

行波测距在 500 kV 变电站的应用 及其存在问题研究

陈厚斯¹, 吕飞鹏¹, 韩传鼎²

(1. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065; 2. 南方电网超高压输电公司梧州局, 广西 梧州 543002)

摘要:介绍了利用电流行波进行 500 kV 输电线路故障测距的方法, 分析了目前电力系统故障定位最为准确的 A 型、D 型行波测距原理。对两种算法的理论基础和应用条件进行了分析和讨论, 并在该基础上分析了 XC-21 行波测距装置在 500 kV 交流输电线路上的应用和出现的问题及原因。

关键词:故障测距; 行波; 输电线路

Abstract: The fault location method for 500kV transmission line based on current traveling wave theory is presented, the type A and D methods are analyzed which are the most accurate methods of the fault location in power system at present. On the basis of analyzing the principle and application condition of the two algorithms, the application of XC-21 fault location equipment based on traveling wave to 500kV AC transmission line are proposed as well as the existing problems and causes.

Key words: fault location; traveling wave; transmission line.

中图分类号: TM773 文献标识码: A 文章编号: 1003-6954(2008)02-0085-03

1 A 型、D 型测距原理

仅介绍在 T 站运行的 XC-21 装置所采用的测距原理即 A 型、D 型测距原理。XC-21 利用行波在输电线路上有固定的传播速度这一特点, 通过检测故障暂态电流行波在故障点与母线之间的传播时间测距^[1]。

1.1 单端行波测距原理(A 型)

在被监视线路发生故障时, 故障产生的电流行波会在故障点及母线之间来回反射。装设于母线处的行波测距装置接入来自电流互感器二次侧的暂态电流行波信号, 使用模拟高通滤波器滤出行波波头脉冲。

根据到达母线的故障初始行波脉冲 S1 与由故障点反射回来的行波脉冲 S2 之间的时间差来实现故障测距, 找出故障点^[1]。设波速度为 V, 故障初始行波以及由故障点反射波到达母线的的时间分别为 T_{S1} 、 T_{S2} , 则故障距离:

$$X_L = \frac{1}{2} V (T_{S2} - T_{S1}) \quad (1)$$

在相间故障存在较大的过渡电阻以及单相接地故障时, 对端反射波在故障点有较大的透射(折射), 当故障点在线路中点以内时, 来自故障线路方向的第二个行波波头是故障点反射波, 根据它与故障初始行

波的时间差, 来实现测距。当故障点在线路中点以外时, 来自线路方向的第二个行波波头是来自故障线路对端的反射波, 根据它与故障初始行波的时间差, 可以计算出故障点距对端的距离:

$$X_R = \frac{1}{2} V (T_{S1} - T_{S2}) \quad (2)$$

XC-21 利用故障行波之间的关系, 识别故障电流行波波头, 计算故障距离, 但由于装置的数字处理能力有限, 往往需要手动计算出故障距离。

1.2 两端行波测距原理(D 型)

设故障初始行波波头到达两侧母线的的时间分别为 T_S 和 T_R , 装于线路两端测距装置记录下行波波头到达两侧母线的的时间, 则故障距离可由下式来算出:

$$X_S = \frac{1}{2} [(T_S - T_R)gV + L] \quad (3)$$

$$X_R = \frac{1}{2} [(T_R - T_S)gV + L] \quad (4)$$

此种方式在 T 站采用通过电话与对侧交换数据的方式来测距。理论上这种测距方式采用内置的 GPS 实现两端的时钟同步, 使得线路两端的时间同步误差平均不超过 1 μ s 由此产生的绝对测距误差不超过 150 m^[2]。但此种方式对 GPS 时钟的依赖和要求很高。

2 XC-21 在 T 站的应用分析

输电线路分布狭长, 长期暴露在自然界中, 经

各种自然条件的侵害,南方的夏季雷暴、飓风,春秋季多雾,秋冬季干燥多山火,所有这些情况都对线路的安全运行构成威胁,为了电网的安全运行、快速的恢复供电,必须对故障实施精确定位。所以在T站安装了XC-21行波测距装置。

1)基于阻抗法的保护测距,在故障点的过渡电阻、线路不对称、电压电流变换器等因素的影响下测距的误差很大。在某些情况下甚至达到80 km,如500 kV HL I线在2006年9月9日6时6分52秒动作跳闸时,RCS-931保护装置的测距误差达到72 km,在某些情况之下甚至不能测出距离,如2004年9月19日、2004年10月2日和2006年8月2日线路跳闸的时候REL561保护装置未能测出故障距离。但是在某些情况之下,基于阻抗原理的测距法依然是行波测距法的有效补偿。

2)从2004年至2006年9月,T站共出现22次线路故障跳闸,其中有6次未能实现双端测距,其中16次双端测距成功,只要双端行波测距成功,其误差是很小的,基本上在500 m以内,所以在大多数的情况之下,双端测距能有效地实现故障精确定位。当然双端法也是T站首选的测距方式。然而对于单端测距,在复杂的故障情况之下都可能存在波形误判的可能性,同时也可能由于干扰及设备自身的原因而导致测距失败^[3]。但若是波形清晰测距成功的情况下,其测距误差也是在500 m以内的。如2004年7月4日、2006年8月2日SH II线跳闸的时候未能实现双端测距,但由于波形清晰,成功地实现了单端测距。

3 测距失败的原因及分析

以2006年9月9日500 kV HL I线由于风偏导致输电线路对树放电即线路C相瞬时接地故障为例。在一天之内500 kV HL I线C相连续6次故障,故障发生在距T站220 km处,均重合成功。同样,在12时13分55秒再次对树放电的时候,本侧装置触发的时刻为6 306 μs ,而对侧是7 171 μs ,同样本侧测距失败(当然对于上述两次测距失败的原因,也可能是本侧所记录的是干扰信号,而由于装置不能无缝记录,所以漏记了故障行波,导致测距失败)。由于线路对树的放电电弧电阻的不确定性以及瞬时性而使装置未能记录到故障点的反射波,或是故障行波在返回故障点的时候故障已经消失而导致本侧单端测距也失败,而由于故障发生在对侧的近端,故障行波往返

时间短而记录下了返回行波以成功的测距。而在13时30分10秒故障时,本侧装置触发的时刻为312 384 μs ,而对侧是369 915 μs ,由于时钟的原因而使双端测距失败,但由于成功地记录了返回的故障行波,而使单端测距成功。

基于以上的分析可知,在山火或风偏对树放电等复杂故障情况下,测距有时候也会失败。研究发现,GPS接收机普遍存在输出信号瞬时不稳定性、卫星失锁以及时钟跳变等问题,因而其输出的时间信息和秒脉冲信号不能直接利用,必须附加高稳定度守时钟,并且需要消除偏差超过某一限定范围的时间同步信号。而单端行波测距的关键是准确求出行波第1次到达测量端与其从故障点反射回到测量端的时间差,并包括故障行波分量的提取。由于行波在特征阻抗变化处的折反射情况比较复杂(如行波到达故障点后会发生反射也会通过故障点折射到对侧母线上)非故障线路不是“无限长”由测量点折射过去的行波分量经一定时间后,又会从测量点折射回故障线路等,使行波分析和利用单端行波准确故障测距有较大困难^[2]。由于装置的自身原因和自然界故障的复杂性造成测距的失败如:

1)装置2次启动之间要有一段等待的死区时间(约70~80 ms),在实际运行期间发现2次启动之间的时差小于75 ms左右时,第2次的暂态行波信号将丢失。

2)当电压过零或接近于零时,产生的电流行波比较微弱,造成测距装置工作失败。

3)母线上没有其他元件,在故障行波到达母线后,由于只能测量到母线分布电容产生的持续时间较短、幅值较小的电流脉冲信号,而至行波测距的失败。

4)高阻故障时,行波测距装置通过降低检测门槛值来提高检测灵敏度,同时也降低了装置的抗干扰能力,导致测距失败的几率上升,特别在受干扰(雷电)区域的线路上。

5)同时接入多回出线的变电站行波会转化为其他线路和设备的行波,由于不能无缝连续记录或记录下来也无法确定故障行波波头的到达时刻,而造成测距失败。

由以上的分析可知,在进行波形分析时(特别是行波法测距失败的情况之下),应结合保护动作故障信息进行参考,或把行波测距和故障录波进行信息集成,把线路在各种故障情况下的暂态电流、电压本质表征分析提出特性模型,以利于故障线路精确定

位^[4]。同时,提高软、硬件的配置是提高测距成功率的重要手段。

4 结论

从行波的原理及影响行波测距因素的分析,从原理上看,与阻抗测距算法相比,行波法几乎不受过渡电阻和线路不对称等因素的影响,准确度优于阻抗法,但行波法存在反射波的识别问题,可能出现测距失败^[2]。但以阻抗法作为补充,能有效地提高测距成功率。双端行波法的关键是准确记录下电流行波到达线路两端的时间,由于母线两端都只检测第1个到达的行波,线路过渡电阻的电弧特性、系统运行方式变化、线路分布电容及负荷电流等对测距准确性不会造成大的影响,既有很高的测距准确度,又有很高的测距可靠度,而且不受对端母线反射波、相邻线路透射波以及线路两侧母线结构的影响,仅从行波故障测距准确度和可靠度来考虑,双端行波测距方法是首选的测距方法。但双端法对GPS时钟的依赖太强。由于单端测距法不需要GPS时标系统及两端数据通信等,测距结果的实时性强,也可能测距失败,因此,单端行波故障定位也具有重要的实际意义,但单端行波测距法还存在测距死区问题^[5]。在目前状况之下,用单端法、双端法结合阻抗法进行联合测距,在行波法失效的情况下以阻抗法的测距结果作为补充,能弥补行波法的不足,实现故障定位^[6]。同时由于行波测

距中线路精确长度、杆塔对应明细表及波速的选择对测距精度以及故障点查找也有着重要的影响,精确的线路长度应通过输电线路竣工验收资料实际数据为准,而对于波速度的选择是在一个经验值基础上通过多次故障实际情况修正获得。

综合以上的分析可知,只要从软件和硬件2个方面采取有效的措施,就可提高测距成功率,进而实现对高压输电线路的故障精确定位,以及时修复线路,最大限度地为电网的安全运行提供有力的保证。

参考文献

- [1] XC-21 输电线路行波测距装置使用说明书[Z]. 科汇电气有限公司, 2004—2006.
- [2] 董新洲, 葛耀中, 徐丙垠. 利用GPS的行波测距研究[J]. 电力系统自动化, 1996, (12).
- [3] 董新洲. 小波变换在行波故障测距技术中的应用[D]. 西安交通大学博士学位论文, 1996.
- [4] 陈平, 葛耀中, 徐丙垠. 现代行波故障测距原理及其在实测故障分析中的应用[J]. 继电器, 2004, 32.
- [5] 骆敬年, 颜廷纯. 基于行波原理线路故障测距的误差分析及解决措施[J]. 华东电力, 2006, 10.
- [6] 杨延勇. 基于小波分析的电流行波双端测距[D]. 山东大学硕士学位论文, 2005.

作者简介:

陈厚斯(1978—),男,湖北石首人,硕士研究生,主要研究方向为电力系统广域保护。

(收稿日期:2008-01-15)

(上接第52页) 管圈水冷壁技术,只能采用垂直管圈水冷壁。要研究超临界CFB锅炉水动力特性,按照安全、可靠、经济的原则,确定合理的质量流速,研究解决特殊工况下水冷壁的传热安全问题。

4)按照可靠、经济的原则,开展超临界CFB锅炉配套辅机和辅助设备的选型设计和技术研发工作,如:煤和石灰石破碎机、冷渣器及输渣设备、风机、空气预热器等,尽量避免锅炉辅助设备带来技术风险。

5)要瞄准达到通常湿法脱硫工艺95%的脱硫效率的目标,研究提高石灰石利用率的手段和措施;要瞄准达到烟尘排放浓度低于 50 mg/Nm^3 环保标准,研究选用经济可靠的除尘方式和设备。

5 结束语

600 MW超临界循环流化床锅炉技术综合了循环流化床污染控制成本低及超临界机组高供电效率两个优势,是循环流化床锅炉技术发展的方向。

川南地区拥有储量丰富高硫、高灰、低热值无烟煤,是示范工程较为理想的燃料,同时,作为国家100 MW和300 MW CFB循环流化床锅炉示范电站的建设地,四川地区拥有较强的循环流化床锅炉运行、试验、维护技术力量,是自主研发600 MW超临界循环流化床锅炉示范工程理想的依托地。

(收稿日期:2007-12-10)