

智能型万能式断路器控制器全自动检测系统研制*

谢启 顾启民 涂水林 杨云飞
(常熟理工学院 自动化系 江苏 常熟 215500)

摘要:设计了一套以工业控制计算机为核心,配置高精度数据采集卡和信号调理电路等硬件,采用先进的虚拟仪器技术——LabVIEW 7 Express软件开发平台自行开发数据采集、分析、处理软件,通过PCI标准总线组成的高度集成的智能型万能式断路器控制器全自动检测系统,可满足智能型万能式断路器控制器产品的出厂检验要求。详细分析了系统总体方案设计,具体阐述了系统软件模块设计。经实际应用表明,该系统具有测试精度高、抗干扰能力强、检测效率高、操作简单等优点。

关键词:智能型万能式断路器;LabVIEW 7 Express;虚拟仪器技术;检测;智能控制器

中图分类号:TM561;TP31

文献标识码:B

文章编号:1001-1390(2009)06-0063-05

Research of Automatic Test System for Intelligent Conventional Circuit Breaker Controller

XIE Qi, GU Qi-min, TU Shui-lin, YANG Yun-fei

(Department of automation, Changshu Institute of Technology, Changshu 215500, Jiangsu, China)

Abstract: The design of a new automatic test system for intelligent conventional circuit breaker controller consisting of industrial computer, data acquisition board, signal modulate board and software developed by LabVIEW virtual instrument technology is introduced in this paper. The system can satisfy the demands of intelligent conventional circuit breaker controller ex-factory test. The system structure and module design of system software are also introduced in detail. The system has the following properties: high precision, strong disturbance attenuation, high efficiency and convenience manipulate.

Key words: intelligent conventional circuit breaker, LabVIEW 7 Express, virtual instrument technology, test; intelligent controller

0 引言

新一代智能型万能式断路器可提供过载预报警、需用电流、功率、电能、谐波监测、显示等运行管理功能,并可提供过载长延时、短路短延时、瞬时过电流、接地故障、电流不平衡、断相、过电压、低电压、电压不平衡、欠频、过频、相序、逆功率、电流卸载、需用电流、MCR、ZSI等多种保护方式,通过通信口可对断路器实现远距离的“四遥”功能。产品设计人性化,使用简便,具有全智能、高分断、零飞弧、高可靠性、带隔离等特点,塑造了新一代断路器的全新形象^[1-3]。新一代智能型万能式断路器应用于各种低压配电领域中,不但可实现对线路的保护,还可以实现对电动机、发电机等设备的保护,可为用户提供更安全、更可靠、更全面的

低压配电方案。智能型万能式断路器的核心控制部分采用具有精确选择性保护和多功能的智能控制器,根据产品企业标准及其它相关要求,智能控制器在出厂前进行检验合格后方能出厂^[4,5]。

鉴于智能控制器产品型号及其规格多、产量日益增多,在短时间内需要对大量产品性能指标进行全面、准确测试,这对测试方法、测试系统的软硬件的兼容性、可持续开发性、易维护管理性等提出了挑战。如果用传统仪器完成对智能控制器的检验任务,需要用示波器、功率因数表、定时计数器和谐波分析仪等多台仪器分别测试各项参数,测量数据不能保证同步和统一显示、记录,测试精度与稳定性达不到要求,测试成本高、效率低。为此,我们设计了一套以工业控制计算机为核心,配置数据采集卡、信号调理电路、高精度

* 江苏省高校自然科学基金研究计划资助项目(07KJD470004)

信号源和检测台等硬件,采用先进的虚拟仪器技术——LabVIEW 7 Express软件开发平台自行开发数据采集、分析、处理软件,通过PCI标准总线组成的高度集成的多工位全自动检测系统,可对不同型号的智能控制器各项性能指标进行全面的自动检测。

1 智能控制器检测项目及其基本要求

智能控制器有控制和执行(包括辅助电源)两大部分组成,控制部分的作用是判断输入信号大小,并根据信号大小,按规定的动作保护特性要求输出执行信号,推动执行机构部分动作,使断路器断开,从而实现断路器的各种智能保护功能。执行部分的作用是接受控制部分信号,通过贮能元件(磁通变换器)能量释放,推动断路器动作。

智能控制器的主要检测项目包括:

(1)测量功能检测及标度

智能控制器的测量功能包括:电流测量功能包括A、B、C、N相电流;电压测量功能包括线电压、相电压、平均电压、电压不平衡度;功率测量功能包括有功功率、无功功率、视在功率、功率因数;电能测量功能包括有功电能、无功电能、视在电能;需用值测量功能包括需用电流与需用功率、频率、谐波等。要求检测系统按产品说明书中规定的误差大小与类型对智能控制器的测量功能进行检验对比是否合格,如果有某些测量指标不符合要求,系统还能对智能控制器部分参数的系数(如电流大、小标度值)进行标度,使其达到测量精度要求。

(2)保护/报警功能检测

智能控制器的保护/报警功能包括过载长延时、短路短延时、瞬时过电流、接地故障、过载预报警、电

流不平衡、断相、需用电流、过电压、低电压、电压不平衡、欠频、过频、相序、逆功率、电流卸载、MCR、ZSI等多种保护方式。检测系统可根据不同规格的智能控制器及控制器整定值输入设定的信号自动验证各种保护/报警功能动作是否正确,动作时间是否在规定的误差范围内。

(3)“四遥”功能检测

根据通信协议对智能控制器进行遥调、遥控、遥测、遥信功能检测。

(4)对执行机构部分的动作功能、辅助触头功能进行检验。

2 检测系统总体方案设计

智能型万能式断路器控制器全自动检测系统采用虚拟仪器技术来构建,其总体结构如图1所示。硬件部分由工业控制计算机、基于PCI总线的内置高精度数据采集卡(两块模拟量输入/输出卡,型号为PCI-6289;一块数字量输入/输出卡,型号为PCI-6509,96路数字量I/O通道;一块定时/计数器卡,型号为PCI-6602,8路、32位定时/计数器)、信号调理电路(包括电气隔离、高精度电流互感器、接线端子板等)、条形码扫描仪、通信电路(包括RS232/RS485/TTL转换电路、通信线等)和检测台等组成,其中被测智能控制器可方便地固定在检测台的夹具工位上,为便于连线,各检测工位均提供接线端子。软件部分采用面向图形化的编程软件LabVIEW 7 Express来实现。检测系统可以对5台智能控制器并联同时检测。

根据智能控制器检验要求,需要检测系统提供两套高精度的标准正弦信号源。其中一套用以模拟实际电网大电流,信号的幅值、相位、频率均由软件可控,

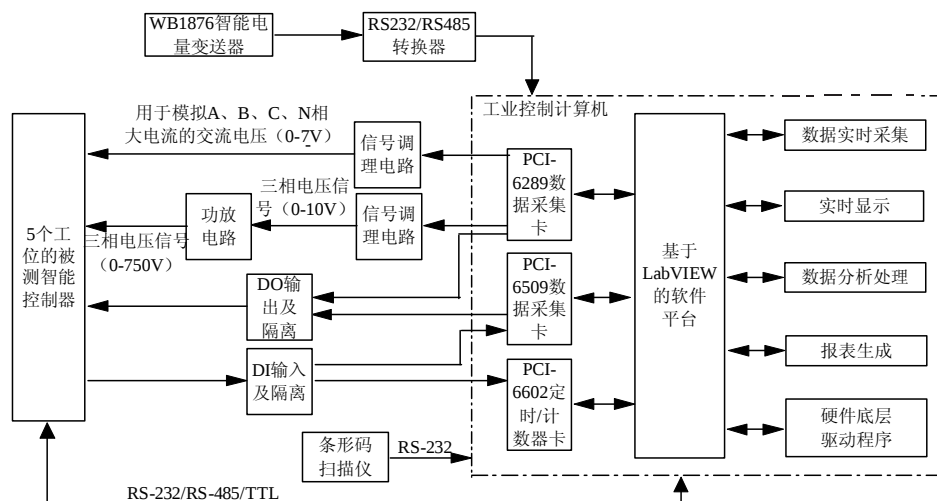


图1 检测系统总体结构框图

Fig.1 Structure diagram of test system

标准信号源可以输出有效值为0~7V的A、B、C、N四相电压信号用来精确模拟实际电网电流(0~70000A),其最大绝对误差不超过1mv,信号的幅值(0~7V)、相位(0~360°)、频率(0~100Hz)均可由软件来控制;另外一套标准正弦信号源通过数据采集卡产生0~10V的三相电压信号,再通过功放电路放大为0~750V的三相电压信号送给5个被测智能控制器,同时要求三相电压移相范围为0~360°。为了满足上述要求,同时兼顾智能控制器检测系统的其他需求,本设计中选用了美国NI公司的基于PCI总线的内置数据采集卡PCI-6289。NI PCI-6289是一款高精度多功能M系列数据采集板卡,具有4路模拟输出通道,所用D/A转换器的分辨率为16位,更新率为2.86Ms/s,该板卡的模拟输出通道具有可编程偏移及参考电压,可以满足精度要求。由计算机通过软件控制移相角度并保持电压与电流信号的同步输出,四相模拟电流与三相电压源发生器工作原理如图2所示。

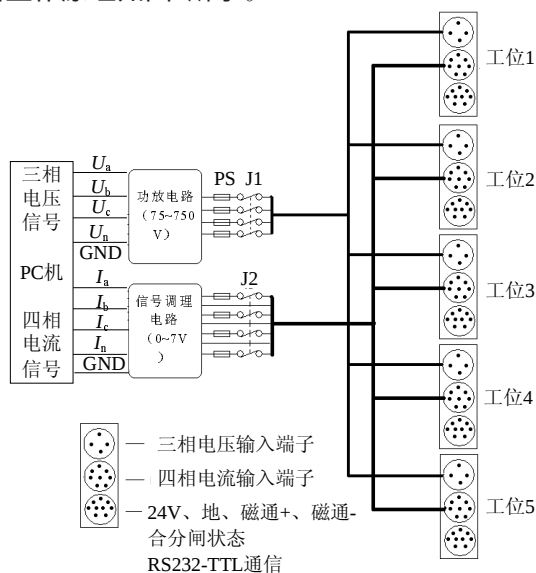


图2 模拟电流与电压源发生器工作原理图

Fig.2 Fundamental diagram of current and voltage signal generator

3 系统软件实现

LabVIEW是美国NI公司推出的一种通用虚拟仪器开发软件,它包含了丰富的功能函数库和完备的总线设备驱动程序。LabVIEW的最大特点是其基于图形(Graphics)的编程方式,LabVIEW采用了框图而非传统的文本方式的编程方法。这种编程方式强调信号处理的实际过程,编程简单,调试方便。用LabVIEW软件设计的程序包括前面板和程序框图两部分,前面板实现仪器的面板,而框图程序则实现了仪器的内部设计,是程序的真正“内核”。本检测系统软件部分采用面向

图形化的编程软件LabVIEW 7 Express来实现。

检测系统软件采用模块化设计思想,由于检测项目多而繁,所以每个检测项目单独作为一个界面来实现,所有检测项目可以根据实际情况进行选择做还是不做,这样使得检测系统的使用变得更为灵活方便。

3.1 测量功能检测软件实现

系统的整个测量功能检测过程在计算机控制下完成,利用两块PCI-6289数据采集卡同步产生四相模拟电流与三相电压信号输出提供给5个工位的被测智能控制器,使其进行测量,同时四相模拟电流与三相电压信号接入WB1876A智能电量变送器进行电参量测量。智能控制器和WB1876A智能电量变送器与上位计算机进行通信使用的是Modbus RTU串行通信协议,两者输出的RS-485数字信号通过RS-485接口分别经RS232/RS485转换器与上位工业控制计算机的串口连接,通过检测系统软件实时同步读取被测智能控制器和WB1876A智能电量变送器测量的测量数据,并以WB1876A智能电量变送器测量的参数值为标准值,自动判别被测智能控制器各项测量指标是否合格,如果有某些测量指标不符合要求,系统还能对智能控制器部分参数的系数(如电流大、小标度值,电压标度值)进行标度修改,使其达到测量精度要求,从而实现了对被测智能控制器测量功能的自动检测。测量功能检测界面如图3所示。



图3 测量功能检测界面

Fig.3 Test interface of measurement function

在测量功能检测界面中的“系统”栏表示通过本检测系统(通过WB1876A智能电量变送器)测量的参数值,“断路器”栏表示通过通信读出的被测智能控制器测量的参数值,“是否合格”栏表示按产品规定的误差种类及精度大小,以本检测系统测量的参数值为高一级的标准源,来标定或比对被测智能控制测试的相

应参数值,并给出是否合格的比对结果。若误差在允许的精度范围内,则相应的“是否合格”栏将显示“合格”,否则将显示“不合格”。

在测量功能检测界面中的“电压移相角度”栏可在0~360度范围内用键盘或鼠标任意设定电压与电流之间的相位角,以实现感性和容性负载进行参数检测和比对校验。

智能控制器的所有测量功能分别按顺序在图4所示界面中的常规测量1、电压不平衡测量2、中性线电流(N相)测量3、矢量和接地电流测量4、地电流测量5、需用值测量6、大标度值标度7中完成。

3.2 保护/报警功能检测软件实现

检测系统可以实现智能控制器的所有保护/报警功能包括过载长延时、短路短延时、瞬时过电流、接地故障、过载预报警、电流不平衡、断相、需用电流、过电压、低电压、电压不平衡、欠频、过频、相序、逆功率、电流卸载、MCR、ZSI等项目的检测。检测系统可根据不同规格的智能控制器及控制器整定值输入设定的信号自动验证各种保护/报警功能动作是否正确、动作时间是否在规定的误差范围内。每次检测完成后对控制器进行断电以消除热记忆。

按检测要求,保护/报警功能检测需分别进行低端参数检测和高端参数检测。例如,在低端参数的过载长延时检测中,应对五个工位的A、B、C、N相分别进行检测,系统首先给5个工位的被测智能控制器提供电源信号,通过通信口读取控制器型号与电流规格,按检测要求自动设置控制器的 I_{r1} 、 t_1 等参数,再根据控制器型号与电流规格按信号输入比自动给被测控制器A相输入安培模拟电流信号(I_n 为万能式断路器的额定电流),同时定时、计数器开始计时直到控制器动作为止。将控制器实际动作时间与理论基准动作时间按规定的公式进行比较,若符合要求则在前面板上相应位置显示“合格”,否则显示“不合格”。在某一检测步骤中,若五个工位中有不合格项出现,系统将提示检验员是否重测这一步。过载长延时保护功能检测界面如图4所示,过载长延时保护功能A相检测流程图如图5所示。

被测智能控制器的“四遥”功能检测分别穿插在测量功能检测与保护/报警功能检测中进行。所有检测项目检测完毕后,系统将通过条形码扫描仪读取5个工位被测智能控制器的产品编号,自动以被测智能控制器的产品编号为文件名,在D盘的相应目录下按EXCEL文件形式保存所有的检测数据,操作人员可以随时查看或打印。



图4 过载长延时保护功能检测界面

Fig.4 Test interface of overload long-time delay protection function

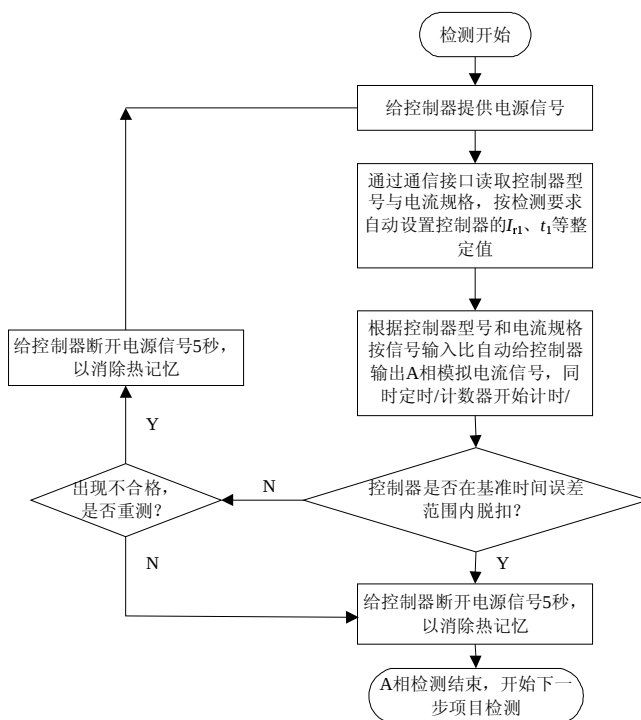


图 5过载长延时保护功能A相检测流程图

Fig.5 Flow chart of A-level overload long-time delay protection function

4 结 论

本文所述的智能型万能式断路器控制器全自动检测系统具有良好的用户界面、操作简单,避免了传统测试成本高、周期长、资源浪费、维护和操作不便等不足。系统已在常熟开关制造有限公司出厂检验、产品试制部门成功投入使用,实际运行表明,系统测量精度高、性能稳定、抗干扰能力强,大大缩短了测试时间,为公司CW3系列智能控制器产品的出厂检验提供

了可靠的质量保障。系统提供的测试服务和功能十分全面,不但可以满足新一代智能型万能式断路器控制器测试的要求,还可为产品的设计和性能改进分析提供强有力的科学依据,因此该系统具有较好的推广价值和前景,为相应的低压电器产品生产、检测中心、试验站及研究所提供先进的电器试验技术、测试方法及检测设备。

参考文献

- [1] 常熟开关制造有限公司. CW3系列智能型万能式断路器产品使用说明书[Z]. [2008-4-16]. <http://www.riyue.com.cn/cptx/product.asp>.
- [2] 顾惠民,周积刚. 国外新一代塑壳断路器的现状和发展动向[J]. 低压电器, 2006(2):7-11.
- GU Hui-min, ZHOU Ji-gang. Status and Developing Trend of New Generation of the Moulded-Case Circuit Breakers Abroad [J]. Low Voltage Apparatus, 2006(2):7-11.
- [3] 顾启民,涂水林,谢启,等. 万能式断路器电参量测量功能校验系统设计[J]. 低压电器, 2008(15):12-15.
- U Qimin, TU Shuilin, XIE Qi, JI Shaoling. Design of a Calibrating System for Electrical Parameters Measurement of Air Circuit Breaker [J]. Low Voltage Apparatus, 2008(15):12-15.
- [4] 杨红梅,曾成,张为,等. 万能式断路器控制器的检测系统设计[J]. 江苏电器, 2008(11):48-50.
- YANG Hong-mei, ZENG Cheng, ZHANG Wei, XU Guang-long. Test System

Design of Open-Construction Circuit Breaker Controller [J]. Jiangsu Electrical Apparatus, 2008(11):48-50.

[5] 顾启民,高琴妹,谢启,等. 基于LabVIEW的智能控制器自动测试系统的研制[J]. 微机信息, 2007, 23(4-1):171-173.

GU Qi-min, GAO Qin-mei, XIE Qi, JI Shao-ling, ZHANG Shui-ping. Research of Intelligent Controller Automatic Test System Based on LabVIEW [J]. Microcomputer information, 2007, 23(4-1):171-173.

[6] 谢启,顾启民,涂水林,等. 基于LabVIEW的Modbus RTU通信协议的实现[J]. 煤矿机械, 2006, 27(12):95-97.

XIE Qi, GU Qi-min, TU Shui-lin, JI Shao-ling. Realization of Modbus RTU Communication Protocol Based on LabVIEW [J]. Coal Mine Machinery, 2006, 27(12):95-97.

作者简介:

谢启(1974-),男,汉族,江西吉水人,硕士,讲师,主要从事计算机先进控制技术与先进检测技术等方面的教学与科研工作。

Email: xieqi01@163.com

顾启民(1957-),男,汉族,江苏常熟人,副教授,主要从事电气自动化方面的教学与科研工作。

涂水林(1967-),男,汉族,江西南昌人,硕士,副教授,主要从事测控技术与仪器仪表等方面的教学与科研工作。

杨云飞(1964-),男,汉族,江苏江阴人,硕士,高级工程师,主要从事电气自动化方面的教学与科研工作。

收稿日期 2009-02-15

(杨长江 编发)

(上接第 29 页)

材料磁导率的测量及其分析[C]. 第 17 届全国电磁兼容学术会议论文集, 2007, 259-263.

WANG Jun-ling, WANG Tian-wen, LI Yong-qing, GUO Hong-xia, WANG Qun. Measurement for Relative Complex Permeability by RF Network/Spectrum/Impedance Analysis Instrument [C]. EMC2007, 2007, 259-263.

[3] 阚德鹏,周洁,丁高. EMI 滤波电感磁芯磁导率的测量方法研究[J]. 电子质量, 2005 (4): 67-68.

KAN De-peng, ZHOU Jie, DING Gao. Research Of Testing Measurement On EMI Filtering Inductance Magnetic Cores Magnetic Conductivity [J]. Electronics Quality, 2005 (4): 67-68.

[4] 邱扬,高莉,田锦,王小军,李晓莉. 电感器磁芯材料特性的参数分析法[J]. 安全与电磁兼容, 2002, 6: 32-34.

QIU Yang, GAO Li, TIAN Jin, WANG Xiao-jun, LI Xiao-li. The Parameter Analysis Method of the Material Performance of the Inductance Ferrite Core [J]. Safety & Emc, 2002, 6: 32-34.

[5] 孔剑虹. 功率变换器拓扑中磁性元件磁芯损耗的理论与实验研究

[D]. 浙江大学, 2002.

KONG Jian-hong. Theoretic and Experimental Research on the Core Loss of Magnetic Components in Power Converter Topologies [D]. Zhejiang University, 2002.

[6] E. C. Snelling. Soft Ferrites: Properties and Applications [M]. London, Butterworths, 1988.

[7] Franki Ne Ke. Magnetic Components [M]. Artysen Resport, Sep, 1998.

作者简介:

张近民(1984-),男,哈尔滨工业大学硕士研究生,主要研究方向为电磁兼容. Email: zhangjinmin888@163.com

丁印福(1985-),男,哈尔滨工业大学硕士研究生,主要研究方向为电磁兼容。

王立欣(1966-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为在线监测与故障诊断技术、有限能源能量变换技术。

收稿日期 2009-02-25

(田春雨 编发)