

[控制系统]

一种新型的XLPE电缆金属护套接地电流在线监测系统

文/国网鄂州供电公司检修分公司 陈良元 张咏 陈亮 陈光雨
武汉朗德电气有限公司 张天成 黄文雄

在线监测单芯XLPE 电缆金属护套一点可靠接地可以有效地防止环流等事故，提出一种新型的XLPE 电缆金属护套接地电流在线监测系统。首先研究基于环流法的电缆金属护套一点可靠接地原理，接着设计了一种新型的分布式监测系统，该系统由电流互感器、测量单元、GSM/GPRS通信网络、后台服务器和客户端软件、RTU调试软件和工程调试设备等部件组成，详细介绍了各个部件的功能。最后介绍了该在线监测系统在变电站的应用情况

交联聚乙烯（XLPE）电缆利用化学方法或物理方法使线型分子结构的聚乙烯转变为立体网状结构的交联聚乙烯，在保持优异的电气性能的基础上，提高了聚乙烯的热-机械性能。由于XLPE电缆具有耐化学腐蚀、结构简单、重量轻、敷设不受落差限制等一系列优点，XLPE电缆在电网中得到了广泛的应用，电缆保护的重要性也日益突出。

外层护套是XLPE电缆的第一道保护屏障，据统计显示，XLPE电缆的绝缘故障大多是由于外层护套损坏而引起的。电缆金属屏蔽层的外绝缘在铺设时机械损伤，长期的运行中也会遭化学腐蚀、老鼠和蚊虫的咬坏等破坏，容易威胁人身安全、损害电缆绝缘、缩短电缆寿命及降低电缆输电能力，直接影响电网的安全运行，甚至可能引发火灾事故，进一步扩大事故范围，导致电网的大面积停电。

XLPE电缆金属护套接地是电缆安全运行的重要保护措施，单芯XLPE电缆金属护套在运行中须一点可靠接地，一旦发生电缆金属护层多点接地故障，将产生环流，从而形成附加热损耗，严重地影响电力电缆正常运行。为保证电力电缆运行中的可靠性，避免其出现运行事故，有必要对其绝缘状况进行监测，通过在线监测电缆外层护套的情况，能

够根据监测的数据直观判断出被监测线路电缆是否存在绝缘老化损坏，从而消除电缆潜在隐患。

在线监测系统

电缆金属护套多点接地故障的监测方法主要有测金属护套绝缘电阻法、离线下的脉冲法、直流高压闪络法和冲击高压闪络法等，但是这些方法存在着需要停电检测或是需要借助较为复杂的工具等缺陷，在当前的电力工程实践中的效果不是特别理想。环流法通过监测电缆金属护套环流的变化判断其是否出现多点接地故障，具有原理清晰、实现简便等优势，有望得到更大规模的推广应用。

1. 环流法原理

66 kV以上电力电缆多为单芯电缆，敷设时若金属护套两端三相互联后直接接地，单芯电缆短线路通常采用金属护套一端直接接地、另一端经间隙或者保护电阻接地的方式；长线路金属护套采用三相分段交叉互联两端接地的方式。

在电力系统正常运行情况下，由于电磁感应的作用，电缆金属护套与缆芯中交流电流产生的磁力线相铰链，虽然存在一定的感应电势，但由于感应电势较小，所产生的环流幅值也很小主要是容性电流。

当发生电力事故或者电力系统内部过电压或雷击过电压时,感应电势幅值将大幅度地增大,两端接地则会出现很大环流(其值可达缆芯电流的50%~95%)损耗。

本系统采用环流法原理实现多点接地故障的检测,在单芯电缆金属护套在正常情况下(即一点接地),金属护套上环流极小,而一旦金属护套出现多点接地与大地形成回路后,环流显著增加。通过实时监测金属护套环流及其变化量,即可实现单芯电缆金属护套多点接地故障的在线监测。

2. 分布式的监测系统

为了适应安装在电缆沟、户外终端塔和变电站内等多种运行环境,XLPE电缆金属护套接地电流在线监测系统采用分布式结构,由多个监测单元组成,系统结构示意图如图1所示。

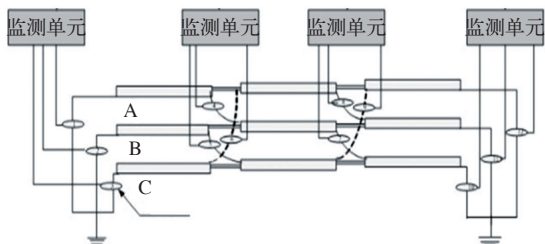


图1 分布式的监测系统

作为整个系统的核心,监测单元通过就地安装的电流互感器采集接地线电流及主缆电流,所采集的电流经过滤波调理电路消除干扰噪声后,进入模式转换器得到接地线电流及主缆电流的采样值,通过傅里叶算法计算得到测量有效值。

监测单元将接地线电流及主缆电流的有效值,通过GPRS或光纤的方式,以一定的时间间隔将数据远程传输到计算机后台服务程序,后台服务程序收集数据后建立历史数据文件,并将这些数据绘制成各种曲线,电缆运行维护人员可根据这些曲线提供的信息来了解整条电缆的长期运行状态。同时,后台服务程序对采集的电流数据进行处理,提供电缆电流异常告警及设备状态告警。

具体设计

XLPE 电缆金属护套接地电流在线监测系统,由电流互感器、测量单元、GSM/GPRS通信网络、后台服务器和客户端软件、RTU调试软件和工程调试设备等部件组成。

1) 电流互感器采集在线监测系统所需要的电流,由主缆电流测量互感器和接地线电流测量互感

器组成。其中,主缆电流测量互感器负责采集主缆电流信号;接地线电流测量互感器负责采集接地线电流信号。

2) 采集单元采用高性能的数字信号处理器(DSP)作为控制单元,DSP处理器使用一个2级的高速缓存体系结构,可以快速处理和存储大量的电流采样数据。DSP处理器本身就包含了2个内部集成电路(I2C)总线接口、2个串行外设接口(SPI)接口和3个通用异步收发传输器(UART)接口等丰富的网络接口,方便进行通信网络扩展。

考虑当前电力现场所采用的通信网络方式,采集单元同时配备光纤和GPRS两种通信功能。在应用现场具备光纤通信能力时,依靠快速的光纤通信进行电流数据传输;当现场条件不具备光纤通信时,由于无线方式具有不需要铺设专门的通信光缆、设备接入灵活等优点,则采用GPRS方式进行通信。

具体实现上,如图2所示,采集单元通过16 bit的高精度、高速模数转换器采集从互感器传送过来的电流,通过运算处理后得到现场接地电流和主缆电流数据,并结合现场的通信方式,通过光纤或GPRS网络接口将数据传输到后台服务器。

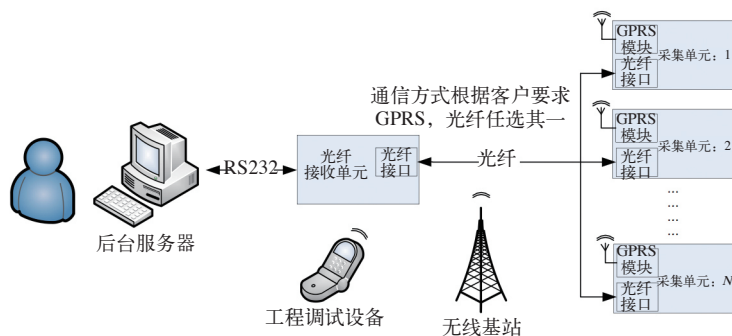


图2 具体设计

3) GPRS通信网络不用受限于应用现场的通信方式限制,因此具有更广泛的应用。GPRS通信网络直接利用无线运营商(移动、联通、电信)提供的付费网络,通过插入运营商或电力部门提供的SIM卡,便可以运营商的网络建立后台与现场采集单元之间的通信信道。GPRS通信网络实现简便,而且具有强大的功能。

GPRS通信网络支持双后台通讯,其中后台1为主后台,后台2为备用后台。设备连接时会优先连接主后台。GPRS通信网络可以直接连接到两台服务器上,可以满足用户多样化的通信需求。后台服务器的地址可以任意设置。

GPRS通信网络不仅支持采集单元将电流数据传送到后台,还支持远程数据下传,用户能够在后台服务器设置参数,并将数据通过GPRS无线网络下载到采集单元中。

GPRS通信网络传输时间间隔可灵活设置,根据现场电流数据量的大小和采集单元的个数,在60 s~24 h较大的时间范围内设置,既能满足需要传输大量采样电流的场合,也能耐满足数据传输实时性要求高的场合。

GPRS网络支持专网应用,通过设置专网ID号,使用用户提供的特定SIM卡即可方便地连接到专网网络中。

GPRS网络除了基本的数据传输功能外,还包含诸多辅助功能,包括:①支持心跳包传输功能。能够稳定发送心跳包数据,用于指示当前设备的网络联接状态。②网络强度指示功能。能够指示当前网络强度,用于后台判断当前信号质量。③支持新短信提醒、短信接收、短信发送。④支持短信管理功能,能读取短信、删除短信、存储状态、短信列表,内嵌TCP/IP协议,支持多链接。

4) 后台服务器和客户端软件用于支持采集单元所采集的电流做进一步的分析和统计。后台服务器由专门的高性能服务器计算机组成,用于支撑客户端软件做数据处理等高级应用。

客户端软件运行在后台服务器上,通过GPRS接收来自于现场的电缆电流,所收集到电流数据后建立历史数据文件,并将这些数据绘制成各种曲线,电缆运行维护人员可根据这些曲线提供的信息来了解整条电缆的长期运行状态。同时,后台服务程序提供电缆电流异常告警及设备状态告警。

5) RTU调试软件和工程调试设备,用于电缆在线监测系统投入现场时的调试过程。RTU调试软件为生产调试及现场安装测试使用的软件,能够设置和读取RTU单元的测量参数和网络参数,同时能够观察到设备的运行状态。工程调试设备一般为手机或笔记本,能够接收RTU现场测量的数据。

现场应用

所研发的XLPE 电缆金属护套接地电流在线监测系统具有良好的适应性,可以应用于电缆沟、户外终端塔和站内终端等多个场合。图3为该系统在变电站的安装应用情况,图4为现场实例图。

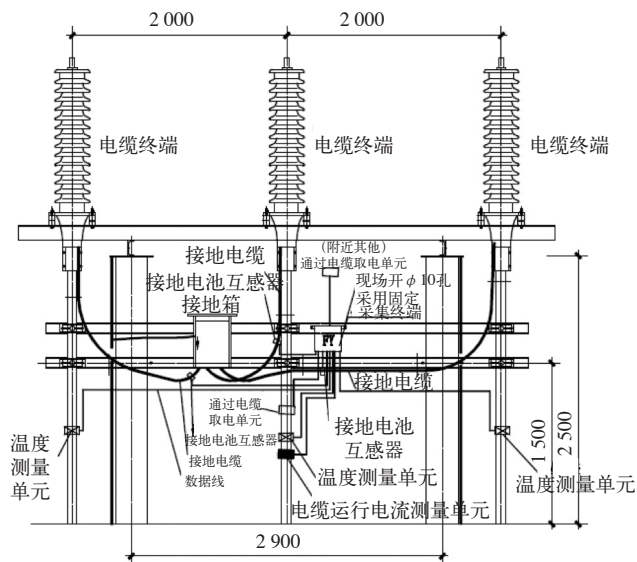


图3 应用于变电站的安装图



图4 应用于变电站的实例图

进一步分析GPRS通讯方式在现场电缆电流采用中的流量情况。按5 min的发送间隔为例,每次传输100 B则每日发送流量为 $24 \times 60/5 \times 100 \times 8 = 230$ Kbit,一个月消耗流量为 $230 \times 30 = 6900$ Kbit。传输的有效流量为6.9 Mbit,进一步考虑实际传输中会有额外的开销字节,所以每月传输至少需要10 Mbit流量。

结束语

XLPE电缆的绝缘故障大多是由于外层护套损坏而引起的,而单芯XLPE 电缆金属护套一旦发生电缆金属护层多点接地故障,将影响电力电缆正常运行。研究开发了一种能够实时监测电缆外层护套环流大小的系统,通过环流的大小判断XLPE 电缆外层护套是否老化,从而达到对电缆外层绝缘在线监测的目的。该系统具有低耗能、可靠性高、现场布置简单等优点,现场应用证实了该系统所具有的良好性能。EA

(收稿日期:2017.03.20)

(编辑:朱金凤)