

## 一种高速电力系统过电压在线监测系统的开发

张亚迪<sup>1</sup>, 陈柏超<sup>1</sup>, 畅广辉<sup>1</sup>, 杨东海<sup>2</sup>

(1. 武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉, 430072; 2. 许继集团公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 介绍了一种新型电网过电压在线监测装置, 它包括过电压波信号的光纤传输系统、实时判断电网过电压系统和高速信号采集与大容量存储系统。该装置能实时在线监测系统电压的变化, 并能自动追踪记录过电压波形、幅值及发生时间。通过模拟实验与比较测量对装置的功能进行了考核与分析。通过工程现场数据分析表明, 该装置的应用取得了满意的效果。

**关键词:** 过电压; 光纤传输; 在线监测; 实时; 数据采集

## Development of a high speed on-line monitoring device for over-voltage in power system

ZHANG Ya-di<sup>1</sup>, CHEN Bai-chao<sup>1</sup>, CHANG Guang-hui<sup>1</sup>, YANG Dong-hai<sup>2</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** A new on-line monitoring device for power system over-voltage is introduced. It contains optical fiber transmission system for over-voltage signal, high-speed signal DAQ system and high-capacity storage system. It can real-time on-line monitor the change of system voltage and record the waveform, amplitude value and occurrence time of over-voltage automatically. The performance of the device is assessed and analyzed through the simulating experiment and comparative measure. The results of monitoring device show that the system is satisfied in using.

**Key words:** over-voltage; optical fiber; on-line monitoring; real-time; DAQ

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)15-0039-03

## 0 引言

在电力系统中, 各级电网及其各种电气设备均在其额定电压下工作, 额定电压是电气设备长期正常运行的电压, 在实际生产生活中往往由于电力系统内部和外部环境的种种因素会造成电力系统的电压升高形成过电压, 使各种设备在高于额定电压之上的过电压下工作, 便造成各类事故, 因此对过电压故障必须重视。

所以为确保电网安全运行, 需要一种能在线追踪记录电网过电压波形与幅值并具有各种分析及波形处理的装置, 以便对系统的过电压故障进行统计与分析。

## 1 监测装置的硬件设计

## 1.1 装置的结构

## 1.1.1 电压信号的光电传输系统

光电传输系统的结构如图1所示。一次的电压信号经过精密电容分压器分压后直接进行A/D转换, 转换后的数字信号经电/光转换进入光纤, 通过光纤传至控制室再经光/电还原为电信号用于采集。

高压分压器采用精密电容式分压器, 其暂态响

应特性好, 可直接接在电力系统的高压母线上, 能将电压信号降到合适的电平。分压器的输出信号经过信号调理后就地进行A/D转换。

电/光转换后的光信号通过光纤进入主控室。光纤传输带宽大, 衰减小, 很适合在特殊应用环境和长距离信号传输。利用光纤传输, 即使处于电磁波很强的环境中, 也不受干扰, 可以同时和电源线集中布放在同一管道内。这种基于光纤的光电传输系统结构紧凑, 布局科学, 大大提高了系统的测量精度。

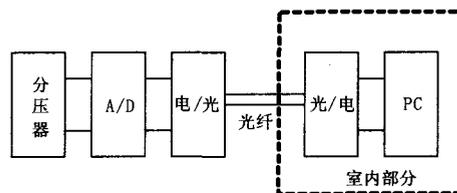


图1 传输系统的结构

Fig.1 Structure of the transmission system

## 1.1.2 高速信号采集系统

采集系统的结构如图2所示。经转换后的被测信号进入高速数据采集系统模拟输入端, 各通道并行同步触发。此时系统可以设置为连续触发、自动

存盘模式。当系统内没有暂态过电压信号产生时，采集系统不会记录数据，当暂态过电压信号产生时，系统自动启动采集，将整个暂态过程记录下来并存储到设定好的硬盘目录下，数据存储完毕后，系统自动进入下一次等待触发状态。

此系统在现场可以通过键盘、鼠标、显示器等设备进行操作，还可以通过 TCP/IP 以太网接口，在网络化虚拟仪器软件的管理下用远端的上位机进行控制，也可以将采集的数据通过网络传输至上位机存储、处理、分析、打印等。同时，自动化的采集存储机制可以通过编程实现在无人职守的情况下正常工作。

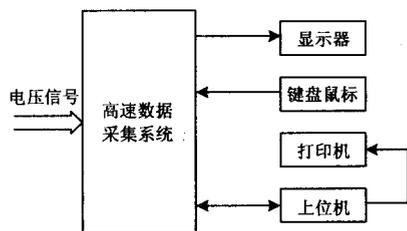


图 2 采集装置的结构

Fig.2 Structure of the DAQ device

### 1.2 监测系统的主要功能

该装置的主要功能有：

(1) 在线自动跟踪监测系统过电压，能记录多个工频周期的电压波形，可以还原异常电压之前几个周期的正常波形以反映过渡过程，记录波形误差率不高于 2%，且显示出过电压产生时间、最大值、过电压倍数等相关数据。

(2) 每通道的采样频率均可以随时调整，最高可调至 20 mHz 用以采集高频信号，且所有通道可以并行采集。

(3) 可定时或实时采集系统运行电压波形，用于谐波分析，并计算出总谐波畸变率。

(4) 可以对采集的电压进行相位分析，获得以 A 相为基准相的基波向量图以及各相间的基波相角差，以判断各相序正确性。

(5) 可根据各种电压波形的特点，分析计算所采集的电压数据，判断其所属电压类型，以简单的对话框形式显示。

## 2 监测系统的程序设计

### 2.1 采集程序设计

前台工控机通过数据采集卡完成过电压数据的监控与采集，并将采集到的数据以文件保存。

采集程序用 C++ 编写，程序启动运行就进入监

控状态，对 AD 转换数据不断进行比较与计算，将数据存入 RAM 的循环区，如发现超出基准值的数据，则判断有过电压信号。数据以文件形式存盘，存储速度快，可连续响应过电压事件。流程图如图 3 所示：

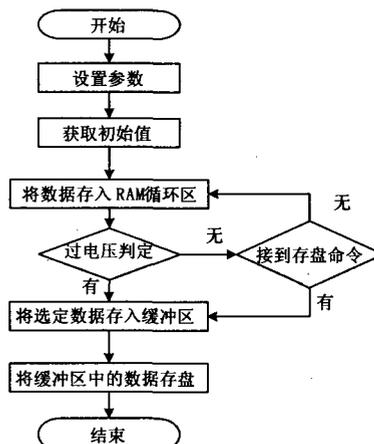


图 3 采集程序流程图

Fig.3 Flow chart of the DAQ program

### 2.2 测量装置的后台机程序设计

分析程序运行于 WindowsXP 环境下。使用分析程序，用户可以从数据库中方便地提取数据，并观察由程序自动生成的波形及一些过电压信息。为了便于观察与比较，用户可以方便地在一个窗口界面上观看多通道波形图，也可以只观看单通道波形图，并可使波形纵向移动以及进行波形运算。分析程序流程图如图 4。

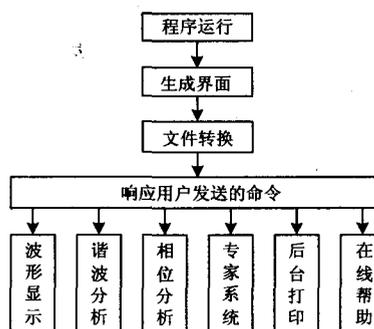


图 4 后台机程序流程图

Fig.4 Flow chart of the analysis program

## 3 监测装置的调试

### 3.1 过电压监测功能调试

用实验室的高压模拟设备产生 10 kV 系统中一种内部过电压，然后用该装置进行监测，并同时用 Tektronix 公司的数字式实时示波器进行对比测量。

如图 5 所示为线路发生单相接地故障时监测系

统采集到的 A 相电压波形。A 相过电压尖峰幅值由程序分析显示为正常运行电压峰值的 2.29 倍, 亦可由时间轴看出电压故障波动持续时间约为 140 ms。图 6 为故障时的零序电压波形, 根据此波形可以准确分析零序电压的波动情况。图中纵轴为电压轴; 横轴为时间轴。

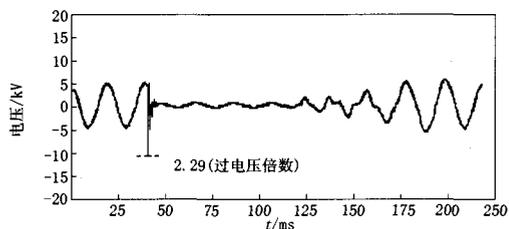


图 5 单相接地引起的过电压波形 (A 相)

Fig.5 Over voltage waveform of single-phase earthing ( phasic

A)

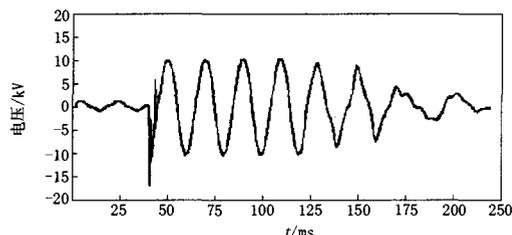


图 6 单相接地引起的过电压波形 (零序)

Fig.6 Over voltage waveform of single-phase earthing (zero sequence)

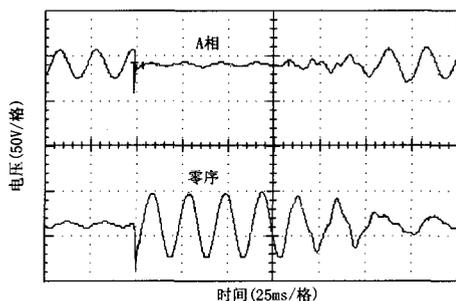


图 7 示波器测量波形

Fig.7 Waveform measured by oscillograph

图 7 为示波器的实时测量结果, 当系统发生单相接地故障时, 接地相 A 相电压降低, 零序电压升高。将图 7 与图 5、图 6 的波形对比可以看出, 两组波形基本一致, 波形光滑。在实际调试中通过大量的过电压波形测量, 证明装置稳定可靠。

### 3.2 相位分析功能调试

在实验中, 采集错误接线时的系统电压进行相位分析, 得出的结果和正确接线方式比较, 从而判

断相位分析的正确性。图 8 所示为将 B 相、C 相接线交换位置接入实验系统, 采集到的电压波形。

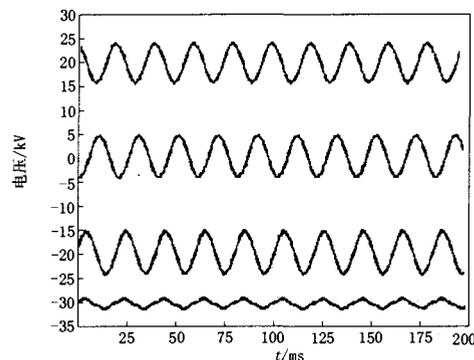


图 8 错误接线方式系统电压波形

Fig.8 System voltage waveform of false connection

后台分析程序可以对相位进行分析, 准确判断三相电压相位的正确性, 界面显示以 A 相为基准相的基波向量图以及各相间的基波相角差, 以此可以对各相的接线进行判断, 为实际线路的故障分析提供了准确依据。在实验室调试过程中, 对大量的电压波形进行了相位分析, 均得到了正确的结果。

## 4 结论

(1) 基于光纤的光电传输系统的应用, 提高了系统的测量精度。

(2) 装置能同时监测多条线路, 准确快速地捕获电网过电压信号。

(3) 装置能对各类过电压作出正确的分析和判断, 确定其所属过电压类型, 符合测量装置的发展方向。

(4) 长期挂网运行证明该装置工作稳定、可靠。

### 参考文献

- [1] 陈维贤. 电网过电压教程[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
  - [2] 关根志主. 高电压工程基础[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
  - [3] 张诚, 王金海, 陈才和, 等. 基于数字信号处理的干涉型光纤传感器检测系统的研究与设计[J]. 传感技术学报, 2007, (1): 64-67.
- ZHANG Cheng, WANG Jin-hai, CHEN Cai-he, et al. Research and Design of an Interferometric Optical Fiber Sensor Measuring System Based on Digital Signal Processing[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2007, (1): 64-67.

(下转第 84 页 continued on page 84)

- FANG Zhi, ZHAO Zhong-yuan, QIU Yu-chang, et al. Development of an Optic-Electric System For Measuring Voltage Distribution Along HVDC Converter Valves[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 69-71.
- [23] 杨万开, 田璧元, 程仲林. 污秽绝缘子泄漏电流光纤测量系统[J]. 电力情报, 1994, (1): 59-61.
- YANG Wan-kai, TIAN Bi-yuan, CHENG Zhong-lin. Leakage Current Optical Fiber Measurement System for Contaminated Insulator[J]. Information on Electric Power, 1994, (1): 59-61.
- [24] 周晓威. 用光纤取样技术实现避雷器泄漏电流的在线实时监测[J]. 高压电器, 2001, 37(6): 55-58.
- ZHOU Xiao-wei. On-Line Monitoring the Leaky Current of MOA with Optical-fiber Sampling Technology[J]. High Voltage Apparatus, 2001, 37(6): 55-58.
- [25] 李开成, 叶妙元. 智能光纤雷电流测量系统[J]. 高压电器, 2000, 26(1): 40-42.
- LI Kai-cheng, YE Miao-yuan. Intelligent Optical Fiber Measurement System for Lightning Current Measurement[J]. High Voltage Apparatus, 2000, 26(1): 40-42.
- [26] 汲胜昌, 王世山, 李清泉, 等. 光电系统在变压器振动测试中的应用[J]. 高电压技术, 2002, 28(6): 18-20.
- Ji Sheng-chang, WANG Shi-shan, LI Qing-quan, et al. The Application of Optic-electro System in Vibration Test of Transformer [J]. High Voltage Engineering, 2002, 28(6): 18-20.
- [27] 王海明, 郑绳榷. 电子电流互感器高压侧电源方案研究[J]. 电工技术杂志, 2004, (7): 72-74.
- WANG Hai-ming, ZHENG Sheng-xuan. Researches on Power Supply for the High Voltage Unit of the Active Electronic Current Transducer[J]. Electrotechnical Journal, 2004, (7): 72-74.
- [28] 吕英俊, 李静. 有源电子式互感器高压侧电源设计的新方法[J]. 矿山机械, 2006, 34(3): 74-76.
- LV Ying-jun, LI Jing. Design Method for High Voltage Side Power Supply with Active Electronic Mutual Inductor[J]. Mining & Processing Equipment, 2006, 34(3): 74-76.
- [29] 邸荣光, 刘仕兵. 光电式电流互感器技术的研究现状与发展[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(8): 98-100.
- DI Rong-guang, LIU Shi-bing. Research Status Quo and Development of Optical Current Transducer [J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(8): 98-100.
- [30] 方志, 段乃欣, 朱周侠, 等. 电力系统用光电电流互感器的发展[J]. 华东电力, 2002, (12): 51-53.
- FANG Zhi, DUAN Nai-xin, ZHU Zhou-xia, et al. Progress of Opt-electric Current Transducer in Power System [J]. East China Electric Power, 2002, (12): 51-53.

收稿日期: 2006-11-23; 修回日期: 2007-04-30

作者简介:

陈陶陶(1983-), 男, 硕士研究生, 主要从事高压测量设备方面的研究; E-mail: chentaotao1983@gmail.com

方志(1977-), 男, 博士, 主要从事电力系统自动化的理论研究、教学和科研工作;

邱毓昌(1934-), 男, 西安交通大学教授, 博导, IEEE Fellow, 从事高电压技术与气体放电应用等方面的研究。

(上接第 41 页 continued from page 41)

- [4] 夏小飞, 鲁铁成, 董涛, 等. 基于DSP技术的过电压在线监测装置的研制[J]. 高电压技术, 2006, (4).
- XIA Xiao-fei, LU Tie-cheng, DONG Tao, et al. Design of the On-line Over-voltage Detecting Device Based on DSP[J]. High Voltage Engineering, 2006, (4).
- [5] 姚陈果, 孙才新. 配电网过电压在线监测系统的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(9): 74-76.
- YAO Chen-guo, SUN Cai-xin. An On-line Monitoring System for Over-voltage of Distribution Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(9): 74-76.
- [6] 程改红, 徐政. 电力系统故障恢复过程中的过电压控制[J]. 电网技术, 2004, 28(11): 29-33.
- CHENG Gai-hong, XU Zheng. A Method to Control Sustained Over-voltage During Power System Restoration[J]. Power System Technology, 2004, 28(11): 29-33.
- [7] 包大恩, 鲁铁成, 吴高林. 配电网电压质量在线监测装置的研制[J]. 高电压技术, 2002, (10).
- BAO Da-en, LU Tie-cheng, WU Gao-lin. Development of Voltage Quality On-line Monitoring Device for Power Distribution System[J]. High Voltage Engineering, 2002, (10).
- [8] 刘强, 张元芳, 黄海鲲, 等. MV—I型过电压在线监测装置的研制[J]. 高电压技术, 2002, (8).
- LIU Qiang, ZHANG Yuan-fang, HUNAG Hai-kun, et al. Development of MV- I Overvoltage On-line Monitoring Device[J]. High Voltage Engineering, 2002, (8).
- [9] Bates J, Tompkins T. VisualC++6.0 使用指南[M]. 石祥生, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2000.

收稿日期: 2007-04-18; 修回日期: 2007-06-12

作者简介:

张亚迪(1981-), 男, 博士研究生, 研究方向为电力系统电压调整及无功控制; E-mail: Addywhu@126.com

陈柏超(1960-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统过电压抑制新技术, 电能质量控制, 灵活交流输电技术。