

# XLPE 电缆金属护套环流在线监测系统<sup>①</sup>

喻世根<sup>1</sup>, 张亮<sup>2</sup>, 李锰<sup>1</sup>, 吴畏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(湖南大学 电气与信息工程学院, 长沙 410082)

<sup>2</sup>(华能瑞金发电有限责任公司, 赣州 341000)

**摘要:** XLPE 电缆由于其良好的电气性能在电网中得到了广泛地应用, XLPE 电缆的绝缘状况直接影响到电力系统的安全和稳定, 如何有效地监测 XLPE 电缆的绝缘状态对电力系统的安全稳定运行意义重大。为了满足电力系统的需要, 有效地监测电缆绝缘状况, 以 LabVIEW 图形可视化编程软件作为开发工具, 设计了 XLPE 电缆金属护套环流在线监测系统, 以此监测电缆的绝缘状况, 文中阐述了监测系统的硬件组成和软件设计方法。

**关键词:** XLPE 电缆; 金属护套; 环流; 在线监测

## On-line Monitoring System of Circulating Current of XLPE Cables

YU Shi-Gen<sup>1</sup>, ZHANG Liang<sup>2</sup>, LI Meng<sup>1</sup>, WU Wei<sup>1</sup>

1(College of Electronic and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

2(Huaneng RuiJin Power Plant Co. Ltd, Ganzhou 245021, China)

**Abstract:** XLPE cable has been widely applied in the grid because of its good electrical properties. Its insulation state directly relates to the safe and reliable operation of power system, how to effectively monitor the insulation state of XLPE cables is very important for power system. In order to meet the needs of power system, XLPE cables metal sheath circulation current on-line monitoring system is designed based on LabVIEW and described the hardware and software designed methods in this paper.

**Key words:** XLPE cable; metal sheath; circulating current; on-line monitoring

XLPE 电力电缆由于具有电气性能优越、击穿场强高、介质损耗角正切值小、载流量大以及敷设容易、运行维护简单等一系列优点被广泛应用于电力系统各个电压等级的输电线路和配电网中<sup>[1,2]</sup>。

66kV 及以上电压等级 XLPE 电力电缆全部为单芯结构。正常运行时, 高压单芯 XLPE 电缆线芯电流产生的交变磁场将在金属护套上产生感应电压, 为保证电缆安全稳定运行和维护人员的人身安全, 要求电缆金属护套至少有一端可靠接地。电缆金属护套交叉互联接地方式由于其具有结构紧凑, 正常运行时较长电缆线路金属护套上感应电压较低, 在发生单相短路故障时金属护套上感应电压仅为单端接地时的三分之一, 能有效保护交叉互联单元内护层和外护套绝缘等优点, 在工程实践中得到了广泛运用。当线路不对称

或发生短路故障时, 金属护套上的感应环流最大可以达到线芯电流的 90% 以上, 将产生很大的环流损耗, 使电缆主绝缘发热, 影响电缆的载流量, 加速电缆绝缘老化, 影响电力系统的安全运行<sup>[3,4]</sup>。

XLPE 电缆的交叉互联接地方式具有屏蔽层接地回路环流小、经济安全等优点, 但因无法直接测得各段主绝缘的电流值的特征量而给绝缘在线监测带来了困难。因此, 如何有效地对交叉互联接地方式下电缆绝缘的在线监测成为一个必须解决的问题。

针对上述问题, 本文设计了 XLPE 电缆金属护套环流在线监测系统, 通过监测金属护套环流来判断电缆的绝缘状态。该系统采取 LabVIEW 语言进行软件设计, 同时运用 GPRS 技术和 RTU 技术, 借助现有的移动通信网络和 Internet 网络对 XLPE 电缆金属护层环流

① 收稿时间:2011-03-09;收到修改稿时间:2011-03-27

实施远程监控,具有不受地理环境、气候等因素影响,监测距离远,实时性好,运行成本低等优势,应用前景广阔。

## 1 系统介绍

本系统采取模块化设计,整个系统由护套环流信号采集模块、环流信号的无线传输模块和后期处理平台三部分组成。其中,护套环流信号采集模块主要由高压互感器和滤波装置组成;环流信号的传输模块主要由 GPRS 模块和 RTU 模块组成;后期处理平台即监测系统中心计算机。此监测系统构成框架如图 1 所示。

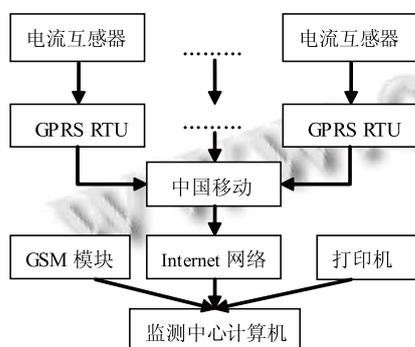


图 1 监测系统总体框图

此在线监测系统的工作原理为:通过高压电流互感器采集金属护套环流信号,经过滤波处理后将环流信号写入 RTU,再通过 GPRS 模块与 Internet 通讯,将采集到的信号发送到后期处理平台进行分析处理。根据采集到的金属护套环流信号判断高压电缆的绝缘状况和线路运行状况,实现金属护套环流实时采样、数据实时更新以及数据保存和超限报警等功能,有效地预防高压电缆绝缘事故的发生,保障电力系统的安全可靠运行。

## 2 系统硬件介绍

### 2.1 高压电流互感器

电力系统用电流互感器是将电网高电压、大电流的信息传递到低电压、小电流的二次侧计量、测量仪表及继电保护和自动装置的一种特殊变压器,是一次系统和二次系统的联络元件,其一次绕组接入电网,二次绕组分别于测量仪表、保护装置等互相连接。互感器性能的好坏,直接影响到电力系统测量、计量的准确性和继电保护装置动作的可靠性<sup>[5]</sup>。

由于 XLPE 电缆金属护套环流与电缆通过电流大小以及电缆绝缘状况有关,为了适应不同的电缆线路,我们设计了不同电流比的电流互感器,主要有 1:200、1:400 和 1:800 等几种,安装时考虑实际电缆线路的具体情况和 RTU 模块的量程而选用不同电流比的电流互感器。另外,为了防止电磁干扰和免受外界气候的影响,安装时需要对电流互感器进行密封处理。

### 2.2 RTU

RTU 即远程终端设备,是一种远程测控智能装置。它不仅可以采集、监测、计算和存储现场的设备信号,而且能够独立地完成预定的控制程序、执行上位机的指令,并将执行结果和现场数据回传上位机。RTU 具有优良的通讯能力和大的存储容量,适用于恶劣的温度和湿度环境,因此本系统选用 RTU 终端。

RTU 作为智能仪表,与监测现场的金属护层环流互感器直接相连,采集现场环流信号,同时与 GPRS 模块连接来实现环流信号的无线传输。

### 2.3 GPRS 模块

GPRS 即通用分组无线服务技术,是在 GSM 的基础上开发的一种新的移动数据业务。GPRS 和以往连续在频道传输的方式不同,是以封包式来传输,能为移动用户提供高速的无线 IP。它具有网络覆盖率高、实时性好、传输速率高、运行费用低、安全可靠及支持 TCP/IP 协议等优点<sup>[6]</sup>。

监测系统采用 Motorola 公司推出的 WAVECOM 模块。该模块可提供语音、数据、传真和短信服务功能,而且内嵌了 TCP/IP 协议,可以降低开发周期,另外需要一张开通 GPRS 业务的 SIM 卡,和它配套使用。

通过 RTU 与 GPRS 模块的连接,组成 GPRS RTU 模块,采用 TCP/IP 网络技术,能够充分利用现有的通信资源,提高数据的吞吐量,保证系统的实时性和快速性,能够实现更长距离和更复杂的自然环境下的在线监测,使系统更具实用性。

## 3 系统软件设计

### 3.1 环流信号采集传输系统软件

在使用 GPRS RTU 模块之前,需要对模块进行初始化,包括设置它的工作模式、外部接入点和使用的协议类型等。GPRS RTU 模块通过 Internet 网络与控制中心计算机进行通讯,并随时准备接收控制中心计算机发送过来的指令并做出相应的反应。GPRS RTU 模

块采用标准的 MODBUS RTU 协议, CRC 校验。

由于网络运营商为了防止一些终端挂在网上, 而不传输数据, 占用无线网络资源, 当发现模块一定时间内没有传输数据时, 就会把模块断开。为了保持 GPRS RTU 模块与监控中心的链路连接, 保证模块永远在线, 在设计中提出了心跳包的概念。心跳包即模块每间隔规定时间(根据当地移动网络情况设置)发送一次给监控中心的数据包, 监控中心收到心跳包后应答回复, 从而保证模块一直在线。如果在心跳时间间隔内有数据通信则模块不发送心跳包。

### 3.2 后期平台处理软件

后期处理软件由 LabVIEW 图形化编程语言编写而成, 充分发挥 LabVIEW 的优势将复杂的程序分解为简单的子程序模块, 然后把这些子程序组合在一起。监控中心后期处理软件的工作流程图如图 2 所示。

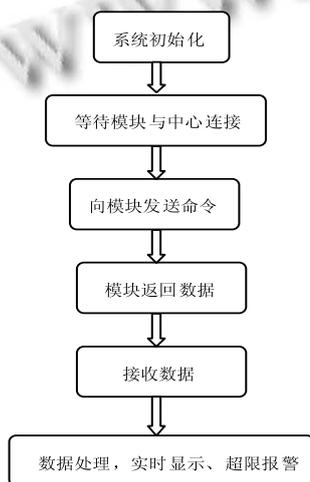


图 2 后期处理软件流程图

后期处理软件主要完成以下 3 个功能:

(1) 完成控制命令的发送和测量数据的接收, 实现控制中心与下位机的通信, 其中通讯协议为 TCP/IP。

(2) 完成测量数据的处理、显示、比较、分析、存储、和打印等多种功能。能够做到实时显示, 实时存储, 方便用户对测量数据的查看、分析和处理。

(3) 完成超限报警。通过 GSM 模块, 可以实现对故障相故障点的 SMS 报警, 能够让监控人员更快速地掌握电缆线路绝缘情况。

## 4 系统性能测试与分析

为了检验本监测系统的综合性能, 特在某市一条

110kV 电缆线路进行了实验运行。该线路全场 3.5km, 每隔 500 m 经过接地箱进行交叉互连, 对每个接地箱设置一个监测点进行监测, 对采集到的金属护套环流信号进行了分析和处理。

为了检验监测系统的稳定性, 考虑到影响系统运行的各方面因素, 让系统连续运行了一段时间, 同时进行了数据的传输、保存和分析。监控中心某一时刻监测数据如表 1 所示。

表 1 监控中心监测数据

| 监测点            |     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|----------------|-----|------|------|------|------|------|
| 护层<br>环流<br>/A | A 相 | 9.72 | 9.56 | 9.64 | 9.75 | 9.65 |
|                | B 相 | 9.26 | 9.34 | 9.16 | 9.21 | 9.23 |
|                | C 相 | 11.6 | 11.8 | 10.8 | 11.3 | 12.1 |

测试结果表明: 监测系统运行稳定, 数据传输速度快、数据处理及时、监测数据误差满足精度要求、符合相关行业的标准。

## 5 结语

本文研发的 XLPE 电缆金属护套环流在线监测系统, 具有监控距离远、信号传输不受地理气候限制、数据处理及时、出现异常情况自动报警等优点。

系统操作简单、界面友好、方便管理, 根据监控需求对采样数据进行实时显示、分析、处理和保存, 系统运行和维护费用较低, 节省大量人力、物力和财力, 为电力部门提供了新的检验电缆绝缘状况的在线监测方法, 具有良好的应用前景。

### 参考文献

- 刘英, 王磊, 曹晓珑. 双回路电缆护套环流计算及影响因素分析. 高电压技术, 2007, 33(4): 143-144.
- 陈家斌. 电缆图表手册. 北京: 中国水利水电出版社, 2004, 91-97.
- 贾欣, 曹晓珑, 喻明. 单芯电缆计及护套环流时载流量的计算. 高电压技术, 2001, 27(1): 25-26.
- 王波, 罗进圣, 黄宏新, 等. 220kV 高压单芯电力电缆金属护套环流分析. 高压电器, 2009, 45(5): 141-145.
- 凌子恕. 高压互感器技术手册. 北京: 中国电力出版社, 2005, 5-7.
- 陈军, 盛占石, 陈照章, 等. 基于 GPRS 的水质自动监测系统设计. 传感器与微系统, 2009, 28(7): 77-78.