

绝缘子故障在线监测系统的设计与实现

叶芳 陈韶瑜 李田 齐文艳 傅思伟
(天津市电力公司电力科学研究院, 天津 300384)

摘要: 输电线路绝缘子故障频发,但目前无针对绝缘子的故障监测装置,因此提出了绝缘子故障在线监测系统。阐述了此系统的结构、通信控制及主要模块,全面详细地介绍了系统各模块的软件实现。该系统能实时监测绝缘子运行情况,增强了电力系统稳定性,为绝缘子故障预判和寿命评价提供了理论支撑。

关键词: 绝缘子; 在线监测; 数据处理; 软件设计

Abstract: The insulator faults of transmission lines occur frequently, but at present there is no fault monitoring device for insulators. Therefore an on-line monitoring system for insulator faults is proposed. The structure of this system, the communication control system and the main modules are described, and the software implementation of various modules is introduced in detail. The proposed system can monitor the real-time operation situation of insulators so as to improve the stability of power system, which provides the theoretical support for the pre-judgment and life evaluation of insulator fault.

Key words: insulator; on-line monitoring; data processing; software design

中图分类号: TM764 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2016)05-0063-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.05.014

0 引言

绝缘子常年暴露在大气中,受雷击、污秽、鸟害、冰雪、高温、高寒等因素影响,会导致各类事故的发生,常见的绝缘子事故有以下几类:

1) 雷击事故: 架空线路通道通常为丘陵、山地、空旷地带及有污染的工业区,线路极易遭遇雷击致绝缘子击穿或爆裂。

2) 均压环事故: 均压环固定螺栓处的电晕电压低,在恶劣气象条件下,电晕现象威胁了绝缘子串安全,易造成事故。

3) 污秽事故: 具有导电性的污秽物质易积聚在绝缘子表面,潮湿天气下污秽受潮使绝缘子绝缘水平降低,在正常运行时发生闪络。

4) 其他原因: 在绝缘子闪络事故中,有许多事故原因不明,如瓷绝缘子零值、玻璃绝缘子爆裂、复合绝缘子跳闸等。

综上所述,大多数绝缘子故障发生突然,故障前期肉眼不易观察,故障发生后易造成线路跳闸停电,给电力系统安全稳定运行造成很大困扰。

绝缘子常见故障原因有绝缘水平降低、绝缘部件裂纹和绝缘体破损。绝缘水平降低会增强绝

缘体的导电性,在高电位差的情况下可能出现绝缘子闪络击穿,对线路绝缘造成严重破坏。绝缘子绝缘体裂纹和破损会降低绝缘子机械性能,随着裂纹和破损面的增大,极有可能出现绝缘子断裂等事故,而绝缘部件裂纹还会带来泄漏电流,影响绝缘子绝缘水平。

1 在线监测系统的整体功能

根据绝缘子故障的特点,为绝缘子设计了一套故障在线监测系统,以期通过对绝缘子的实时监控,第一时间采集到绝缘子微小的故障信息,并通知维护人员及时处理,避免故障扩大造成严重事故。整套在线监测系统由信息采集终端、网络传输系统和后台控制单元三部分组成^[1]。

信息采集终端安装在需要监测的绝缘子上,负责采集绝缘子的分布电压、相邻绝缘子温差值和绝缘子表面及内部的泄漏电流。网络传输系统将信息采集终端采集到的大量实时数据同步传输到后台控制单元^[2]。后台控制单元将传输来的绝缘子实时物理量进行数据处理、分析和计算,将绝缘子的分布电压、温差和泄漏电流等数据与正常范围作比较,甄别出问题数据,从而判定绝缘子是否出现绝缘水平

降低、绝缘体裂纹、破损等现象,并将故障通过声光告警等形式反馈给监控人员,利于监测人员发现故障绝缘子并及时更换,避免故障扩大,造成线路运行事故。

绝缘子故障在线监测系统实时监测绝缘子运行状态,及时发现绝缘子存在的问题,能够很好地维护电力系统稳定性。

2 在线监测系统的硬件结构

根据绝缘子分布位置分散、数量多的特点,在线监测系统采用分层分布式结构^[3],为每个要监测的绝缘子安装一个信息采集单元,分布于各绝缘子间的信息采集单元通过电力通信网络连成一个有机整体,共同完成绝缘子的信息采集与分析功能^[4]。

系统采用客户端/服务器(Client/Server)结构,支持基于 TCP/IP 协议的光纤局域网接口,采用 PCI 总线设备。系统分为信息采集层、网络层和中央控制层三部分,由智能数据采集终端、同步触发单元、交换机、数据处理服务器、工作站、远程网络接口等构成,系统构成如图 1 所示^[5]。

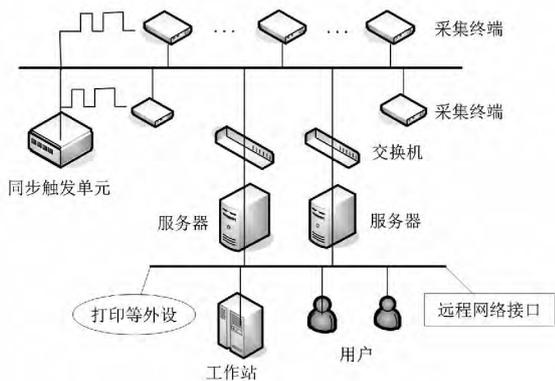


图 1 系统构成图

智能数据采集单元采用 Internet 作为前后台数据交换的载体,使用高性能的 32 位嵌入式微处理器对绝缘子的分布电压、相邻绝缘子温差值和绝缘子表面及内部的泄漏电流等信息进行全息记录,保证数据采集器长时间可靠运行;采用数字增益的可编程运算放大器,提高信号的测量精度,内置看门狗电路,外置多通道同步采集的高速模数转换芯片,与 CPU 经过并行总线连接,保证装置内部模拟数据采集的实时同步^[6]。

同步触发装置是 PCI 总线的主设备,保证所有采集单元同步采集,向从设备发送同步信号后,读取

来自设备的模拟量、开关量信息^[7]。同步触发单元采用 32 位高性能嵌入式微处理器,同步方式采用外触发方式,以光纤连接,载有采样脉冲及数据传送同步脉冲。

服务器完成在线状态检测、物理量动态记录、故障预判等功能,是系统的核心。

工作站完成系统配置、数据离线分析及实时信息显示等人机交互功能,向系统其他部分发送遥控、遥调命令,负责整个系统的协调和管理。

3 在线监测系统的软件实现

系统按功能可分为系统软件、支撑平台和应用程序 3 个层次。由于 Linux 系统可设定性高、高效灵活、系统性能稳定可靠,前端服务器采用 Linux 操作系统。Windows 操作系统通用性好、易学易用,后台工作站以 Windows 为操作系统^[8]。

开发语言选用 C++ 与汇编语言混合编程,利用 C++ 的图形处理功能和汇编语言处理高速度、大运算量的算法程序,提高软件的执行效率,更好地利用 DSP 芯片的软硬件资源^[9]。

3.1 主程序设计

整个系统的软件部分由主程序、绝缘子物理量动态记录程序、绝缘子服役状态分析程序、故障预判程序和中断服务程序组成。

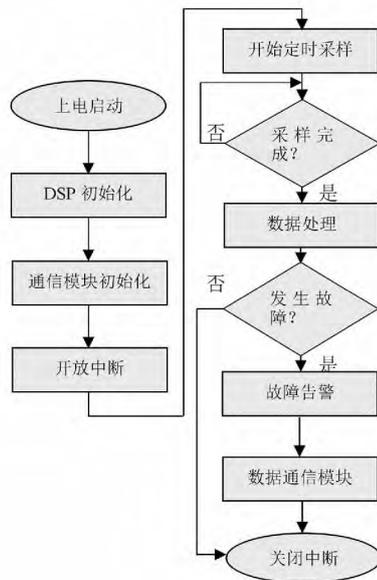


图 2 主程序流程图

主程序主要完成信号采集单元和外设的初始化、与上位机通信、数据处理和存储等任务。主程序

流程图如图 2 所示,系统首先接收由 DAS 传输的数据,选择某一线路模拟量,读取该线路采集到的绝缘子分布电压、相邻绝缘子温差和绝缘子泄漏电流数据,根据电压、电流和温度值计算出绝缘子的电压差、温升等故障判据,分别与其告警阈值作比较,发现有参数超限立即发出故障告警,将超限或故障信息通知工作站,并生成 COMTRADE 格式超限报告。

3.2 信号采集模块程序设计

信号采集程序接收同步触发装置发出的同步信号后开始数据采样,并将采集数据上送至数据处理服务器进行处理^[10]。

采样模块流程如图 3 所示。在上电启动并完成自检后,信号采集单元调取存于 FLASH 中的采样参数(采样方式、采样数据长度、采样频率等),等待同步采样信号,然后按照同步信号进行采样,并将采样数据上送,待采样完成后将采样标志清空,完成一次采样过程。

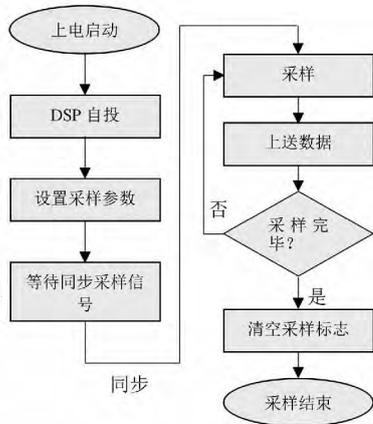


图 3 采样模块流程图

系统数据采样部分采用中断方式实现^[9]。采样中断服务程序由外部中断唤醒,待 A/D 转换结束后,BUSY 信号发生跳变使 DSP 进入外部中断服务程序,读取三相电压、电流的 A/D 转换结果。待电压、电流信号采样完成,程序跳转至主程序。此中断是在相应的硬件配置上的软件中断方式,使用外部同步触发信号作为 A/D 转换的启动信号,A/D 转换完成后触发外部中断,在中断程序中将 A/D 转换结果寄存器中的数据读出,并分别存入指定的芯片循环缓冲区内,中断服务程序流程见图 4 所示。

3.3 数据处理程序设计

数据处理模块主要是处理信号采集单元采集到的离散信号,对信号进行物理量的动态记录,并对达

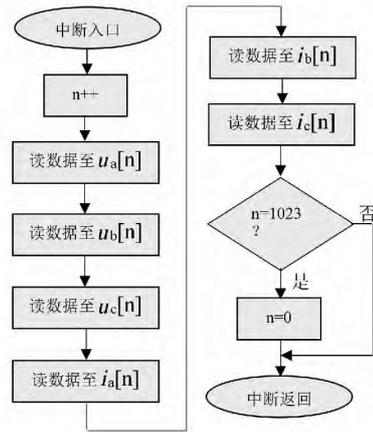


图 4 中断服务程序流程图

到告警条件而生成的故障录波文件进行故障分析。为保证数据精度,系统采样频率多选择 6.4 kHz,测量闪变的采样频率为 400 Hz,在实际采样数据中每 16 个采样点取一个作为分析闪变的有效数据。因中断的时间间隔相对较短而要处理的计算复杂,不能在一个采样间隔内全部完成,因此,数据处理过程中,将一个采样间隔做不完的运算在下一个采样间隔回到断点处继续进行,并设置闪变分析和相关运算程序的执行时间相差 10 个采样间隔,避免两个计算程序争用机器周期。

数据处理程序流程如图 5 所示。先对 DSP 和外设进行自检,自检通过则关闭中断,使其自己享用 DSP 处理器的资源,不再对其他的中断产生响应,检测数据就绪则进行数据分析、故障预判等计算,并将计算结果存放在缓冲区内,当一个主循环检测完成后,再将结果上送,待所有的计算都完成后,放开中断使用权,等待下一次的数据处理^[11]。

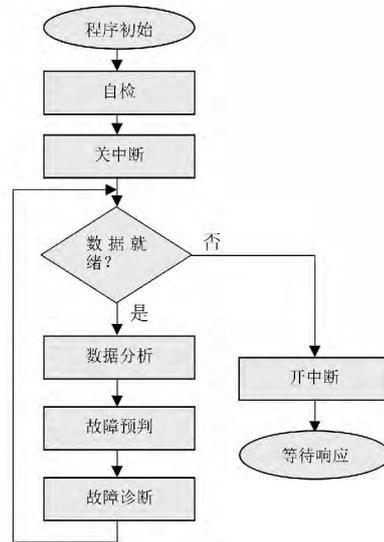


图 5 数据处理程序流程图

3.4 数据通信程序设计

数据通信程序完成上位机与下位机之间的数据传输及遥测、遥控等通讯功能,要求能够根据通信命令要求,从共享数据区中获取相应信息并发送。上位机主要与 ARM 进行通信,采用的是基于 TCP 的 socket 编程,通信进程间相互作用的通信模式为 Client/Server 模式^[12]。为了使系统中不同类型的数据能够相互转换,系统中传递的数据均遵守电力系统数据转换通用格式,即 COMTRADE(common format for transient data exchange) 故障录波标准。

本系统的上位机与下位机间收发数据采用主动请求的方式,即上位机向下位机发送请求报文,连接成功后进行数据通信,服务完成后终止通信链路^[8]。部分下位机程序代码如下:

```
While( 1)
{ //等待上位机请求到来
SOCKETsockConn = accept( sockSrv ,
    ( SOCKADDR* ) &addrClient &len );
Char sendBuf [1000 ];
Sprintf ( sendBuf , " * * * " ,
    inet_ntoa( addrClient. sin_addr ) );
//发送数据
Send ( sockConn , sendBuf ,
    strlen( sendBuf ) + 1 0 );
Char recvBuf [1000 ];
//接收数据
recv( sockConn , recvBuf , 1000 0 );
//关闭套接字
Closesocket( sockConn ) 。
```

4 结 论

绝缘子故障在线监测系统具备实时监测、动态记录和故障预判功能,提高了硬件重复利用率。系统采用集成 DSP 芯片、同步采样技术和 PCI 总线技术,提高了采样精度和可靠性。系统遵循开放性、标准性和分层性原则,具有良好的通用性和可扩展性。

绝缘子故障在线监测系统功能齐备,计算精度高,故障预判正确,可以实时发现运行中绝缘子的裂纹、绝缘破损等微小故障,并通过故障告警将绝缘子

故障及时通知监测人员,避免故障发现不及时,最终扩大造成事故。绝缘子故障在线监测系统为线路的运行监测提供了有利的技术支持,维护了电力线路运行安全,有利于电力系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 苏鹏声,王欢. 电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(1): 61-65.
- [2] 朱传柏,郭创新,曹一家. 基于调度综合数据平台的大规模电网分层故障诊断[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(1): 51-55.
- [3] 吴琼,刘文颖,杨以涵. 智能型电网调度决策支持系统的开发与实现[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(12): 79-83.
- [4] 李良明,徐丙垠,张正团,等. 电力系统动态记录与故障分析支撑平台的研究[J]. 山东理工大学学报, 2006, 20(1): 20-23.
- [5] 黄琦,秦开宇,蔡荣海. 数字化电力系统中的通信基础平台体系设计[J]. 电力系统通信, 2005, 26(2): 33-37.
- [6] 余虎,姚建刚,罗滇生,等. 数字电力系统基础架构平台的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(18): 94-98.
- [7] 杨宛辉,王克文,王军,等. 城市电网运行智能决策支持系统[J]. 继电器, 2006, 32(14): 56-59.
- [8] 刘天斌,王永业,柳焕章,等. 基于 COMTRADE 格式的故障分析管理系统[J]. 继电器, 2001, 29(11): 47-49.
- [9] 王晓兰,李建海,肖骏. 基于虚拟仪器技术的便携式故障录波装置设计[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(23): 73-75.
- [10] 程玲. 电力系统设备状态监测与故障诊断[J]. 水电厂自动化, 2008, 29(3): 67-69.
- [11] 胡扬宇,李然,杨宛辉,等. 城市电网故障诊断系统[J]. 继电器, 2002, 30(12): 28-31.
- [12] 李良明,徐丙垠,张正团,等. 电力系统动态记录与故障分析支撑平台的研究[J]. 山东理工大学学报(自然科学版), 2006, 20(1): 20-23.

作者简介:

叶芳(1986),工程师,从事电力系统输电线路在线监测及部件失效分析研究工作。

(收稿日期:2016-05-28)