

绝缘子并联间隙雷击故障指示器原理及其应用

绝缘子加装并联间隙后,发生雷击时绝缘子表面没有损伤,并联间隙头部烧痕也不明显,雷击故障点查找和雷击形式判断困难,针对这一问题,研制了绝缘子并联间隙雷击故障指示器。绝缘子并联间隙雷击故障指示器通过电流互感器监测输电线路电流,当有雷击发生时,触发指示灯指示故障点。雷击指示器同时能够记录雷电发生时间、雷电流波形,并通过无线方式将数据传输至手持终端,以备在PC上进行显示分析。绝缘子并联间隙雷击故障指示器在110 kV输电线路实际应用效果良好。

王树军¹ 张利¹ 王钰² 陈广宇¹ 程大印²/1.承德供电公司 2.北京诺德威电力技术开发有限责任公司



王树军/高级工程师

根据国家电网公司近年来生产运行情况,在110~500 kV设备事故中,雷击跳闸次数占输电设备总跳闸次数的第一位,造成输电设备非计划停运次数比例(仅次于外力破坏)占第二位,已严重影响了电网的安全和可靠运行^[1]。

输电线路绝缘子并联间隙是一种不同于传统防雷措施的“疏导型”保护方式,其思想是允许线路有一定的雷击跳闸率,可通过并联间隙与绝缘子间的绝缘配合,达到利用间隙接引闪络通道、疏导工频电弧的作用,从而避免绝缘子故障损坏,提高重合闸成功率,同时避免永久性故障的发生;另外还可通过并联间隙达到均匀工频电场、实现差绝缘配置等方面的作用。绝缘子并联间隙在华北地区输电线路的运行经验表明,并联间隙能够有效保护绝缘子免受雷击损坏,提高输电线路供电可靠性。但绝缘子装有并联间隙后存在如下重要的问题:

1) 线路遭受雷击后绝缘子未被烧

伤,且绝缘子表面没有损伤。

2) 并联间隙头部表面有时只有少量烧伤痕迹,甚至不明显。

以上两个问题造成线路故障巡视人员在故障查巡过程中的困难,不利于故障点的快速查找。

目前输电线路应用的雷击故障指示器多为利用雷电冲击电流、雷电流产生的磁场原理研发的指示装置。该类装置设计时有固定的动作电流值,当雷击到杆塔的电流达到动作值时,装置才能启动;如果杆塔遭受雷击但雷击电流未达到动作值,则装置不能起到指示雷击位置的作用。而且其动作会受到湿度、振动和温度等环境因素的影响,实际应用发现该类装置雷击时存在拒动作的现象,装置灵敏度有待提高,且装置内部结构有的为爆破结构,存在一定的安全隐患。彩色飘旗、彩带等飘出后可能对线路安全运行造成一定影响,飘旗、彩带等明显标志多数不能复原或者需要人工手动恢复,装置一般不能重复使用或者不便重复使用^[2-5]。

因此,有必要研制一种输电线路绝缘子并联间隙雷击故障指示器,能够准确指示雷击故障点,并记录雷电流波形、幅值等参数,为防雷分析提供有效的技术保证。

工作原理

绝缘子并联间隙雷击故障指示器原理为:通过电流互感器监测输电线路电流(该电流为绝缘子两侧导线上取得的差流,线路正常运行时,该差流理论值

关键词/Keywords

雷击·
指示器·
雷电流·
开合式电流互感器·
取电TA·

为零；当有雷击发生时，该差流为雷电流），当雷击发送时，系统触发指示灯指示故障点。雷击故障指示器同时能够记录雷电发生时间、雷电流波形，并通过无线方式将数据传输至手持终端，以备在PC上进行显示分析。

绝缘子并联间隙雷击故障指示器的总体原理框图如图1所示。

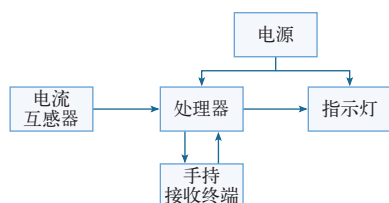


图1 总体框图

输电线路发生雷击时，电流互感器检测到雷电流并存储电流波形、最大幅值以及发生时间，同时控制一个指示灯不停地闪烁以方便运行人员查找故障点。该灯在未干预的情况下，可以坚持2~3天（依设置），之后自动熄灭。巡线人员也可通过手持机发送指令使灯熄灭，并通过手持机以无线方式获取雷电信息。

雷击故障指示器设计

1. 电流采集及处理装置

雷电流一般达到几十千安甚至几百千安，且雷电流持续时间极短^[6]。各国测得的雷电流波形基本一致，波头长度大多在1~5 μs，平均约为2~2.5 μs；波长在20~100 μs，平均约为50 μs^[7-10]。

绝缘子并联间隙雷击故障指示器采用开合式电流互感器监测输电线路电流。开合式电流互感器1与开合式电流互感器2取得差流后，将差流信号输入到处理器。处理器主要包括电源模块、采样电阻、采样AD、单片机模块和通信模块等，如图2所示。

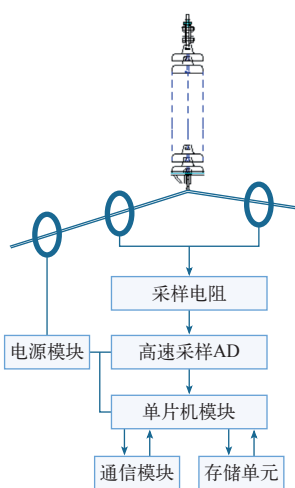


图2 电流采样及处理部分

发生雷击放电时，雷电流由电流互感器将信号输入到处理单元，处理单元通过阈值判定触发记录雷击放电信息，包括雷击时间、雷电流幅值及波形等信息，并触发指示灯指示雷击故障点。

2. 取电装置

绝缘子并联间隙雷击故障指示器取电装置采用高压架空线取电TA与感应电源模块。高压架空线取电TA为开合式，采用RVV电缆直接实现互感器和电源模块间的连接，安装方便。电源模块原理如图3所示。

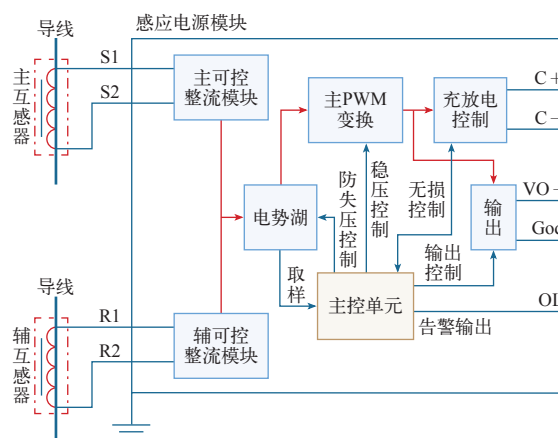


图3 电源模块原理

3. 雷击故障指示装置

目前已有的雷击指示器装置多数采用彩色飘旗、彩带等指示故障点，由于飘旗、彩带等飘出后可能对线路安全运行造成一定影响，且该类装置一般为一次性使用装置，当雷电冲击电流使装置动作后，内部结构启动飘旗、彩带等明显标志，这些标志多数不能复原或者需要人工手动恢复，因此装置一般不能重复使用或者不便重复使用。

绝缘子并联间隙雷击故障指示器采用指示灯方式指示故障点位置。指示灯可以由一个或者多个小的LED灯组成，它可安装在金属盒外壳上，也可以安装在导线上。雷击放电后闪烁，指示明显，辨识距离远，约1 000 m处即可辨识。

4. 手持接收终端

手持接收终端主要由控制单元、按键模块、电源模块、液晶显示模块和无线通信模块等组成。手持接收终端的硬件框图如图4所示。

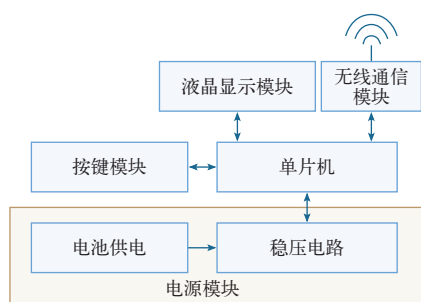


图4 手持接收终端

手持终端可与处理器无线通信，下载处理器存储的雷击放电信息，并可将信息与PC交互，供运行人员进行雷击放电分析。

应用

绝缘子并联间隙雷击故障指示器包括开合式电流互感器、电源模块、处理器、指示灯、金属盒、预绞丝和手持接收终端等。

开合式电流互感器及开合式取电TA固定在金属盒上，并加持输电线路完成采集电流及取电功能，处理器、稳压电源模块安装在金属盒内部。金属盒具有与防振锤相同的挂线金具，并通过预绞丝固定在导线上，安装方式可靠。

绝缘子并联间隙雷击故障指示器已在国网冀北电力有限公司承德供电公司110 kV输电线路应用，目前运行状态良好。

结束语

绝缘子并联间隙雷击故障指示器有以下优点：

1) 绝缘子并联间隙雷击故障指示器没有爆破机构，不存在安全隐患。

2) 雷击指示器能够实时监测雷击放电情况，雷击后指示灯闪烁，故障指示明显，可视距离远。

3) 指示灯指示时间可设定，指示时间过后能自动复位，指示灯具有重复指示功能。

4) 与电池、太阳能供电不同，本雷击指示器电源取自导线，供电可靠。

5) 故障电流与正常电流差别明显，即监测测量选择合理，能够准确指示每一次雷击故障，装置

可靠性高。

6) 雷击指示器能够记录雷电流波形，可通过无线方式将数据传输至手持终端，并可在PC上进行显示分析。

参考文献

- [1] 王涛, 周文俊, 易辉, 等. 架空输电线路雷电流波形实时监测系统[J]. 高电压技术, 2008, 34(5).
- [2] 杨逊弘. 绝缘子闪络指示器: 中国, 02205274.7 [P]. 2003.
- [3] 毛凤麟. 高压输电线路绝缘子闪络指示器: 中国, 02230975.6 [P]. 2003.
- [4] 郑瑞晨, 孙金德, 王春生, 等. 绝缘子闪络指示器: 中国, 200720187681.2 [P]. 2008.
- [5] 胡灿, 刘平. 高压输电线路雷击故障指示器: 中国, 200920082125.8 [P]. 2010.
- [6] 何健, 张弓达, 徐陈华, 等. 雷电定位系统在输电线路雷击故障分析中的应用[J]. 电瓷避雷器, 2012(4): 74-78.
- [7] Flisow Skiz, Mazzetti C, Wlodek R. New approach to the selection of effective measures for lightning protection of structures containing sensitive equipment [J]. Journal of Electrostatics, 2004(60): 287-295.
- [8] Silva J P, Araujo A E A, Pulion J O S. Calculation of lightning induced voltages with rusck. smethod in EM TP- part II: effects of lightning parameter variations [J]. Electric Power Systems Research, 2002(61): 133-137.
- [9] Dlzdh R, Ray W F, Hewson C R. High performance Rogowski current transducers [C]. Industry Applications Conference: Conference Record of the 2000 IEEE. Rome, Italy, 2000, 5(5): 3083-3090.
- [10] Viana S A, Murgtaroyd P N. Voltage profiles and closures on Rogowskicoils [J]. IEE Proc Electr Power Appl, 2002, 149(3): 223-227.

(收稿日期: 2015-02-10) **EA**