

# 高压输电线路故障定位技术对电网安全运行的影响

付铁栋 王君林 陈俊波

北京吉北电力工程咨询有限公司 北京 100070

**摘要:** 电力系统在智能电网发展规划支持下,已经走进跨区域大电网时代。国家电网注重解决供应能源问题,同时对高压骨干网络的建设进行强化,特高压工程建设项目要求电网必须安置不同控制装置,这对动态化发展的电网十分有利。另一方面,用户要求电网处于安全运行状态,并且具有较强经济性,在自然环境影响之下,不断发生电力系统故障,若不能第一时间开展判断处理工作,必然会使故障持续扩大,导致国民经济损失巨大。

**关键词:** 高压输电线路;故障定位技术;电网安全运行

## Influence of hV transmission line fault location technology on power grid safety operation

Fu Tiedong Wang Junlin Chen Junbo

Beijing Jibe Electric Power Engineering Consulting Co., Ltd., Beijing, 100070

**Abstract:** With the support of smart grid development planning, the power system has entered the era of trans-regional large power grid. The State Grid pays attention to solving the problem of energy supply, while strengthening the construction of high-voltage backbone network. The construction projects of ultra-high-voltage engineering require the grid to install different control devices, which is very beneficial to the dynamic development of the grid. On the other hand, users require the power grid to be in a safe operation state and have a strong economy. Under the influence of the natural environment, power system failures constantly occur. If the judgment and treatment work cannot be carried out in the first time, the failure will inevitably continue to expand, resulting in huge national economic losses.

**Key words:** high voltage transmission line; Fault location technology; Safe operation of power grid

引言: 研究分析大范围停电事故可知, 主要原因是忽视电网运行的小故障, 因此, 必须加大监测电网运行力度, 以故障为依据, 第一时间应用有效措施, 恢复供电, 为安全运行的电网提供保障。将故障发生位置准确快速定位出来, 对保障电力系统稳定运行十分有利。

### 1 概述高压输电线路故障定位技术

针对高压输电线路故障定位技术, 国内外专家坚持不懈研究, 通过对相关装置的运用, 终于提供强有力的技术支持, 从而为电力系统的安全性和稳定性提供保证。高压输电线路故障定位法的发展阶段共包括四个。最初帮助电力系统定位输电线路故障的是一种由静态化电子组合而形成的模拟装置, 记录故障的介质是录波器上的胶片, 经过不断发展和完善, 促进高压输电线路故障定位器的形成, 初期在定位高压输电线路故障方面不够精准, 但是, 经过二战后, 在科技力量支持下, 输电线路故障定位技术发展速度持续加快。20世纪五六十年代, 行波法得到人们广泛认可和接受, 70年代中期后, 投运微机型保护装置后, 将新发展机遇带给故障定位技术, 促进其进一步发展。国内外学者提出运用计算机定位输

电线路故障方法, 通过对计算机的应用, 计算并处理电压数字信号, 找到故障点位, 无法去除过度电阻, 通过对单端故障定位算法的应用, 促进故障定位精准度的提高, 批量制造计算机故障定位装置。进入80年代, 继电器保护应用计算机技术获得大力发展, 定位故障的主力成为微机故障录波器, 将良好基础奠定出来, 对高效率运用双端故障定位法十分有利。双端故障定位自身具有显著优势, 再加上GPS技术的帮助, 可以有效保持同步时钟的高度精准性, 从而迅速获取故障信息, 并且形成故障录波, 最终将电气量计算出来, 获得最佳成果, 这是单端法无法做到的。近年来, 高压输电线路故障定位法普遍运用智能理论算法, 其中以神经网络和专家系统为主。同时将模糊理论等引进故障定位分析工作中。有大量重叠交叉的智能化技术产生, 一些国外专家提出将分布式光纤温度传感器应用于线路故障定位法中, 促进输电线路故障定位法的智能化发展<sup>[1]</sup>。

### 2 高压输电线路故障定位技术作用

输电线路故障定位技术对电网维护工作具有重大意义, 具体分析如下: 其一, 节约时间。借助有效运用输电线路故



障测距技术,方便维修人员更好开展维修工作,迅速判定故障点,使维修人员检查时间大大缩短。其二,降低经济损失。如果发生输电线路故障后,必然会带来一定经济损失,通过对测距技术的应用,维修人员能够快速排除故障,迅速做好维修工作,从而使故障造成的经济损失不断降低。其三,有效分析失效原因。科学应用输电线路故障测距技术,可为检修人员提供充足时间,从而有效分析故障点发生故障原因,同时将预防措施制定出来。其四,线路薄弱点的确定。偶尔会有故障出现在瞬时线路传输过程中,一般情况下,故障线路产生于故障定位技术的薄弱环节,维修人员借助对弱点线的研究,可采取对应策略,使电路得到有效保护,避免发生永久性故障,大幅度减少线路维修成本,大大提高电网运转的可靠性<sup>[2]</sup>。

### 3 高压输电线路故障定位技术运用

如果产生输电线路故障,则会导致电流行波、动态暂态电压行波的出现,暂态行波具体内容一般包含故障方向、距离等信息。对比阻抗法,行波故障定位方式能够规避过度电阻和系统震荡影响,当前广泛运用行波故障定位法。

与此同时,逐渐淘汰传统双端输电线路,T型线路特点包括资金投入少、输送功率大等。在相应电压等级中广泛运用这种输电线路,同时国内外加大研究T型线路故障定位力度<sup>[3]</sup>。

### 4 高压输电线路故障种类

电力行业包括很多环节,如输电、变电、发电等,它是工业基本动力之一,由于同时生产并消费电能,因此,必须实施统一分配调度操作,一旦有故障出现在电力行业任何环节,都会中断供电,导致巨大经济损失产生。国内快速发展的电力行业,更加突出对系统正常运作产生影响的要素,多次发生在国内外的系统分解事故,主要由高压输电线路故障导致,立足于高压输电线产生故障因素,可划分为永久故障与隐形故障。永久故障实际是一种地基短路故障,由多个导体引发,此时电线受到外力机械性破坏。瞬时故障是一种闪络情况,诱发原因是雷电等过电压,故障发生后,可以实施重合闸操作。老化原因是击穿绝缘主要因素,一般会使绝缘作用持续削弱,正常状态下的电压绝缘击穿很容易造成短路,将故障摘除之后,不会遗留显著破坏痕迹。隐性故障到瞬时闪络需经历一些列环节,无法做出预测,若具有适合的电压,则不会有击穿产生<sup>[4]</sup>。

### 5 高压输电线路故障定位法

经过国内外专家的多年努力工作,高压输电线故障定位法实现巨大突破,有很多因素都会影响故障定位精准度。通过对当前故障定位法的总结和归纳,可以将精准定位故障的更优方法探索出来。有很多方法包含在高压输电线故障定位法中,如端点测量法、区段定位法等。

端点测量法重点运用线路端点,对故障信息实施测量和定位操作,阻抗法原理是通过故障回路阻抗、故障测量点

二者正比关系的运用,推断出测量点阻抗和单位阻抗比值,从而获得故障点和测量点之间距离。单端法被划分为微分工程法、工频分量法,双端法没有系统误差存在,已经被广泛应用于电力系统中,并且正在飞速发展。区段定位法通过对探测器的应用,将故障点信息检测出来,从而将故障驱动确定下来,在高压输电线节点安置探测故障的仪器,通过研究故障信息,能够定位区段,可以划分探测故障的仪器为电路FTU、故障指示器。

对于行波法而言,可将其划分为两种,分别是单端法、双端法,其定位原理是发生故障的高压输电线,传输行波信号,到达线路两端,借助测量暂态行波故障信号,最终将故障位置确定出来,实际就是借助对故障点行波信号往返时间的测量工作,促进故障定位的实现。单端测距法已经得到广泛运用和发展,究其原因,主要是此法仅需要利用单侧信息与数据,被系统接受程度高,方便采集数据,容易实现目标。单端测距法通过对发生输电线路故障一侧线路电压、电流值的检测,再结合必须的输电线路系统参数,将输电线路发生故障位置计算出来。然而,这种方法具有一些弊端,若测量双端供电输电线路系统距离,仅仅利用单侧信息,则无法去除故障点过渡电阻对系统的影响,导致定位输电线路故障产生很大误差,甚至失去有效性。双端测距法借助对线路两端电气量的运用,可以确定故障位置。考虑此种算法充分利用两侧电流电压,进而推断出来故障点电压相等条件,从而将故障位置信息获取,因此,正常情况下可以将过渡电阻产生的不良影响成功规避。然而,双端测距法并不是完美无瑕,同样具有一些问题,突出表现是同步两端数据问题,这要求同时获取线路两端数据,因此,必须运用通信技术获取对侧信息数据<sup>[5]</sup>。

传统行波测距方案原理包括4种类型,A型定位故障原理是将测量点行波到测量点往返时间勘测出来,进而计算出来距离;B型原理借助对故障点行波信号到达母线时间的测量工作,精准掌握故障点位;C型原理是通过C型测距装置发出的直流脉冲,辅助运用高频脉冲往返时间,确定故障位置;D型原理借助运用暂态初始行波到达母线时间差,推算出来故障点距离。

数字滤波算法能够提高故障测距准确性。传统测量方法无需处理工频分量,只需测量电流、电压即可,然而,数字滤波法具有高效性、针对性优势,能够弥补传统测量法不足。除此之外,有输送电压力存在于输电线路中,应用数字滤波法开展测试工作时,极大方便了其灵活性。具体应用实践中,还需要综合考虑突发状况与环境现状,从而正确选用算法。这对工作人员提出较高要求,必须具备丰富实践经验,与故障处理位置状况相结合,科学合理选择方法,有效提高数字滤波算法的主动性<sup>[6]</sup>。

智能法包括最先进的故障定位法,它的核心是专家系统和神经网络,专家系统工作原理需要依托于专家实践经验,

这样才能有效运用知识,实现精准定位目的,对于神经网络定位而言,其原理是通过采样学习,习得知识,从而使定位目标得以实现。

## 6 对比高压输电线路故障定位法

以工程运用实践为依据,明确要求此定位法具有高精度精准性,并且经济实惠,从而将定位高压电输电线路故障的最佳方法选择出来。常规法中的缺点比较多,近几年,经过众多专家的努力研究,已产生大量故障定位仪器,将其应用于实际生产中,具有很多优点,便于操作、较高可行性等。虽然智能化具有快速响应速度,较高计算精度,然而起步较晚,有关理论研究仍然处于初级开发阶段,专家系统经常遇到难以获取知识问题。神经网络不足是不能利用硬件,促进其功能的实现。

具体定位法借助测量电气量,将故障点位置获取,区段定位法很容易在信号干扰下,无法精准定位,小电流接地故障检测成效不够理想,不能将具体位置获取。馈线终端不能广泛运用,只能在配电网自动化网络中应用。端点法随输电线路故障定位法的发展不断进步,获得十分丰富的现场实践经验,信号输入法通过主动注入信号,确保准确定位,防止消弧线圈对其产生不利影响,实际运用中难免产生一些问题,并且互感器容量决定其信号强弱,导致找寻故障点花费很多时间与精力,很容易导致系统其他点与地面相接触,诱发自动化跳闸情况。电力系统的负荷多种多样,导致注入信号接近电网时,对测量信号造成干扰<sup>[7]</sup>。

阻抗法的应用十分方便、快捷,但是,必须满足一些应用要求,具体包括工频基波量、三相对称,可以忽略谐波暂态故障、线路数值等要素的影响。无法实现精准测量目的,受到很多要素的决定性影响,如线路构造不对称等。不能将此种方法应用于定位双回线路和电容线路的故障中,不能精准处理闪络故障。

## 7 有效运用高压输电线路故障定位法的对策

第一,将监督管理体系构建出来并完善。严格遵守相关设计规范要求,结合实际情况,建立健全监管制度体系,精准确定各个重要部位的监管内容,将准确依据提供出来,以

更好开展后期管理工作。比如,管理体系规定设计人员必须详细记录高压输电线路电气设计前期调查的数据信息,保证其真实性与可靠性。管理人员全面核查调查数据和记录,为前期调查的科学性提供保障,促进电气内容合理性的提高。第二,加强建设管理设计人员队伍。开展线路设计管理工作中,不断改进和优化各种规章制度,以设计人员表现和行为为依据,对设计人员能力素养进行考察,严厉惩处不认真工作的职工,保证其树立较强责任感和使命感。第三,定期开展培训教育工作,促进设计团队整体实力的提升。

## 8 结束语

总而言之,不断增多的高压远距离输电线路,要求持续提高输电线路传输功率和电压级别,只有这样,才有利于高压输电线路充分发挥优势和作用,为稳定输送电能提供保障。对于高压与特高压输电线路而言,其不仅承担输送大功率电能任务,还要联合不同电网,为联网运行提供保障。由此看来,高压输电线路的运行状况直接关系整个电网的安全性和稳定性。

## 参考文献:

- [1]张城阳,张军强,张震亚. 高压输电线路故障定位技术对电网安全运行的影响[J]. 技术与市场,2020,27(5):119-120.
- [2]王素云. 浅谈高压输电线路接地故障的定位技术[J]. 电子元器件与信息技术,2020,4(7):141-142.
- [3]李大伟,马博珺,孔德健,等. 模拟退火-牛顿法在高压输电线路故障定位中的应用[J]. 电气自动化,2019,41(5):64-66.
- [4]滕志鹏,梁远升,曾德辉,黄凤丽. 基于卷积神经网络的高压输电线路故障定位时域法[J]. 广东电力,2021,34(06):1-9.
- [5]柴小君. 基于双端测距的高压输电线路故障定位[J]. 电气开关,2020,58(06):46-48.
- [6]周祥,王玲桃. 基于VMD-DE的高压输电线路行波故障定位方法[J]. 自动化技术与应用,2017,36(12):85-90.
- [7]赵海龙,王鑫红,高昌龙. 基于FIMD和Hilbert变换的高压输电线路行波故障定位方法[J]. 电测与仪表,2020,57(18):77-82+89.

