

文章编号: 1671-251X(2009)04-0081-05

# 基于 DSP 和 LabVIEW 的高压真空断路器 机械特性在线监测系统的研制\*

赵 洋<sup>1</sup>, 刘汉宇<sup>1</sup>, 曾庆军<sup>1</sup>, 邱一新<sup>2</sup>

(1. 江苏科技大学电子信息学院, 2. 镇江市诚翔电器有限责任公司, 江苏 镇江 212003)

**摘要:** 文章提出了一种基于 DSP 和 LabVIEW 的高压真空断路器机械特性在线监测系统的设计方案。该系统的下位机数据采集系统以 DSP 为核心, 通过传感器、信号调理电路等完成对高压真空断路器机械特性参数、分合闸电流信号和振动信号的采集, 可实现就地显示及通过 CAN 总线将数据传送至上位机进行分析、显示; 上位机管理系统以 LabVIEW 为开发平台, 利用其图形显示功能和与 Matlab 通信功能实现了对测量数据的显示、分析及处理。现场测试结果表明, 该系统运行稳定, 准确性较好。

**关键词:** 高压真空断路器; 机械特性; 在线监测; DSP; LabVIEW; Matlab; CAN 总线

**中图分类号:** TM561.2; TP391.5 **文献标识码:** B

## Development of On-line Monitoring System for Mechanical Characteristics of High voltage Vacuum Circuit Breaker Based on DSP and LabVIEW

ZHAO Yang<sup>1</sup>, LIU Han'yu<sup>1</sup>, ZENG Qing'jun<sup>1</sup>, QIU Yi'xin<sup>2</sup>

(1. School of Electronics and Information of Jiangsu University of Science and Technology,  
Zhenjiang 212003, China. 2. Zhenjiang Chengxiang Electrical Appliance Co., Ltd.,  
Zhenjiang 212003, China)

**Abstract:** The paper proposed a design scheme of on-line monitoring system for mechanical characteristics of high voltage vacuum circuit breaker based on DSP and LabVIEW. Data acquisition system of lower computer of the system takes DSP as core, which completes collection of mechanical characteristics parameters, current signal and vibration signal of on/off switching through sensors, signal conditional circuit and so on, and can realize display in situ and transfer data to upper computer through CAN bus to be displayed and analyzed. Upper computer management system takes LabVIEW as development platform and uses its functions of graphic display and communication with Matlab to realize display, analysis and processing of measurement data. The field test result showed the system runs steadily with better accuracy.

**Key words:** high-voltage vacuum circuit breaker, mechanical characteristics, on-line monitoring, DSP, LabVIEW, Matlab, CAN bus

## 0 引言

高压断路器作为绝缘和灭弧的装置, 是发电厂和变电所配电装置中必不可少的元件, 具有控制和保护设备的作用, 其运行的可靠性直接关系到电力系统的安全运行。国际大电网会议(CIGRE)对高

收稿日期: 2008-12-22

\* 基金项目: 江苏省科技攻关计划项目(BE2006086)

作者简介: 赵 洋(1981-), 男, 江苏科技大学电子信息学院在读硕士研究生, 主要研究方向为智能控制与智能系统。E-mail:

simonzhao yang@sina.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

压断路器可靠性所作的两次世界范围的调查以及国家电力科学研究院对高压开关事故的统计分析表明, 80% 的高压断路器故障是由于机械特性不良造成的。高压断路器机械故障所造成的事故无论是次数还是事故本身造成的停电时间都占事故总量的 60% 以上。因此, 加强高压断路器机械特性的在线监测对保证高压断路器的安全运行具有重要的现实意义。近年来, 高压真空断路器因其适合频繁操作、灭弧能力强、电气寿命长、检修维护工作量小、运行可靠性高等优点得到了广泛应用。因此, 对于高压真空断路器机械特性的研究尤为重要。

本文以镇江市诚翔电器有限责任公司生产的 BPC-12/1250-31.5 型配永磁操动机构高压真空断路器为研究对象, 设计了高压真空断路器机械特性在线监测系统, 采用 LabVIEW 开发了系统的上位机管理系统, 采用 DSP 实现下位机数据采集的功能, 上、下位机之间通过 CAN 总线通信。

## 1 系统结构与硬件设计

### 1.1 系统总体结构

高压真空断路器机械特性在线监测系统主要由上位机、下位机和传感器 3 个部分组成, 如图 1 所示。其中, 上位机管理软件由 LabVIEW 软件开发, 主要实现高压真空断路器机械特性参数的在线监测和信号分析处理功能; 下位机硬件平台由 TMS320F2812 型 DSP 及其外围硬件电路组成, 用于采集高压真空断路器机械特性参数、分合闸电流信号和振动信号。下位机将传感器采集到的数据通过 CAN 总线传输给上位机进行显示和分析处理。

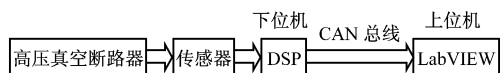


图 1 高压真空断路器机械特性在线监测系统结构图

### 1.2 主要传感器的选型

本系统采用的传感器包括角位移传感器、霍尔电流传感器和振动传感器等。

高压真空断路器动触头的行程-时间特性参数通常采用直线位移传感器测量, 但 40.5 kV 及以下电压等级的高压真空断路器外形结构非常紧凑, 在动触头和绝缘拉杆附近可用来安装传感器的空间非常有限。考虑到高压真空断路器在分合闸过程中, 动触头的直线行程与主轴转动角度之间存在对应关系, 通过测量主轴的角位移曲线可间接测得动触头的直线位移, 故本系统选用角位移传感器测量高压真空断路器的行程-时间特性。角位移传感器型号

为 WDD35D-4 导电塑料电位器, 具有体积小、测量线性精度和分辨率高以及机械寿命长等特点, 完全可以满足断路器机械特性在线监测的要求。

测量分、合闸线圈电流采用霍尔电流传感器, 其型号为 YDG-HSD。YDG-HSD 霍尔电流传感器具有失调电流小、线性度好、响应时间快等特点。此外, 由于采用了霍尔磁平衡原理, 其电气绝缘和抗干扰能力都很强, 可满足实际使用要求。

振动传感器选用 ZD24T 型磁阻式振动传感器。与普通压电式振动传感器相比, 磁阻式振动传感器的分辨率和灵敏度更高, 频率响应宽, 寿命长, 且对环境的要求低。

### 1.3 系统硬件设计

本系统下位机硬件平台采用美国 TI 公司的高性能数字信号处理器 TMS320F2812 作为核心处理单元。该处理器主频达 150 MHz, 具有增强的 eCAN 2.0B 接口模块, 该接口与 CAN 2.0B 接口完全兼容, 同时拥有 16 个高速 A/D 采样通道。下位机硬件结构如图 2 所示。

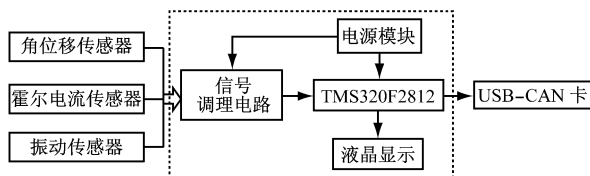


图 2 下位机硬件结构框图

各传感器采集到的模拟信号通过信号调理电路进入 TMS320F2812 的 A/D 通道, TMS320F2812 将处理后的数据分 2 路传输: 一路送到液晶显示模块, 就地显示断路器分合闸时间、速度、行程等信息; 一路通过 CAN 总线送到上位机。

## 2 上位机管理系统设计

### 2.1 总体设计

本系统上位机管理软件采用美国 NI 公司的图形化编程语言 LabVIEW 8.5 开发。LabVIEW 是一种图形化的编程语言——G 语言, 采用图形模式的结构框图构建程序代码, 为实现仪器编程和数据采集系统提供了便捷的途径。

上位机管理系统的总体设计方案如图 3 所示。该系统包含一个主界面, 在主界面中可以通过选择不同的功能调用不同的界面完成相应的操作。其中, 在线监测界面主要完成对高压真空断路器机械特性参数、分合闸电流信号和振动信号的显示; 信号分析界面主要是对采集到的信号采用滤波、功率谱

分析、小波分析等方法进行分析处理;操作说明界面则为使用本系统的用户提供操作说明和帮助。

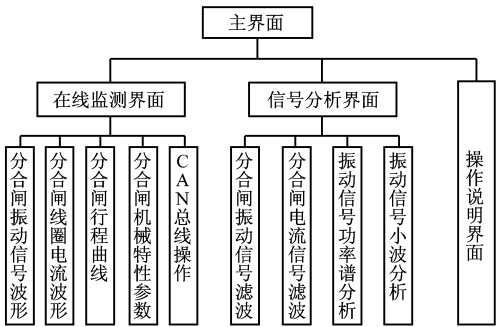


图3 上位机管理系统的总体设计方案

2.2 在线监测界面的设计

上位机管理系统在线监测界面如图4所示,具体功能包括CAN总线操作、分合闸线圈电流波形显示、分合闸振动信号波形显示、分合闸行程曲线显示和分合闸机械特性参数显示5个部分。

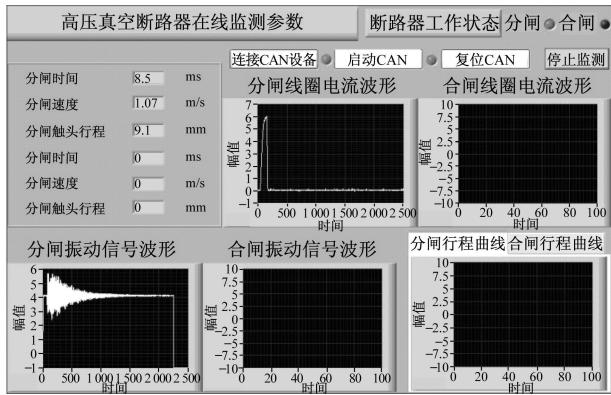


图4 上位机在线监测界面

CAN总线操作主要完成对USB-CAN卡的操作,从而为下位机向上位机传送数据做准备。当按下“连接CAN设备”按钮时,执行对CAN设备的初始化程序,如果指示灯点亮,则表示完成了CAN设备的初始化工作;当按下“启动CAN”按钮时,执行启动CAN总线的程序,如果指示灯点亮,则表示CAN设备连接正常,此时下位机就可以上传数据给上位机了。如果CAN总线连接出现问题,则按下“复位CAN”按钮,通过执行相应的程序对CAN设备进行复位,复位后重新进行连接CAN设备和启动CAN的操作,即可恢复数据传输。以上功能是通过在LabVIEW中调用Virtual CAN Interface (VCI)函数实现的。其程序框图如图5所示。

分合闸线圈电流波形显示、分合闸振动信号波形显示、分合闸行程曲线显示和分合闸机械特性参数显示4个部分主要实现将来自下位机的数据以波形和数值的方式显示出来。具体的实现方法是通过

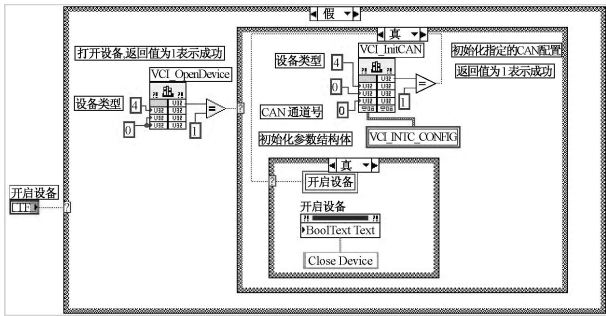


图5 CAN总线操作程序框图

创建用户事件将接收到的数据传送给波形图控件和数值显示控件进行显示,其程序框图如图6所示。

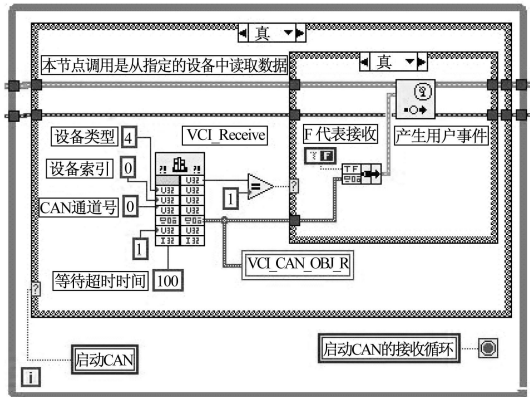


图6 上位机管理系统在线监测数据传输框图

2.3 信号分析界面的设计

上位机管理系统信号分析界面如图7所示,主要包括信号滤波(包括分合闸振动信号滤波和分合闸电流信号波形滤波)、振动信号功率谱分析和振动信号小波分析3个功能。每个部分的功能都是通过调用Matlab工具箱的相应函数实现的。具体调用方法:函数模板→数学→脚本与公式→MathScript节点,在各节点中输入相应的Matlab程序,运行时就可实现相应的功能。

信号滤波主要实现对采集到的信号进行降噪处理。传统消噪方法易使信号变换后的熵增高,无法刻画信号的非平稳特性且无法得到信号的相关性;小波变换具有低熵性、去相关性等特点,可较好地对信号进行去噪,因此,本系统选用小波变换方法进行降噪处理。程序设计时,首先使用Matlab工具箱中的ddencmp()函数获取在消噪过程中的默认阈值和熵标准,然后利用wdenomp()函数对信号进行消噪处理。从图7可看出,采用小波变换方法消噪效果较好。

振动信号功率谱分析是对振动信号进行频域分析的一种方法。功率谱估计法可展现振动信号各频率处功率的分布情况,并能反映出哪些频率的功率

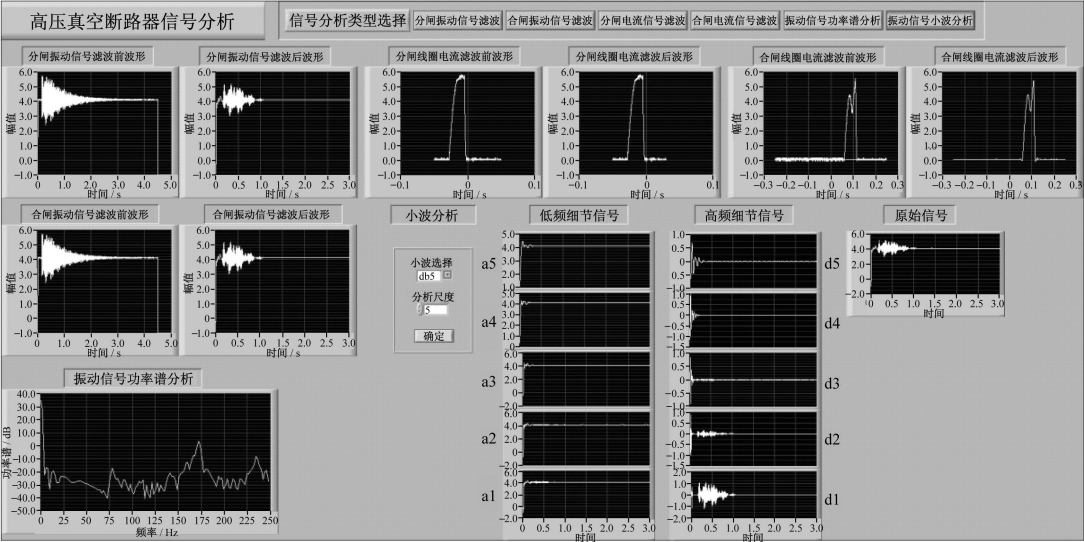


图 7 上位机管理系统信号分析界面

是主要的,因此,根据功率谱上全部或某些峰值的变化就可对高压真空断路器机械振动信号进行特征提取和故障诊断。本文采用 Welch 算法并借助 Matlab 的 psd 函数实现振动信号的功率谱分析。

振动信号小波分析是分析振动信号时频的一种方法。与传统傅立叶变换相比,小波变换在时域和频域同时具有良好的局部化性质,可更好地展现信号的细节信息。本系统采用在 LabVIEW 中调用 Matlab 小波工具箱函数的方法实现对振动信号的小波分析。首先采用 wavedec() 函数对振动信号进行一维多尺度分解,然后分别用 appcoef() 和 detcoef() 函数提取一维小波变换的低频系数和高频系数,最后用 wrcoef() 函数对一维小波系数进行单支重构,从而得到其各层高频细节信息和低频细节信息。实际使用中,用户可通过人机交互的方式选择具体的小波函数和分析尺度。如图 7 所示,实验中对振动信号进行 5 层分解后,其原始信号和各层高频、低频细节信息都通过波形图反映出来,为进一步对高压真空断路器进行故障诊断提供了理论分析基础。

3 下位机软件设计

下位机软件采用汇编语言与 C 语言混合编写,主程序流程如图 8 所示。系统上电后先进行各个模块的初始化,然后开中断等待中断事件。当高压真空断路器进行分合闸动作时,A/D 通道通过中断的方式开始采集断路器机械参数、分合闸电流信号和振动信号的数据,然后执行数据处理程序,最后将数据传送到液晶模块就地显示,并通过CAN总线上

传给上位机作进一步的处理。

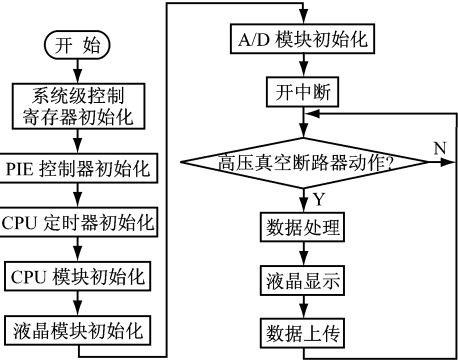


图 8 下位机主程序流程图

4 结语

本文设计的基于 DSP 和 LabVIEW 的高压真空断路器在线监测系统,人机界面友好,操作简单,交互能力强,具有数据采集、信号分析、结果显示和数据保存等功能;采用 TMS320F2812 作为下位机在线监测单元的核心,实时性好,精度高。

将该系统应用于 BPC-12/1250-31.5 型配永磁操动机构高压真空断路器(主回路未加电压)进行现场测试,通过对高压真空断路器多次的分合闸测试,且将测试结果同高压断路器机械特性仪实际测得的数据对照,结果表明,该高压真空断路器机械特性监测系统性能稳定、准确性较高,效果理想。

参考文献:

[1] 朗福成,徐建源,林 莘.真空断路器机械特性的在线监测[J].东北电力技术,2005,26(1):12~15.  
[2] 杨乐平,李海涛,杨 磊. LabVIEW 程序设计与应用[M].2 版.北京:电子工业出版社,2005.

文章编号: 1671-251X(2009)04-0085-02

# 主通风机高压(3.3 kV)变频调速及监控系统的设计

陈继莹

(开滦(集团)东欢坨矿业分公司, 河北 唐山 064002)

**摘要:** 针对东欢坨矿业分公司原主通风机的通风量无法满足生产要求的问题, 文章介绍了一种主通风机高压(3.3 kV)变频调速及监控系统的设计方案, 给出了系统设计思路、组成及其功能。该系统具有主通风机的变频驱动、实时监控、工频与变频切换、保护及实时显示功能, 操作简便, 大大提高了矿井通风安全的可靠性, 且节约了大量的电能。

**关键词:** 矿井; 主通风机; 变频调速; 监控; 改造  
**中图分类号:** TD635 **文献标识码:** B

## 0 引言

东欢坨矿业分公司原主通风机为富士产低压变频设备带动250 kW电动机拖动的2KZDN<sub>0</sub>-24风机。随着矿井开采规模的不断扩大, 其通风量已不能满足生产要求, 需要对原通风机进行改造。为响应国家节能环保的号召, 同时满足矿井生产的需要, 东欢坨矿业分公司设计并建成了一个集主通风机变频调速、工频与变频切换、实时数据监控等功能于一体的主通风机高压(3.3 kV)变频调速及监控系统, 提高了主扇运转的可靠性与安全性, 大大节约了电能。

## 1 系统总体设计方案

### 1.1 设计思路

(1) 保留原有的机械系统, 去除原驱动系统及低压变频设备。

(2) 增加上位机控制环节, 采用微机控制方式实现变频调速, 实现高压开关柜、隔离变压器、旁

路柜、变频器、电动机等设备的实时数据监控。

(3) 主通风机变频调速系统完全依据相关规定进行设计, 2套系统具有完全相同的能力, 且为“一用一备”的互补关系。

(4) 风机具有工频、变频2种运行方式, 具备反风功能。

(5) 所有的实时数据、动态曲线等数据通过物理接口接入PLC, 然后由PLC将数据传送到上位机系统, 由上位机系统对所有信息进行处理, 完成整个系统的测量和控制。

(6) 按照先工频后变频、先改造1#风机后改造2#风机的原则进行改造, 并制定详细的预案, 保障不间断通风原则的实施。

### 1.2 系统组成

矿井主通风机高压(3.3 kV)变频调速及监控系统主要由高压柜、干式隔离变压器、电动机、旁路柜、变频柜、监控柜、监控仪表和监控计算机等部分组成。其中, 高压柜选用陕西宝光公司生产的真空断路器; 干式隔离变压器选用ZTSFG(N)-800 KVA/6型三绕组干式整流变压器(副变两绕组移相30°), 以满足ABB ACS1000变频器12脉波整流输入的需要, 同时为系统提供一定的短路阻抗; 变频

收稿日期: 2009-01-15

作者简介: 陈继莹(1975-), 男, 工程硕士, 现在东欢坨矿业分公司机电科从事技术工作。E-mail: zhangyuhua@kailuan.com.cn

[3] 王磊, 陶梅. 精通LabVIEW 8.0[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.

[4] 周伟. Matlab小波分析高级技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.

[5] 杜巧连, 张克华. 基于自身振动信号的液压泵状态监测及故障诊断[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 120~123.

[6] 胡昌华, 李国华, 刘涛, 等. 基于Matlab6.x的系统

分析与设计——小波分析[M]. 2版. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.

[7] 苏奎峰, 吕强, 耿庆锋, 等. TMS320F2812原理与开发[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[8] 谢勃, 卫志农, 陈斌. 基于LabVIEW DSP模块的手持式电力谐波分析仪[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(3): 89~93.