

# 基于无线传输的不良绝缘子检测系统研究

彭波, 陈俊武, 周志成, 袁小娴

(华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

## Study on On-line Monitoring System Based on Wireless Communication for Faulty Insulators

PENG Bo, CHEN Jun-wu, ZHOU Zhi-cheng, YUAN Xiao-xian

(College of Electric and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**摘要:** 针对当前高压线路不良绝缘子检测装置的问题,提出了一种以无线传输为基础的便携式不良绝缘子在线检测系统,并对装置进行了设计。检测装置通过数据采集端获取电压信息,信息经A/D转换和单片机处理后,采用以nRF401无线收发芯片为核心的无线方式发送和接受,最后由PC机对测量结果进行判断。模拟实验结果表明:无线通信系统在合理的通信协议及配合良好的差错控制下可以实现数据的可靠传输及对不良绝缘子的检测。

**关键词:** 不良绝缘子; 无线数据传输; 在线检测

**中图分类号:** TM216

**文献标志码:** A

**Abstract:** To optimize the detection devices for faulty insulators on HV lines, a new on-line monitoring system based on wireless communication for insulators was put forward. Voltage information was obtained from data collection terminal, after A/D transforming, the data were preprocessed in a SCM, and then they were transmitted and received by wireless transceiver module, chip nRF40. The metrical data was finally diagnosed in a PC. The simulation experiments show that it can realize the detection for insulators, and can achieve a reliable data transmission based on reasonable transform protocol and good error control.

**Key words:** faulty insulator; wireless data communication; on-line monitoring

## 0 前言

绝缘子挂网运行多年后,由于长期曝露在大气环境中,常承受电、热、机械应力作用,不可避免的出现零值或者低值绝缘子。找出和更换线路中不良绝缘子对于保障电力线路安全运行有重要意义。电压分布检测法是目前电力系统中主要检测方法,具有直观准确等优点。在基于电压分布的零值绝缘子在线检测方法中,其主要有早期的短路叉法、火花间隙法及现在使用得比较多的超声波检测法、光电检测

杆方法、脉冲电流检测法等<sup>[1]</sup>。这些常用检测方法中,有些方法对设备的信号转换和传输装置的要求比较高,对信号的处理也不尽直观;有些方法的数据采集和处理不能很好的分离,其抗干扰的措施相对较复杂<sup>[2-11]</sup>。近年来随着传感技术、通信和计算机技术的发展,新型简便不良绝缘子在线检测装置不断涌现。笔者提出以无线传输为基础的便携式不良绝缘子在线检测方法,将其采集端获取的数据通过无线形式传递到地面控制端,再由地面控制部分对采集的信号进行分析,从而对线路绝缘子性能进行诊断处理。这样减少了数据有形传输路径,抗干扰措施得到加强,整个装置实现形式也较简单,诊断结果直观。

## 1 检测系统总体结构

检测系统由数据采集单元、信号初步处理单元、信号传输单元及诊断单元组成,实现了测量、传输、处理的分离,降低了劳动强度,同时采用数字传输增强了抗干扰能力,一体化也使得数据存储、查询方便。

### 1.1 数据采集单元

数据采集单元负责数据信号的采集。当前对绝缘子电压信号的采集方式有采用高压探头的接触式和通过感应获取电压的非接触式等。考虑到测量的简便和直观性,该装置信号获取采用探头分压器形式,通过分压器对绝缘子上的高电压进行降压处理,为信号的A/D转换做准备,并决定选用体积小、重量轻的电阻分压器。鉴于实际测量时总是不可避免的会碰到尖峰电压或者其它形式的过电压,降压后的电压采用精密电压互感器将数据采集单元与芯片部分进行隔离以防止过电压对芯片的损坏。

### 1.2 信号初步处理单元

信号初步处理单元主要负责信号的A/D转换和对转换后得到的数据进行预处理。鉴于A/D转换的精

收稿日期:2007-01-18; 修回日期:2007-04-03

作者简介:彭波(1981-),男,硕士研究生,主要从事绝缘子在线检测技术的研究。

度对整个系统测量结果的准确性有很大影响,根据实际需要选用多量程、8 通道的 12 位并行 A/D 转换器 MAX197<sup>[12]</sup>。A/D 芯片在单片机 W77E58 控制下将降压后的模拟电压信号进行转换<sup>[13]</sup>,单片机将得到的数字信号进行数据信息运算和电压信号恢复。

### 1.3 信号传输单元

信号传输单元通过采用合适的无线收发芯片组成通信模块,在软件上采用合理的通信协议对数据信号进行传输和正确接受。考虑到绝缘子处为强电场,它附近的电磁干扰十分严重,测量装置极易受到干扰,因此保证信号数据传输的准确性关系到整个在线检测系统功能的成功实现。为了保证信号传输的稳定,同时减轻程序的复杂性,该装置选用了 nRF401 无线收发芯片。该芯片使用了 433MHz ISM 频段,是真正的单片 UHF 无线收发一体芯片。在编码方面,nRF401 采用串口传输,其软件实现方法和

普通的串口通信编程一样,只是在工作模式切换时编程需要作相应的延时处理,同时不需要对数据进行曼彻斯特编码,因而其应用及编程同其他同类产品相比比较简单<sup>[14]</sup>。图 1 为无线收发模块的电路原理图,DIN 与 DOUT 为数据发送线和接收线,分别与单片机的 TXD 和 RXD 相连;CS 是信道选择线,CS="0"表示选择的信道为 433.92 MHz,CS="1"则选择的信道是 434.33 MHz;PWR\_UP 为电源模式控制线;TXEN 为控制模块的收发状态,TXEN="1"表明模块处于接受模式,TXEN="0"则说明模块处于发送模式。无线收发模块的主控单片机同样采用 W77E58 双串口高速单片机,其中串口 0 与 PC 机相连以方便适时通信和调试;串口 1 和无线收发模块相连,利用其来接收采集端发来的数据和发送控制信息。

### 1.4 诊断单元

诊断单元通过分析测量装置传输过来的结果实

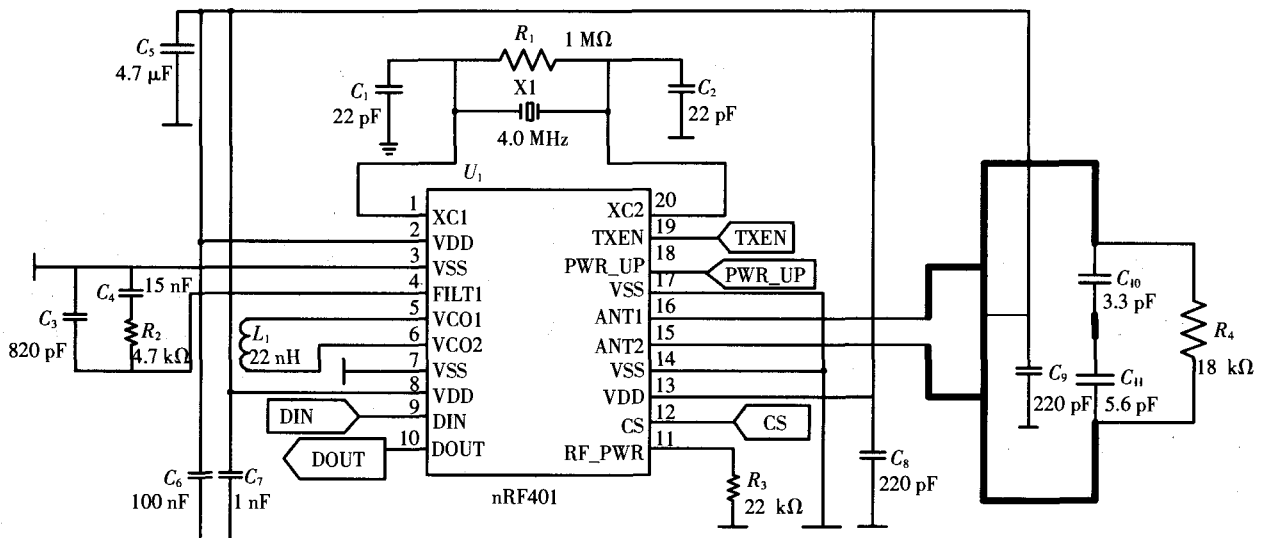


图 1 无线通信模块原理图

现对串口有无不良绝缘子的判断,该单元在 PC 机上实现。无线接收单元在 PC 机控制下将采集的信号经过串口传到 PC 机,再由诊断软件对测量结果进行判断。诊断依据采用基于绝缘子电压分布的敏感绝缘子法则<sup>[15]</sup>,通常绝缘子串的电位分布为不对称马鞍形,不同电压等级在某种型号绝缘子下有一相对固定的分布曲线,将检测到的数据与作为标准的绝缘子串电压分布数据进行对比,在保证一定容差下就可以对被测绝缘子串中有无不良绝缘子做出准确判断。

## 2 无线通信部分软件设计

单片机语言采用 C51 编写。C 语言的模块化编程使程序具有较强的可移植性,便于将来对软件部分的改进升级。无线通信部分数据采集系统程序流程图和上位单片机程序流程图见图 2、3。数据采集

单元一般处于信号接收状态,当收到上位机传来的数据采集信号时,对数据进行实时采样和预处理,然后通过无线收发模块将预处理后的数据发送到接收模块;当收到数据重发信号时,则重新发送采集到的数据,重发次数由上位机控制。上位单片机在数据传输过程中起着桥梁的作用,它负责将主控单片机的控制信号发送到采集单片机,同时将接收到的数据传给 PC 机。鉴于无线通信从本质上来讲是不可靠的,因此要保证信号数据的收发准确,无线通信协议是关键之一。通信协议采用的是帧格式,程序中有控制帧和数据帧两种。控制帧由两个字节起始标志位和一个字节的控制字组成;数据帧格式由两个字节的起始标志位、3 个字节数据位(电压的 3 位有效数字)、两个字节的校验位及一个字节的结束位组成,见图 4。为了尽可能减少数据传输错误,通信协议中采用了纠错力极高的 CRC16 校验,出错后重传,使

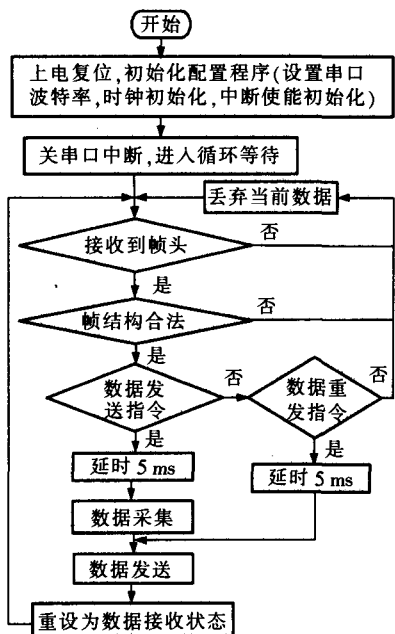


图2 采集单片机程序流程图

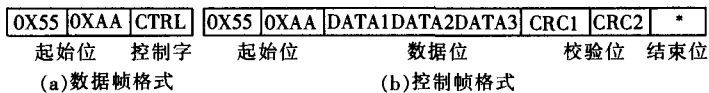


图4 程序中的两种帧格式

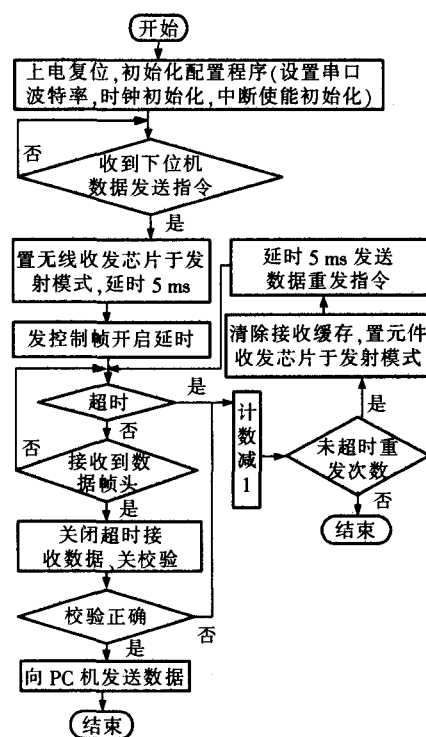


图3 上位单片机程序流程图

数据传输错误率降低到 0.0047%以下<sup>[16]</sup>。

### 3 检测装置模拟实验

#### 3.1 实验数据

对 110 kV 绝缘子串在实验室进行模拟试验,同时利用检测系统测量电压分布,试验接线图见图 5。施加的电压为 63.5 kV,不良绝缘子阻值为 20 MΩ,检测得到的结果见图 6。

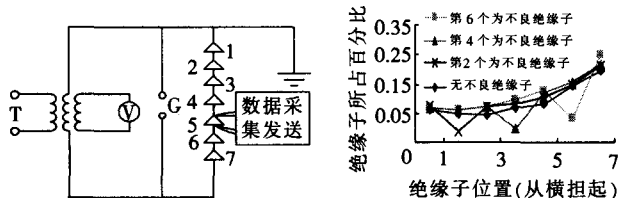


图5 试验接线原理图 图6 检测得到绝缘子串电压分布图

#### 3.2 结果分析

由图 6 可知,实验得到的结果和理论值相比非常吻合。串口中不存在不良绝缘子时,靠近导线的绝缘子所占电压比例最大,离导线越远电压降也随之慢慢降低,到靠近横担时又开始升高;串口中存在不良绝缘子时,可以对不良绝缘子位置做出判断,不良绝缘子所占的电压较正常时降低很多,同时串口中其他良好绝缘子所占的电压比例都有升高,而靠近不良绝缘子的良好绝缘子升高的比例最大。结果表明检测系统可实现对不良绝缘子的检测。

### 4 结语

(1)整个装置由数据采集单元、信号处理单元、无

线传输单元及诊断单元组成,各部分相互配合,在上位机统一控制下可实现对不良绝缘子的在线检测。

(2)以 nRF401 为核心的无线传输模块简化了绝缘子在线检测装置的设计,使数据的采集和处理实现了分离,减少了它们之间的相互干扰。

(3)检测系统可实现对不良绝缘子的检测。

### 参考文献:

- [1] 严璋. 电力绝缘在线检测技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
- [2] 王成江, 贾智斌, 顾玉凯, 等. 绝缘子放电声发射识别的实验研究[J]. 高压电器, 2005, 41(4): 260-264.
- [3] 王波, 杨源龙, 闫东, 等. 检测 500 kV 输电线路劣质瓷绝缘子的新装置[J]. 高压电器, 1999, 35(4): 53-55.
- [4] VAILLANCOURT G H, BELLERIVE J P, JEAN M S, et al. New Live Line Tester for Porcelain Suspension Insulators on High Voltage Power Lines [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1994, 9(1): 208-219.
- [5] 蒋凤仙, 贾 静, 颜 文. 悬式绝缘子串电压分布的光纤测量法[J]. 复旦学报: 自然科学版, 1996, 35(5): 571-577.
- [6] 蒋作谦, 殷国祥. 高压输电线路绝缘子的电晕脉冲电流采集系统[J]. 高电压技术, 1997, 23(2): 56-58.
- [7] 聂一雄, 尹项根, 刘 春, 等. 浅论绝缘子电晕电流的统计特性[J]. 高压电器, 2003, 39(5): 29-31.
- [8] 施 倩, 郭 琳. 脉冲电流法检测不良绝缘子分辨率的研究[J]. 高电压技术, 1998, 24(3): 44-46.
- [9] 刘满贵. 声脉冲式零值绝缘子带电检测仪的研制 [J]. 华北电力技术, 2000(12): 25-28.
- [10] 王 雪, 张冠军, 严 璋. 国内高压绝缘子在线检测方法综述 [J]. 电磁避雷器, 2002, 190(6): 3-5. (下转第 317 页)

## 2 高压电缆设备终端的性能对比及选型原则

各类高压电缆终端在电气性能都经过严格的试验,能够满足国家标准和 IEC 60859 的要求,在安装、试验、运行维护和故障处理等方面各类电缆终端具有不同的特点。表 1 对比了各类高压电缆设备终端的主要技术性能与安装工艺<sup>[2]</sup>。

电缆终端在选型中必须保证电缆终端具备与电

缆同样的电气性能、工作温度与使用寿命。电缆终端在结构上要有保证获得良好的电场分布和防止绝缘收缩的措施。

现场安装性能应是电缆终端选型中重点考虑的因素,应选择现场安装工作少、操作简单,受人为因素和环境影响小,电缆终端的安装可独立完成而无需变压器或 GIS 厂家的放油、放气配合,并且安装质量容易得到保证。

电缆终端在选型中应充分考虑电缆装配后的试

表 1 高压电缆设备终端的技术性能与安装工艺对比

序号	技术性能与安装工艺性能	湿式终端	干式终端			
			常规型	插入式	插拔式	
					不可重复使用	可重复使用
1	环氧树脂套管内灌油或气	有	无	无	无	无
2	气室内终端高度/mm	757	757	757、470	470	410
3	安装工艺	复杂	较复杂	简单	简单	最简单
4	环氧树脂套管可否提前安装在 GIS 上	不能	不能	能	能	能
5	环氧树脂套管可否与 GIS 同时作出厂试验	不能	不能	不能	能	能
6	电缆终端安装时 GIS 是否要放气、充气	必须	必须	否	否	否
7	电缆试验 GIS 是否要 GIS 厂配合	必须	必须	必须	否	否
8	电缆预试、故障测试是否要 GIS 厂配合	必须	必须	必须	否	否
9	更换同截面电缆时电缆附件可否重复使用	否	否	否	否	可
10	更换不同截面电缆时,环氧树脂套管可否不动,可否不要 GIS 厂配合	否	否	否	否	可

验、维护及电缆故障的测试与检修的需要,应保证易于实现电缆、变压器和 GIS 的分别试验和维护,互不干扰。当然,电缆终端的互换性、可重复使用性、免维护、结构紧凑和产品价格等因素也是选型中所应考虑的重要方面。

## 3 结语

随着 GIS 组合电器的大量使用,与之配套的高压电缆设备终端产品也越来越多,各种产品的技术和安装工艺各有千秋,选型不仅对现场安装和试验工作很

重要,而且对今后的设备运行维护也会产生重要影响。从近年来的现场应用效果来看,在新建工程中不应再选用湿式终端;而具有结构合理、技术性能及工艺性能优异的可重复使用的插拔式电缆终端,作为一种较理想的高压电缆设备终端应成为首选。

## 参考文献:

- [1] 祝丽雯. 插拔式电缆附件的应用 [J]. 工程与技术, 2004(2): 155-157.
- [2] 王佩龙. 高压交联电力电缆附件选型的若干问题 [J]. 电力设备, 2004, 5(8): 18-22.

(上接第 312 页)

[11] 万收兰, 程养春, 李成榕. 基于人工神经网络的零值绝缘子诊断[J]. 高电压技术, 2002, 28(6): 6-7.

[12] Maxim 1997 New Releases DataBook V1[Z]. Maxim, 1997.

[13] 张盛福, 王喜斌, 张鹏. 华邦 51 单片机原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.

[14] nRF401 Product Specification[Z]. Nordic VLSI ASA, 2000.

[15] 马乃祥, 江秀臣. 介绍线路绝缘子在线检测的敏感绝缘子法介绍[J]. 电磁避雷器, 2003, 194(4): 10-11.

[16] 戴佳, 戴卫恒. 51 单片机 C 语言应用程序设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.

## 简讯

### 祝贺《现代电子技术》创刊 30 周年暨进入中国科技核心期刊

2007 年 7 月 13 日下午,陕西电子杂志社在陕西国平酒店举办了《现代电子技术》创刊 30 周年暨进入中国科技核心期刊座谈会,全省科技期刊界 30 余种期刊的主要负责人到会并祝贺。

与会者与陕西电子杂志社的新一届领导班子共同回顾了《现代电子技术》杂志 30 年来不断发展的历程,并对取得的成绩给予高度评价,对入选中国科技核心期刊表示热烈的祝贺。这次座谈会对于我省科技期刊界互相增进了解和交流办刊经验,提高期刊的双效益都起到了积极的促进作用。