

基于虚拟仪器技术的高速网络型 电力故障录波器研究

薛梅芳¹, 陈 晟², 汤少卿²

(1. 淮安供电公司, 江苏 淮安 223002; 2. 泰州供电公司, 江苏 泰州 225300)

摘要: 通过对目前电网中运行的故障录波器的性能参数比较, 指出在采样频率、录波时标、数据格式、通信规约和综合分析诊断方面还存在问题。阐述了采用虚拟仪器技术开发电网故障录波器的优势, 重点介绍了硬件构成方案和软件编程方法, 并指出了系统实现的关键技术措施。利用开放性的虚拟仪器平台开发新型录波装置不仅开发周期短, 功能扩展方便, 性能可靠, 而且可在采集速度、采集精度、记录容量、故障诊断和系统组网等方面满足现代电网故障研究的需要。

关键词: 电网故障; 虚拟仪器; 高速采样; 启动判据

中图分类号: TM 732; TM 938.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2005)01-0034-03

本文从目前录波装置存在的问题出发, 叙述了利用虚拟仪器技术研制新型录波器的方法, 并详细介绍了新型录波装置硬件结构和软件应具备的功能。

1 电网故障录波存在的问题

作为评价继电保护动作和分析电网故障性质、原因的重要依据, 国内生产的故障录波器在性能和功能上存在以下一些问题^[1]。

a. 采样记录频率低: 变电站运行的主要是以采样频率 1 kHz 左右的录波器为主, 国内市场上完全符合《220-500 kV 电力系统故障动态记录技术准则》(DL/T553-94) 的高速录波装置(采样频率 5 kHz 以上)还很少。

b. 录波的时标不一致: 电网中不同的录波器时

间参照系不同(除去已连接 GPS 系统的录波器), 联网后不便于故障信息的统一分析、计算和统计查询。

c. 数据格式不同: 每个厂家的录波器都有自己的数据格式, 不符合 DL/T553-94 标准规定的电力系统暂态数据通用格式标准(comtrade)格式。

d. 通信接口规约和速率不同: 各厂家录波器数据通信输出接口不同, 通信速率不同, 规约各异, 不便于快速组网运行, 其通信方式已不满足现代电网的要求。

e. 故障智能分析诊断不完善: 故障分析(后台软件)功能简单, 故障定位不够准确。

电网中运行的几种型号录波器技术指标比较见表 1(参考说明书)。由比较可以看出, 满足电网故障快速分析需要的录波器指标更高。

表 1 不同型号录波器技术指标
Tab.1 Qualifications of varies fault recorder

型 号	采样频率 /kHz	开关分辨 率/ms	最大模拟 量路数	开关量 路数	测距精度 (金属性)/%	录波 次数	通 信
WGL-12F	1	1.0	48	72		100	Modem
PWGL-200	1	1.0	24	32	±2.5	16	Modem
YS-8A	1	1.0	64	128	5	12	Modem
YS-88	10	0.1	72	128	2	100	Modem
市场需要	10~40	0.05~0.2	96	160	2	2 000	Modem & 网卡

2 新型高速录波器应具备的功能

处理复杂现代电网故障的录波装置从功能上要在以下几个方面有所增强^[2]。

a. 电力系统故障数据记录: 电力系统中发生故障时, 其故障瞬间暂态电气量变化过程很快, 利用高速数据采集系统(采样频率 10~40 kHz), 并行地对电网故障瞬间电气量进行高速记录, 包括三相电压、

电流、保护及各电力设备的工作行为, 才可解决目前电力系统录波装置记录故障数据原始记录的问题, 进一步对故障深入探讨和分析。

b. 电力系统故障分析: 在高速采集电力系统故障信息的基础上, 数据量更大、更完全, 采用新算法再现故障过程中的暂态电压、电流波形和开关的动作序列, 分析故障前后的有效值、谐波和故障线路, 并配备故障录波装置的单(双)端测距软件, 使测距算法更先进, 测距值更准确, 为处理故障提供依据。

c. 电网故障信息的组网和远传:利用先进的网络通信技术,将故障录波装置记录的故障信息传送到调度或生产部门,为故障分析和处理服务;改进故障信息只能用于事后分析的落后状况,从发展看要与 SCADA 系统和综合自动化联网。

d. 系统功能扩展:可在电力系统故障录波装置基础上,增加装置的适用范围和功能,如根据对象不同(发电机组、电气化铁路、变电站等),开发不同系列的录波器,其硬件方案相似,软件具有针对性。

总之,随着技术更新换代,进一步发展甚至可以开发出将“三遥”功能与录波功能一体的综合监测装置;或者增加电能质量监控和谐波分析、广域相量实时测量等新功能。

3 基于虚拟仪器技术的高速录波装置

3.1 虚拟仪器技术

实验室虚拟仪器工程平台 LabVIEW(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)是美国 National Instrument 公司推出的一种基于图形化编程语言的虚拟仪器软件开发工具,它与测量硬件密切结合,具有简单易用的图形化开发方式和灵活强大的编程语言的优势,可迅速开发出有关数据采集、控制、分析和显示的应用系统。

采用虚拟仪器开发电力录波器时,与用传统仪器构建系统相比效率高,但是硬件选择要从可靠性和造价上综合考虑,首选 PXI 模块(广泛应用于航空航天领域),其机械电气专业特性很好,但是造价较高,可用于 500 kV 以上电压等级或重要电网中。一般情况下,可用工控机加 PCI 工业数据采集卡等硬件,借助 LabVIEW 软件优势完成系统设计,其性能价格比更高^[3,4]。

3.2 技术方案

3.2.1 硬件构成方案

主机采用研华一体化工控工作站,含 4 个 PCI 和 4 个 ISA 扩展槽。数据采集卡采用每块板 32 路模拟量,按要求 32 路递增的方式;开关量输入卡采用每块板 32 路带光电隔离输入板,按要求 32 路递增的方式,硬件结构如图 1 所示。

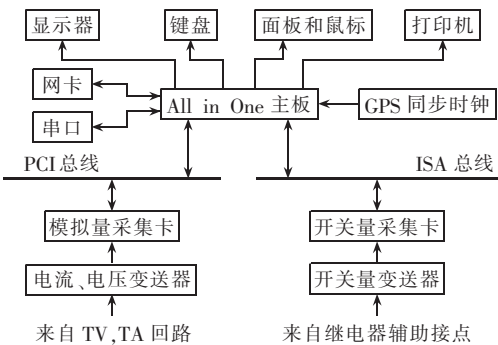


图 1 录波器硬件基本原理图

Fig.1 The hardware architecture of fault recorder

下面是各项指标的选择。

a. 采集频率可选为每路模拟量 5 kHz、10 kHz 和 20 kHz 的 3 种硬件方案(采样频率过高的采集系统造价较高,数据量过大);在重要变电站线路较少情况下采用 40 kHz 和 100 kHz 以上的电力录波装置,如需改变采样频率,利用 LabVIEW 编程的软件系统无需改动即可移植。

b. 通信方式采用以太网和 RS-232/422/485 互为备用的方式,优先选用以太网通信方式。

c. 记录的时标可与卫星校时(GPS)接口。

d. 传感器选用体积较小的有源变送器或无源变送器。

e. 供电电源采用直流 220 V 和交流 220 V 两种方式互为备用供电。

3.2.2 软件编程方法

在虚拟仪器图形化编程语言环境下,LabVIEW 不仅有强大数据采集和分析能力,还支持实时操作系统(RTOS)和连接动态链接库的技术(CIN),完全满足电网故障记录和分析的应用需求。RTDOS 用在录波器的启动判别和数据采集控制上,利用 LabVIEW 开发人机界面,应用丰富的分析函数库进行电网故障分析,还可利用 VC 编制动态链接库完成诸如故障测距和故障诊断等需大量计算的软件程序。

启动是指录波器何时进入录波状态,当电力系统有大扰动产生时,判断出扰动的产生时刻和类型。启动是录波器的一项关键技术指标,如开关量启动,电流、电压、频率越限启动等,设计时采用合适的算法保证启动的准确性和可靠性^[5,6]。

录波器数据记录时间及采样频率可采用如图 2 所示的分段记录方式。

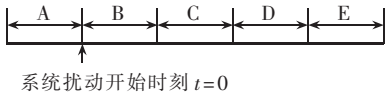


图 2 录波器记录时间及采样频率示意图
Fig.2 The sketch of recording duration and sampling frequency

当录波器启动时,数据记录分为 5 段:A 段为系统扰动前,高速采样($>10\text{ kHz}$),记录时间 0.04 s;B 段为系统扰动后,记录原始波形,高速采样($>10\text{ kHz}$),记录时间 0.1 s;C 段为系统扰动后中期过程,中速采样,记录时间 $>2\text{ s}$;D 段为系统扰动后动态过程,中速采样,记录时间 $>60\text{ s}$;E 段为系统扰动后长过程,低速采样,记录时间 $>600\text{ s}$ 。

对系统扰动不同时刻采用变频率采样可以有效节省磁盘空间和信息传送时间。启动录波后,如遇到电压突变量和输入断路器合、跳闸信号则由该时刻重新沿 A~E 段重复录波。

故障分析和测距算法:基于高速采样的数据,利用高性能 CPU 和高级语言可对故障信息进行智能化处理,在对故障进行事后分析时采用小波分析法,对谐波可采用傅里叶分析法,可以更准确的分析出

故障的信息,在录波器中采用多种故障测距算法,根据实际情况选用合适的算法。

3.3 关键技术措施

a. 利用高科技的数据采集技术和高层次开发平台实施开发,使用虚拟仪器的设计平台和思想对电力故障录波装置进行设计,使产品的人机界面和易用性明显高于国内现有产品,而且硬件升级换代,软件毋需改动。

b. 组建高速故障数据采集系统,在采集的模拟量路数较多时,为保证采样、计算分析的及时性,可采用硬件自适应调整定点采样(跟踪采样)^[7]及多CPU结构和实时操作系统。

c. 保证装置的准确启动,故障录波器的启动判据整定不好,就会出现拒动或系统稍有波动就启动的情况,为此在整定时要求达到较高的准确性和可靠性。

d. 在故障分析和测距算法上,采用数据量更大的多种优化算法,如在网络快速通信能力和GPS时钟支持下采用如单端、双端测距,甚至多端测距。

e. 采用标准的网络通信方式,故障信息快速联网;采用以太网和RS-232/422/485互为备用的方式,保证联网的可靠性和及时性,有可能为故障的在线诊断和恢复提供原始数据。

4 结论

利用良好开放性的虚拟仪器平台开发新型录波装置,开发周期短,功能扩展方便,性能可靠。基于虚拟仪器技术的电网故障录波装置在采集速度、采集精度、记录容量等方面将很好地满足现代电网故障研究的需要,具有广阔地发展应用前景。

参考文献:

- [1] 骆健,丁网林,唐涛.国内外故障录波器的比较[J]. 电力自动化设备,2001,21(7):27-30.
LUO Jian,DING Wang-lin,TANG Tao. Comparison of domestic and foreign fault recorders[J]. *Electric Power Automation Equipment*,2001,21(7):27-30.

- [2] KEZUNOVIC M,RIKALO I. Automated analysis of protective relay operation[A]. *ISAP'99*[C]. Riode Janciro,Brazil: [s.n.],1999. 234-238.
- [3] 王晓蔚,张晓玲,张翌辉. 虚拟故障录波器中数据采集卡完成的功能[J]. 电气传动自动化,2003,25(2):53-55,58.
WANG Xiao-wei,ZHANG Xiao-ling,ZHANG Yi-hui. Function of data acquisition card in virtual faulted wave recorder [J]. *Electric Drive Automation*,2003,25(2):53-55,58.
- [4] 贺仁睦. 电网动态实时监控及管理系统的构想 [J]. 电力系统自动化,2002,26(5):1-4.
HE Ren-mu. Power system dynamics monitoring and management system [J]. *Automation of Electric Power Systems*,2002,26(5):1-4.
- [5] 王哲,焦彦军,张新国,等. 高性能故障录波器的方案设计[J]. 电力自动化设备,2003,23(3):40-42.
WANG Zhe,JIAO Yan-jun,ZHANG Xin-guo,et al. Design of high performance fault recorder[J]. *Electric Power Automation Equipment*,2003,23(3):40-42.
- [6] 黎洪生,陶运锋,朱兆勋,等. 远程在线监测与故障诊断系统的实现[J]. 武汉理工大学学报,2001,23(7):35-37.
LI Hong-sheng,TAO Yun-feng,ZHU Zhao-xun,et al. The design and realization of remote online monitor and fault diagnosis system[J]. *Journal of Wuhan University of Technology*,2001,23(7):35-37.
- [7] 常胜,刘辉,桂小军. 电网事故信息的收集与分析处理[J]. 继电器,1999,27(2):43-48.
CHANG Sheng,LIU Hui,GUI Xiao-jun. Acquisition and analysis processing of event information of power network [J]. *Relay*,1999,27(2):43-48.

(责任编辑:李育燕)

作者简介:

薛梅芳(1952-),女,江苏淮安人,主任,工程师,研究方向为电力系统自动化及安全运行(E-mail: Bear1227@126.com);
陈晟(1966-),男,江苏泰州人,副总经理,高级工程师,研究方向为电力系统自动化及安全运行(E-mail: chen shengtz@sina.com);
汤少卿(1966-),男,江苏泰州人,副总经理,工程师,研究方向为电力系统自动化及安全运行。

Study on high-speed network fault recorder of power system based on virtual instrument technology

XUE Mei-fang¹,CHEN Sheng²,TANG Shao-qing²

(1. Huaian Power Supply Company, Huaian 223002, China;

2. Taizhou Power Supply Company, Taizhou 225300, China)

Abstract: The performance parameters of various fault recorders in power system are compared and some problems are pointed out, including the defects of sampling frequency, timing signal, data format, transmission protocol and diagnostic fault processing. A network fault recorder based on virtual instrument technology is designed and its advantages are expounded. The hardware composition and software programming are emphasized, as well as the key technical means. It can shorten development cycle, make system function expansion easier, improve performance, and meet the needs of modern power system fault study in sampling rate and precision, recording capacity, fault diagnosis and system networking by utilizing the virtual instrument platform.

Key words: power system fault; virtual instrument; high-speed sampling; start-up criterion