

文章编号:1000-582X(2008)01-0029-05

GIS 局放超高频在线监测系统研制

唐 炬, 廖 华, 张晓星, 许中荣

(重庆大学 电气工程学院 高电压与电工新技术教育部重点实验室, 重庆 400030)

摘 要:利用超高频微带贴片天线传感器和超高频滤波放大器,实现了局部放电信号的采集、提取、调理和传输。采用 LabVIEW 图形化语言的虚拟仪器技术实现了对气体绝缘组合电器(GIS)设备局部放电信号的定时循环检测、信号处理、数据分析、缺陷类型模式识别、监测数据查询和绝缘状况初步评估等功能。该系统已在重庆市某 220 kV 级 GIS 变电站成功运行,试验运行结果表明,采用虚拟仪器技术的 GIS 局部放电超高频在线检测系统能实现 GIS 局部放电超高频检测。

关键词:虚拟仪器;气体绝缘组合电器;局部放电;在线监测;超高频

中图分类号:TM835

文献标志码:A

GIS Partial Discharge UHF On-line Monitoring System Based on Virtual Instruments

TANG Ju, LIAO Hua, ZHANG Xiao-xin, XU Zhong-rong

(Key Laboratory of High Voltage Engineering and Electrical New Technology, Ministry of Education, Electrical Engineering College of Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: The PD signals were acquired, processed and transmitted by the UHF antenna and UHF filter-amplifiers. The software system could realize the functions of time-cycle examining, PD signals processing, history data analyzing, type-pattern recognition, trend querying and primary evaluation of insulation condition with the technique of virtual instruments. This system had been running in a 220 kV GIS Substation of Chongqing. The field results show that the UHF PD on-line monitoring system of GIS based virtual instruments could detect the UHF GIS PD signals effectively and efficiently.

Key words: virtual instruments; GIS; partial discharge; on-line monitoring; ultra high frequency

随着电力系统中 GIS 设备的广泛应用, GIS 对于保证电力系统的正常工作具有决定性的作用。为了提高电力系统的稳定性和自动化, GIS 局部放电在线监测技术已成为当今国内外研究的热点^[1-3]。GIS 在线监测系统能够实时监测 GIS 由盆式绝缘子处泄漏的局部放电电磁波信号,有效检测设备绝缘劣化、发生击穿、闪络等严重现象。

虚拟仪器技术是以计算机为基础平台,通过增加相关硬件和软件构建而成的,虚拟仪器的本质是

“软件就是仪器”,同传统的测试仪器相比,虚拟仪器系统具有开放性、实用性和性价比高的优点^[4-5]。特别适用于开发具有很强针对性和特殊性的电气设备绝缘在线监测系统。目前该技术在电力、航空航天、通讯、汽车和生物医学等众多领域内获得了广泛的应用^[6-7],如基于 LabVIEW 和 LabWindows/CVI 的虚拟仪器技术的电气设备的传统局部放电测量系统^[8-9]。

笔者介绍一种基于虚拟仪器技术的超高频 GIS

收稿日期:2007-09-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50577069);973 计划前期研究专项(2006CB708411)

作者简介:唐炬(1960-),男,重庆大学教授,博士生导师,主要从事高压电气设备绝缘在线监测及故障诊断研究,

(Tel)023-65112739;(E-mail)cqtangju@vip.sina.com。

设备局部放电在线监测系统的硬件组成和软件功能。硬件部分首先由超高频天线传感器和超高频滤波放大器获取局部放电信号,再通过多路信号传输电缆,由高速数据采集卡和计算机进行数据采集。软件系统主要由自动监测、信号处理、数据存储和查询、数据分析、局部放电模式识别和故障诊断、预警等模块构成。基于虚拟仪器的超高频 GIS 局部放电在线监测系统具有测量频带宽、频率高、信息量大等优点,实现了对局部放电信号的多路采集、调理、传输、数据分析、数据查询、阈值报警等功能,该系统的抗干扰能力强,能有效提取 GIS 变电站监测现场的局部放电信号和准确地进行模式识别,监测软件操作方便,智能化程度较高,为提高中国的电力设备运行安全性提供了一项新技术。

1 系统概述

基于虚拟仪器技术的 GIS 局部放电在线监测系统主要由超高频微带天线传感器、超高频传输单元、信号调理单元、数据采集单元、通讯模块、数字 I/O 控制模块和 PXI 总线机箱等模块组成,对 GIS 设备在盘式绝缘子处泄漏出来的超高频局部放电信号进行自动循环检测和手动监测,同时对采集到的局部放电信号进行分析,进而对 GIS 设备的绝缘状况作出评价。并有历史数据报表、查询以及数据的历史趋势曲线查询功能,便于跟踪 GIS 设备局部放电的发展过程,综合判断 GIS 设备的绝缘状况。系统结构如图 1 所示。

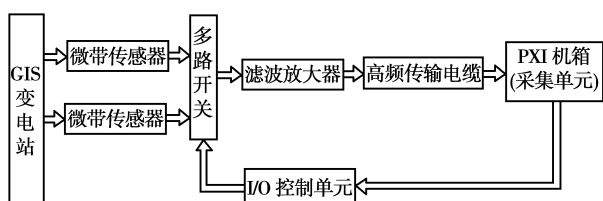


图 1 GIS 局部放电超高频检测系统结构图

2 硬件系统及其工作原理

GIS 局部放电在线监测系统硬件由以下几部分组成:用来进行局部放电信号接收的超高频微带贴片天线传感器;用来进行多路选通和放大滤波的超高频信号调理单元;实现多路选通的通讯和控制单元;用来实现局部放电信号采集的数据采集单元。

2.1 天线传感器

在线监测系统采用的是笔者设计的超高频微带贴片天线传感器,其模拟带宽为 340 ~ 440 MHz,中心频率为 390 MHz^[10]。一般安装在 GIS 罐体段间间隔的盘式绝缘子处,可以有效地检测到从盘式绝缘子处泄漏出来的超高频局部放电信号。天线传感器是信号接收的关键器件,对其技术指标要求非常高,图 2、3 分

别是该微带贴片天线驻波比曲线和方向图。

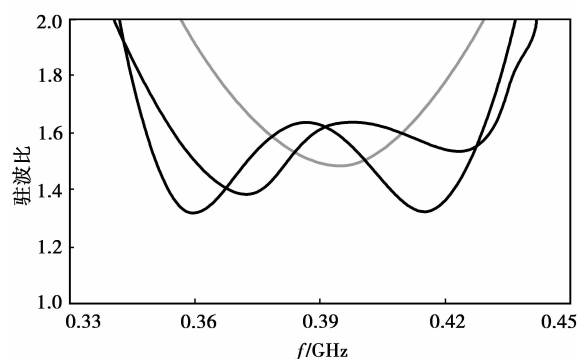


图 2 微带贴片天线理论和实测驻波比曲线

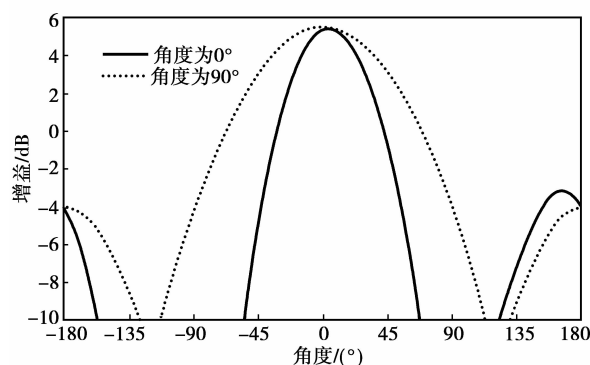


图 3 微带贴片天线方向图

2.2 信号调理单元

信号调理单元采用多路选择开关来实现多路选通,模拟信号经过超高频滤波放大器后通过高频传输电缆传输给数据采集卡进行采集。该单元安装在现场。其中多路开关为单刀八掷开关,输入信号频带范围为 300 ~ 500 MHz,滤波放大器的模拟带宽为 300 ~ 500 MHz,增益为 23 dB,输入阻抗与微带贴片天线传感器相匹配。

2.3 数据采集单元

数据采集单元采用采样率为 5 GS/s,模拟带宽为 500 MHz 的双通道高速采集卡,单通道最大存储长度为 8 M,计算机采用 PXI 总线机箱。

2.4 抗干扰措施

针对电力系统严重电磁干扰的情况,设计了专用的屏蔽系统,包括前端信号调理单元的屏蔽、传输电缆的屏蔽、接头端口的屏蔽。并采用模拟信号隔离放大器、数字滤波技术以解决现场电磁环境下的干扰问题。

3 系统软件设计

3.1 系统开发平台

虚拟仪器的 GIS 局部放电在线监测系统软件是基于 LabVIEW 图形化语言开发出来的,实现了数据的采集、存储以及数据分析,采用了滤波分析、频谱分析、小波分析、复小波分析^[11]、模式识别等数学分

析方法,对 GIS 运行状态进行诊断并在适当时候发出警报。另外 ODBC 技术实现了 LabVIEW 与 SQL Server2000 的通信,实现了大量局部放电数据的管理。软件系统的组成框图如图 4。

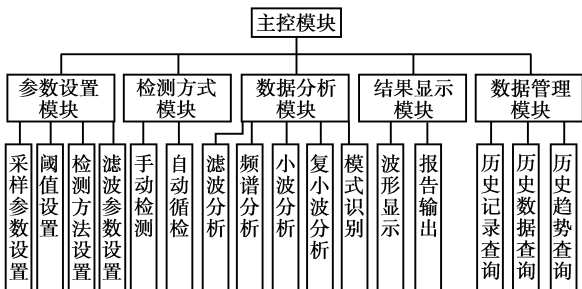


图 4 系统软件组成框图

3.2 软件功能

3.2.1 参数设置功能

在进行检测前,首先要进行参数设置,它包括采样参数设置、检测方式设置、阈值设置、滤波参数设置等。

3.2.2 监测功能

运行模式有自动和手动两种:自动循环方式自动完成对全站被测设备的循环监测、实时运行状态显示、存储、报警,其中时间间隔可在参数设置里任意设置;手动方式用于对某一设备进行集中监测,特别是出现一级报警时需要重点观察的设备。系统监测界面如图 5 所示。

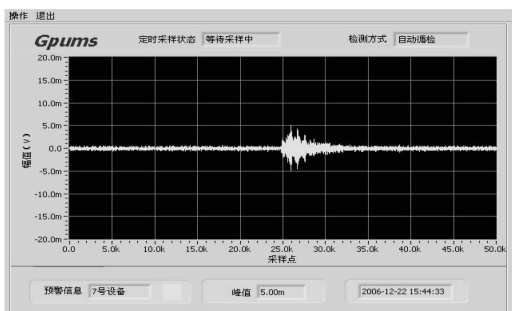


图 5 系统监测界面

3.2.3 数据分析和故障预警功能

软件对所采集到的局部放电信号波形进行滤波、频谱分析、小波分析、复小波分析、局部放电类型的模式识别等处理,并在结果显示窗口显示分析结果。在参数设置中根据经验设置一报警阈值,在监测过程中,若设备发生异常,软件会自动报警。

3.2.4 数据存储和查询功能

系统实时地实现了原始数据自动保存,包括局部放电信号波形、设备号、采集时间以及最大放电量等。实现了多级文件管理方法和数据库管理方法相结合的系统数据管理方式。

为方便变电站工作人员及上级管理人员长期观察站内电力设备的运行状况,监测系统提供查询功能。运行历史数据查询、历史数据报表查询和历史

曲线趋势图查询。可制定设备年、月和日放电趋势曲线。

4 现场应用

该监测软件已在重庆市某 220 kV GIS 变电站成功应用,实现了站内 8 个点的局部放电信号的获取、传输与采集。目前监测系统运行正常,取得了一定的效果。图 6 所示为超高频微带天线安装示意图。图 7 所示为现场实测到的局部放电波形。



图 6 变电站微带天线安装示意图

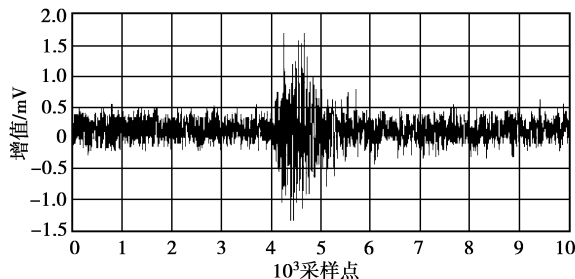


图 7 变电站实测波形

图 8 为通过系统查询功能查询到的 2006 年 12 月 22 日采集的 1 号设备的局部放电信号波形。从图中可以看出:局部放电信号较强,最大幅值为 15 mV。经过有限响应带通滤波去除干扰信号后,信号最大幅值为 10 mV,其中通带频段为 100 ~ 400 MHz。如图 9 所示。图 10 所示为频谱分析后所得到的结果。从图中可得放电频谱主要集中在 300 MHz 左右。图 11 所示为滤波后信号经小波分析后的分析结果波形图。图 12 所示为滤波后信号经复小波分析后的分析结果波形图。图 13 所示为滤波后信号经模式识别分析后得到的结果。

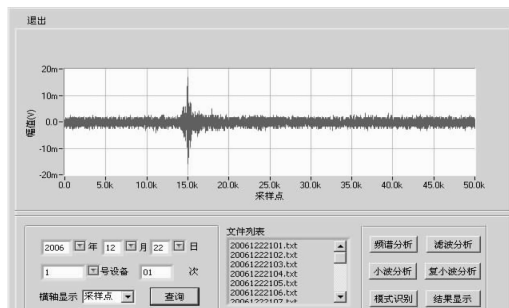


图 8 采集的原始信号波形

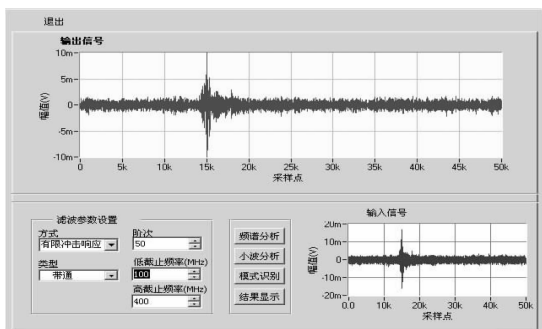


图 9 原始信号经 FIR 滤波后波形

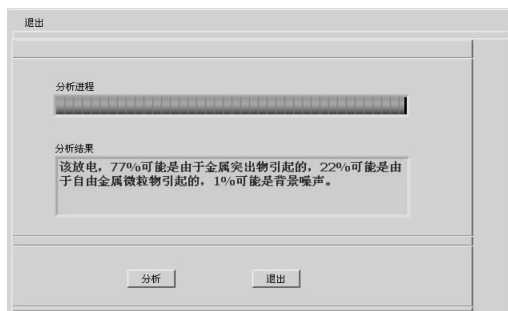


图 13 放电类型模式识别

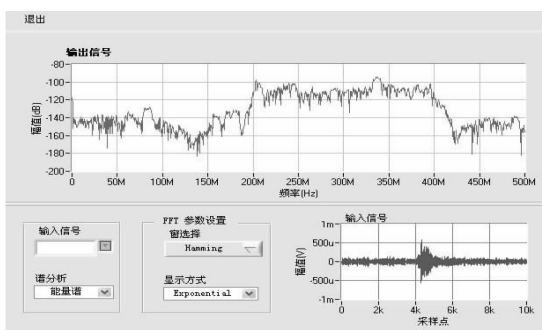


图 10 频谱分析后波形

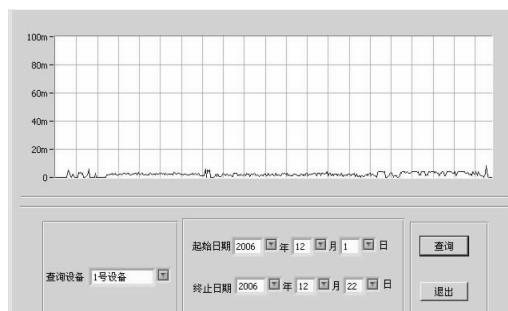


图 14 分析结果

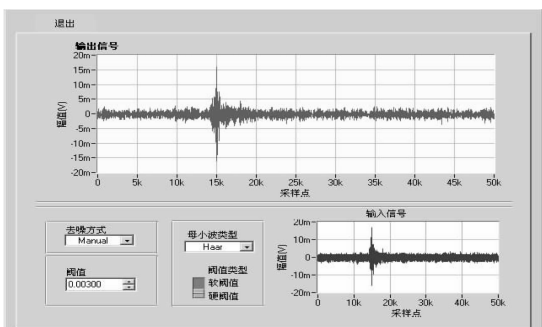


图 11 小波分析后的波形

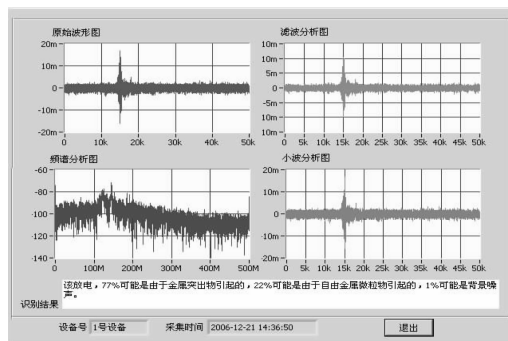


图 15 放电趋势

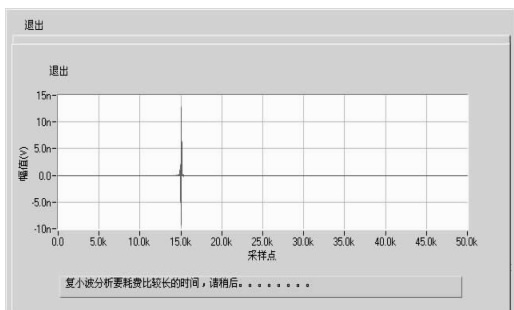


图 12 复小波分析后波形

数据分析结束后, 所分析结果最后都显示在如图 14 所示的界面上。从图中可以看出: 2006 年 12 月 21 日 14 时 36 分 GIS 变电站 1 号设备有局部放电发生, 信号较强, 并且集中在 300 MHz 左右。系统还具有放电历史曲线趋势图查询功能, 图 15 显示了从 2006 年 12 月 1 日到 12 月 22 日 1 号设备的放电趋势, 从图中可以看出, 这 20 多天来设备 1 运行平稳, 没有放电急剧变化的情况。

5 结 论

1) GIS 局部放电在线监测系统采集性能稳定可靠, 检测灵敏度高, 可以全天候自动监测 GIS 变电站多点局部放电信号的变化。

2) 系统监测软件界面友好, 可进行多种查询和数据分析, 具有预警和故障诊断功能, 并且能对放电趋势进行查询, 方便变电站工作人员及上级管理人员进行科学监测。

3) 通过现场运行, 为状态检修提供大量的可靠数据, 也取得了良好的监测效果, 适合在 GIS 变电站应用, 具有广泛的推广价值。

参考文献:

[1] SCHICHLER U, GORABLENKOW J, DIESSNER A. Experience with UHF PD detection in GIS substations [C] // 8th International Conference on Dielectric Materials,

- Measurements and Applications. Xi'an: Xi'an University, 2000:139-144.
- [2] 黄兴泉,康书英,李泓志,等. GIS局部放电超高频电磁波的传播特性研[J]. 高电压技术,2006,32(10):32-35.
HUANG XING-QUAN, KANG SHU-YING, LI HONG-ZHI, et al. Simulation study on the characteristics of ultra-high frequency electromagnetic wave in GIS [J]. High Voltage Engineering,2006,32(10):32-35.
- [3] 唐炬,刘明军,彭文雄,等. GIS局部放电外置超高频检测系统[J]. 高压电器,2005,41(1):6-9.
TANG JU, LIU MING-JUN, PEN WEN-XIONG, et al. Outside detection system of partial discharge in GIS with UHF method[J]. High Voltage Apparatus,2005,41(1):6-9.
- [4] 刘君华,贾惠芹,丁晖,等. 虚拟仪器图形化编程语言 LabVIEW 教程[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [5] 杨乐平. LabVIEW 高级程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [6] 瞿翌,朱建林,赖旭. 基于虚拟仪器的水电机组在线状态监测系统的研究[J]. 华东电力,2004,32(7):14-16.
QU ZHAO, ZHU JIAN-LIN, LAI XU. Study of on-line condition monitoring system for hydro unit based on virtual instrument[J]. East China Electric Power,2004,32(7):14-16.
- [7] 颜秋容,刘欣,水运龙,等. 基于虚拟仪器技术的变压器状态监测系统[J]. 高电压技术,2005,31(8):39-41.
YAN QIU-RONG, LIU XIN, SUI YUN-LONG, et al. Transformer condition monitoring system based on virtual instrument technology[J]. High Voltage Engineering,2005,31(8):39-41.
- [8] 王景春,丁立健,王伟,等. 基于 LabVIEW 平台的局部放电测量系统[J]. 现代电力,2000,17(3):12-16.
WANG JING-CHUN, DING LI-JIAN, WANG WEI, et al. Measurement system of partial discharge based on LabVIEW [J]. Modern Electric Power,2000,17(3):12-16.
- [9] 刘通,朱哲蕾,陈玉,等. 基于 LabWindows/CVI 的 GIS 局部放电在线监测系统软件的设计与开发[J]. 电力设备,2005,6(10):41-43.
LIU TONG, ZHU ZHE-LEI, CHEN YU, et al. Design and development of online monitoring software based on LabWindows/CVI for GIS partial discharge[J]. Electrical Equipment,2005,6(10):41-43.
- [10] 张晓星,唐炬,彭文雄,等. GIS局部放电检测的微带贴片天线研究[J]. 仪器仪表学报,2006,27(12):1595-1599.
ZHANG XIAO-XING, TANG JU, PENG WEN-XIONG, et al. Study on the outer UHF microstrip patch antenna for partial discharge detection in GIS[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2006,27(12):1595-1599.
- [11] 唐炬,许中荣,孙才新,等. 应用复小波变换抑制 GIS 局部放电信号中白噪声干扰的研究[J]. 中国电机工程学报,2005,25(16):30-34.
TANG JU, XU ZHONG-RONG, SUN CAI-XIN, et al. Application of complex wavelet transform to suppress white-noise interference in GIS PD signals [J]. Proceedings of the Csee,2005,25(16):30-34.

(编辑 李胜春)

~~~~~

(上接第23页)

## 参考文献:

- [1] BRUNO S A, SWANSAN D K. High performance multilayer capacitor dielectrics from chemically prepared powders [J]. J Am Ceram Soc, 1993, 76:1233-1241.
- [2] PHULE P P, RISBUD S H. Low temperature synthesis and processing of electronic materials in the BaO-TiO<sub>2</sub> system[J]. J Mater Sci, 1990, 25:1169-1183.
- [3] CHU M S H, RAE A M. Manufacturing dielectric powders [J]. Am Ceram Soc Bull, 1995, 74:69-72.
- [4] LU S W, LEE B I, WANG Z L, et al. Hydrothermal synthesis and structural characterization of BaTiO<sub>3</sub> nanocrystals [J]. J Crystal Growth, 2000, 219:269-276.
- [5] BECK H P, EISER W, HABERKORN R. Pitfalls in the synthesis of nanoscaled perovskite type compounds [J]. J Eur Ceram Soc, 2001, 21:687-693.
- [6] WANG F, LAURI N. Preparation of strontium titanate using strontium titanyl oxalate as precursor[J]. Materials Research Bulletin, 1994, 29(4):451-45.
- [7] HU C G, LIU H, LAO C S, et al. Size-manipulable synthesis of single-crystalline BaMnO<sub>3</sub> and BaTi<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>O<sub>3</sub> nanorods/nanowires[J]. J Phys Chem B, 2006, 101:14050-14054.
- [8] LIU H, HU C G, WANG Z L. Composite-hydroxide-mediated approach for the synthesis of nanostructures of complex functional-oxides [J]. Nano Lett, 2006, 6:1535-1540.

(编辑 李胜春)