (6)$$

式中 $U_{\max}$, $U_{\min}$ 分别为电压均方根的最大值和最小值, V。

电压闪变是指人眼对由电压波动所引起的照明异常的视觉感受,通常是以白炽灯的工况作为判断依据。闪变不仅与电压波动的幅值有关,而且与电压波动的频率和波形、照明灯具的性能及人的视感因素有关。

目前常用的电压波动测量方法有 4 种:平方检测法、整流检测法、有效值检测法、小波分解法和同步检测法^[9],国家标准中推荐采用平方检测法。

电压闪变的测量采用 IEC 推荐的闪变测量模型(图 9),其测量基础是将信号看成对工频电压波形的调制,经闪变测量模型后即可测量闪变参数值。图 9 中, $S(t)$ 为瞬时闪变视感度函数; P_{st} 为短时闪变量; P_{lt} 为长时闪变量。

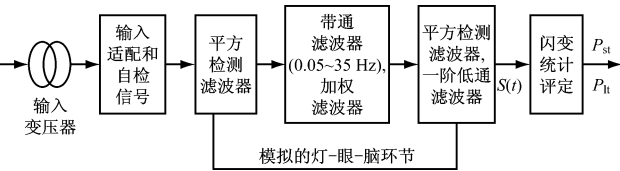


图9 IEC 推荐的闪变测量模型

由图 9 可知,电压闪变的测量模型结合了电压波动的平方检波结构,在电压波动测量程序的基础上经加权滤波、平方、低通滤波后即可进行闪变的统计评定。利用 LabVIEW 丰富的函数与结构可实现电压波动与闪变的测量。电压波动与闪变测量程序流程如图 10 所示。图 10 中, $S(n)$ 为瞬时闪变视感度。

3.7 数据存储

数据存储是每一个监测系统的重要组成部分,数据存储可为分析系统故障、制作报表、统计系统运行状况等提供数据资料。利用 LabVIEW 软件丰富的文件存储函数与数据库工具包可方便地建立数据存储通道,实现测量数据的存储^[10]。数据存储

程序流程如图 11 所示。

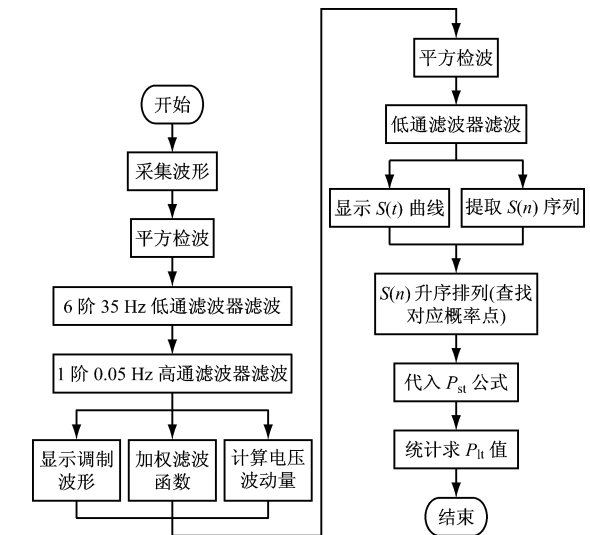


图10 电压波动与闪变测量程序流程

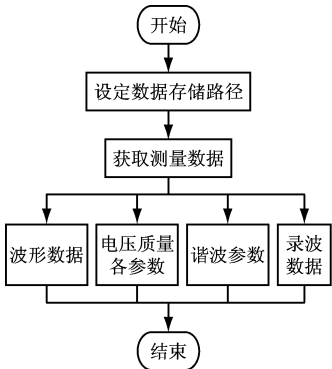


图11 数据存储程序流程

4 系统测试与分析

为了验证系统功能与运行情况,在实验室中对系统进行了仿真和实际测试。将系统的测量数据与理论分析数据、电能质量分析仪的数据进行对比分析,验证系统测量的准确性及有效性。

4.1 仿真实验

仿真实验测量的是三相仿真信号源的电压、频率、谐波、三相电压不平衡度等相关参数,验证数据记录程序的功能。实验前首先对仿真信号源、系统额定参数等进行设定。仿真信号源可以设定三相电源的相位、频率、各次谐波的电压值等参数,见表 1。为了模拟电源的真实性,在参数设置中添加了奇数次的谐波参数设定,为后续验证谐波测量提供了参考。三相仿真信号源的谐波参数对比见表 2,包括谐波总畸变率(THD)、各次谐波的幅值、含有量等参数的对比分析。表 1、表 2 中,系统采样率均为 2 000 Hz,采样数均为 1 000。

从表 1、表 2 可以看出,所设计的系统测量数据与理论分析的结果基本一致,在验证本系统测量精

确性的同时,也验证了本系统的可靠性与稳定性。

表 1 三相仿真信号源的基本参数对比

测量方式		电压/V		频率/Hz		三相电压不平衡度/%
		有效值	偏差	频率值	偏差	
仿真测量	A 相	100.278	0.277 81	50	0	0.081 13
	B 相	100.278	0.277 81	50	0	
	C 相	100.278	0.277 81	50	0	
理论分析	A 相	100.277 8	0.277 80	50	0	0
	B 相	100.277 8	0.277 80	50	0	
	C 相	100.277 8	0.277 80	50	0	

表 2 三相仿真信号源的谐波参数对比

测量方式		THD/%	谐波幅值/V				
			1 次谐波	3 次谐波	5 次谐波	9 次谐波	13 次谐波
仿真测量	A 相	7.460	100	6.48	2.31	2.47	0.23
	B 相	7.460	100	6.48	2.31	2.47	0.23
	C 相	7.460	100	6.48	2.31	2.47	0.23
理论分析	A 相	7.459	100	6.48	2.31	2.47	0.23
	B 相	7.459	100	6.48	2.31	2.47	0.23
	C 相	7.459	100	6.48	2.31	2.47	0.23

4.2 实际测试

实际测试以煤矿供电三相电源中的一相为例,将额定电压为 220 V 的单相电源经调压器转换为 100 V 电压作为待测对象,经系统硬件将信号输入到计算机中供监测软件进行数据处理分析,同时利用 HIOKI 3196 电能质量分析仪对被测电源进行数据分析。测试电路如图 12 所示。

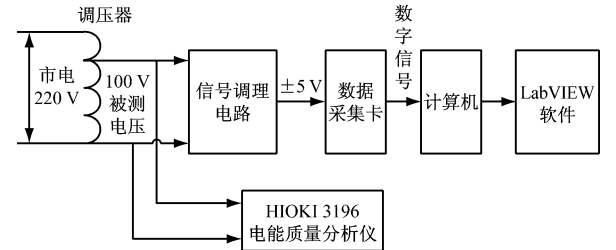


图 12 测试电路

被测电源的电压和频率参数对比结果见表 3。以电能质量分析仪的测量数据为参考标准,将设计的煤矿电压质量在线监测系统的数据与其进行对比,量化了本系统的测量误差。

从表 3 可知,系统测量的数据基本上与电能质量分析仪的结果一致,测量数据基本正确,充分验证了系统所采用测量算法的准确性及系统的稳定性、可靠性、实用性。

表 3 被测电源的电压和频率参数对比

次数	测量方式	电压/V		频率/Hz	
		有效值	偏差	频率值	偏差
1	质量分析仪	99.10	0.9	50.012	0.012
	在线监测系统	107.40	7.4	50.01	0.01
2	质量分析仪	99.30	0.7	50.032	0.032
	在线监测系统	108.72	8.72	50.030	0.030

注:被测系统(单相)电压等级:100 V;系统频率:50 Hz;电压上下限为±10%;频率上下限为±0.2 Hz。

5 结语

设计了一套基于 LabVIEW 的煤矿电压质量在线监测系统,详细介绍了系统的硬件与软件设计,并对系统进行了仿真与实际测试,将本系统的测量数据分别与理论分析数据和电能质量分析仪的数据进行对比分析,验证了系统的准确性、可靠性、稳定性与实用性。

参考文献:

[1] 肖湘宁,韩民晓,徐永海,等. 电能质量分析与控制[M]. 北京:中国电力出版社,2010:1-21.

[2] 王清亮,姚苗. 煤矿电能质量综合量化评价研究[J]. 工矿自动化,2015,41(2):42-46.

[3] 余松. 虚拟仪器在电力系统中的应用研究[J]. 陕西电力,2008,36(12):68-72.

[4] 雷志鹏,宋建成,李艳伟. 基于 LabVIEW 的工作面输送设备远程监测与诊断系统设计[J]. 工矿自动化,2012,38(10):1-6.

[5] 贺彬. 基于 LabVIEW 的三相电能质量监测系统的设计[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2010.

[6] DWIVEDI V, SINGH D. Electric power quality monitoring (PQM) using virtual instrumentation [C]//International Symposium on Power Electronics Electrical Drives Automation & Motion, Pisa, 2010: 431-436.

[7] 张宗华. 电能质量监测系统设计[J]. 工矿自动化,2013,39(2):111-114.

[8] 赵展. 基于 LabVIEW 的电能质量监测系统设计[D]. 兰州:兰州大学,2009.

[9] 冯宁,唐铁,石延辉,等. 电能质量分析与参数估计的研究方法综述[J]. 电力系统及其自动化学报,2010,22(3):78-84.

[10] SANTOS M, TOSTES M, SILVA R. Software based on LabView for monitoring and analysis some power quality parameters [C]// International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems, Curitiba, 2009:1-6.