

# 高压直流输电线路保护与故障测距原理研究

闫建欣

(国网青海省电力公司检修公司, 青海 西宁 810021)

**摘要** 近几年,随着电网改扩建项目的不断实施,高压直流输电线路在整个线路中占据的比例与发挥的作用变得越来越巨大,高压直流输电线路保护与故障测距成为电力企业重要工作内容。基于加强高压直流输电线路保护,减少故障发生目的,文章对几种高压直流输电线路的故障测距原理进行了相应分析,并在此基础上提出了一些直流输电线路的保护措施。

**关键词** 高压直流输电线路;故障测距;行波原理;保护措施

## 前言

高电压直流输电线路建设是我国为适应和满足持续上涨的用户用电量需求所采取的一个重要举措。与常规电压线路相比,高电压直流输电线路具有跨区域广、输电距离长、所处地形气候环境更加复杂等特点,一旦其发生故障,不仅排除难度大,而且容易造成严重的损失。有关调查表明,高压直流输电线路故障率是我国直流输电系统故障中的最高者,高压直流输电线路保护重要性由此可见一斑。

## 1 高压直流输电线路故障测距原理

### 1.1 基于故障分析的故障测距原理

基于故障分析的故障测距原理是:根据系统对故障发生时所记录下来的有关参数以及测量点测量所得电流量、工频电压等参数,通过对方程的求解计算,从而求出测量点到故障点之间的距离。之所以依据该原理能够实现对故障的测距,是因为在系统运行方式和线路参数已知的情况下,当故障发生时,测量点处的电压和电流量是故障点距离的函数,它们之间存在一定关联性,这样根据系统对故障发生时所记录下来的测量点电压、电流量即可确定出故障点的位置<sup>[1]</sup>。

### 1.2 基于行波保护的故障测距原理

行波保护,是一种利用故障状态下暂态行波本身带有的故障点信息来实现对输电线路保护的一种有效方法,被认为是高压直流输电线路保护中最主要、有效保护方法之一,具有保护动作精确度高、动作迅速敏捷等特点。基于行波原理的故障测距就是在行波保护方法基础上发展起来的,其实现故障测距的基本原理是:对暂态行波的波头(或反射波波头)到达测量点的时间和波速进行精确计算,进而计算出故障发生的具体位置。基于行波保护的故障测距方法测距精度高、计算速度快、及时准确,且不受故障类型、线路类型、接地电阻等参数的影响。目前,我国高压直流输电线路的故障测距中所使用的大多数测距装置基本都是基于行波保护原理所研发而成的,在实际应用中测距效果较好<sup>[2]</sup>。从基于行波原理的故障测距原理分析来看,对暂态行波波头的探测是该测距方法的关键与难点,若不能及时准确探测到行波波头,后续测距中的其他变量也就无法获得,进而也就无法实现对故障的准确定位。所以,采用这种测距方法对线路故障进行定位,首先需要解决的问题就是对行波波头的有效探测,而小波变换是现阶段使用较多的一种波头探测方法。

### 1.3 基于阻抗法的故障测距原理

基于阻抗法的故障测距原理是:对故障发生的测量点处电压、电流进行测量,然后计算出故障回路的阻抗,再依据故障回路阻抗与测量点到故障点距离间关系最终求出测量点与故障点之间的距离。当高压直流输电线路均匀时,故障回路阻抗与测量点到故障点之间的距离通常呈正比关系,这是基于阻抗法的故障测距的基本原理和实现的关键。使用这种测距方法的前提条件是要先假设高压直流输电线路是均匀的,但实际往往并非如此,因而这种测距方法存在一定误差。

## 2 高压直流输电线路保护措施

目前,高压直流输电线路保护所使用的保护方法主要有行波保护、纵联差动保护、微分欠压保护、低电压保护等几种方法,其中尤以行波保护和微分欠压保护为主。

### 2.1 输电线路的行波保护与纵联差动保护措施

关于行波保护在上面已有所提到,即是利用故障状态下暂态行波本身带有的故障点信息来实现对输电线路保护的一种方法。根据电磁场理论相关观点,以波的形式进行传播的电能,不管输电线路处于何种状态(正常或故障),线路上始终都存在着行波运动,包括电流行波和电压行波<sup>[3]</sup>。基于这一特点,当高压直流输电线路在运行过程中发生故障时,在故障点处会产生接近光速传播的、向两侧展开的暂态行波(暂态电流行波和暂态电压行波),这样暂态行波中便

包含有丰富的故障信息。通过继电保护系统对暂态行波中的故障信息加以充分的分析和利用,从而实现对线路的行波保护。这种保护方法利用故障初期的电流电压信息来对故障进行检测,可以有效避免极控对保护的影响,保证保护动作速度。

对于高压直流输电线路发生的高阻接地故障,由于一些原因可能会出现行波保护与微分欠压保护两种方法均检测不到线路上电压、电流变化情况,此时就需要采用线路纵联差动保护法来对线路实施保护措施。当高压直流输电线路发生高阻接地故障时,部分直流线路被短路,导致线路两端电流的测量值出现偏差,采用线路纵联差动保护法,可以实现对线路的后备保护。但需要注意的是,由于高压直流输电线路电压等级高,对地电容大,这样受区外故障发生给电压带来的扰动影响,就会产生很大的对地充放电电流<sup>[4]</sup>。而对地充放电电流的产生容易造成误动作,为了避免这一情况发生,需要将直流线路纵联差动保护的延时设置的较长一些,绝不能短于主保护动作延时时长。在实际的保护措施实施中,充分考虑其他保护动作时限,通常将线路纵联差动保护的延时设置为500ms,并增设一个闭锁环节,用以避免纵联差动保护的误动发生。

### 2.2 输电线路的微分欠压保护与极控后备保护措施

高压直流输电线路保护中的微分欠压保护方法,存在的两个必要动作条件就是微分和欠电压,只有同时具备微分和欠电压,才能够实现对直流输电线路的有效保护。微分欠压保护法对于电压变化率的计算所采用的计算方法和定值方法与行波保护是相同的,但微分欠压保护的电压变化率脉冲宽度拥有更长的脉冲宽度,为20ms,而行波保护的电压变化率脉冲宽度则为6ms<sup>[5]</sup>。这一脉冲宽度差异,使得微分欠压保护法在故障距离较远或行波保护退出保护范围时,可以起到一个后备保护的作用,是高压直流输电线路保护中的主要方法之一。但与行波保护一样,微分欠压保护同样存在保护动作灵敏性随着接地电阻阻值的增大而降低的缺陷。针对高压直流输电线路保护动作拒动情况,为了依旧实现对线路的有效保护,还需要在极控系统设置多套极控后备保护。

## 3 结束语

文章主要介绍了三种故障测距原理方法,即基于行波原理的故障测距、基于阻抗法的故障测距和基于故障分析的故障测距。这几种测距方法各有各的优缺点,适用于不同的测距要求和测距条件,在应用时应依据实际情况予以合理选择。对于高压直流输电线路的行波保护、微分欠压保护、纵联差动保护等保护方法,应相互结合使用。总之,高压直流输电线路保护是一项重要工程。

## 参考文献

- [1]陈仕龙,张杰,毕贵红,等.一种基于高频衰减特性的特高压直流输电线路故障测距方法[J].电力系统保护与控制,2014,40:77-83.
- [2]张烁.高压直流输电系统线路保护、故障重启及故障测距方法的研究[D].天津大学,2014.
- [3]陈仕龙,谢佳伟,毕贵红,等.一种特高压直流输电线路神经网络双端故障测距新方法[J].电工技术学报,2015,40:257-264.
- [4]李洪波.超高压直流输电线路故障测距原理研究及软件开发[D].天津大学,2009.
- [5]康丽红.基于分布参数模型的特高压直流输电线路保护和测距研究[D].重庆大学,2014.