

高压输电线路的故障测距方法

李强, 王银乐

(华东交通大学电气与电子工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 高压输电线路的准确故障测距是保证电力系统安全稳定运行的有效途径之一。比较全面地讨论了故障测距方法及其研究现状。根据各测距算法采用的原理不同, 将其分为故障分析法和行波法两类, 在简单介绍故障分析法之后, 重点对行波法的行波获取、波头识别、波速确定等问题以及单端、双端和多端行波测距算法分别进行了分析、对比和讨论, 并在此基础上总结得出了行波法中仍需解决的问题和可能的解决办法以及各种测距算法的优点和存在的问题。指出了每种测距算法的适用范围和应用局限性。最后, 对高压输电线路故障测距的研究及应用前景进行了展望。

关键词: 高压输电线路; 故障测距; 行波法; 故障分析法

Fault location methods for high voltage power transmission lines

LI Qiang, WANG Yin-le

(Electric and Electronic Engineering School, East China JiaoTong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Accurate fault location for high voltage transmission line plays increasingly important role in power system, the development and general situation of the research in this field is reviewed in this paper. According to the different theories of fault location, it can be generally divided into two parts, failure analysis method and traveling wave based method. After introducing the method of failure analysis simply, it focused on the analysis, comparison and discussion on the problems of traveling wave acquisition; traveling wave head recognition and wave speed ascertaining as well as the single-terminal, double-terminal and multi-terminal fault location algorithms. On these bases, problems should to be solved in the future and its possible solutions to traveling wave method and advantages and disadvantages of serious fault location methods are concluded. The scope of application and its limitation are presented. At last, the prospects of fault location are described.

Key words: high voltage power transmission lines; fault location; traveling wave law; failure analysis

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)23-0192-06

0 引言

高压输电线路的准确故障测距是从技术上保证电网安全、稳定和经济运行的重要措施之一, 具有巨大的社会效益。输电线路故障测距按采用的线路模型、测距原理、被测量与测量设备等的不问有多种分类方法。根据测距原理分为故障分析法和行波法; 根据测距所需的信息来源分为单端法、双端法和多端法; 按采用的线路模型^[1]分为集中参数模型、考虑分布电容的模型和分布参数模型等。

1 故障分析法

故障分析法^[1]根据系统在运行方式确定和线路参数已知的条件下, 输电线路故障时测量装置处的电压和电流是故障距离的函数, 利用故障录波记录的故障数据建立电压、电流回路方程, 通过分析计算得出故障距离。

1.1 利用单端数据的故障分析法

利用单端数据的故障分析法包括阻抗法、电压法和解方程法。阻抗法^[2]是利用故障时在线路一端测到的电压、电流计算出故障回路的阻抗, 其与测量点到故障点的距离成正比从而求出故障距离。电压法^[2]根据输电线路发生故障时, 故障点处的电压有最小值, 通过计算各故障相电压的沿线分布, 找出故障相电压的最低点实现故障测距。据此又提出计算正序故障分量、负序和零序分量的电压沿故障线分布, 找出电压的最高点实现故障测距。对比两种方法后者更为简单。解方程法是根据输电线路参数和系统模型, 利用测距点的电压、电流, 用解方程的方法直接求出故障点的距离。解方程法包括解复数方程和解微分方程, 前者在频域内求解后者在时域内求解。文献[3]具体论述了在不同参考模型下解方程法的具体算法。

1.2 利用双端数据的故障分析法

利用双端数据的故障分析法可分为利用两端电流或两端电压、一端电压的方法^[4]；利用两端电压和电流的方法^[1, 5]；解微分方程的方法^[6]。以上方法可分别建立在三种输电线路模型上，且又可分为需要两端数据同步或不同步两种。

1.3 影响故障分析法测距精度的因素

1) 线路参数的测量问题。故障分析法中输电线路参数计算方法都是在多种假设条件下进行的，很难保证与现场实际情况一致。高压输电线路的参数还受沿线地质、气候、大地电阻率分布不均等因素的影响，甚至线路长度也是随季节变化的，这是造成测距误差的一个重要原因。

2) 工频电气量的采集问题。由于算法中电流、电压采用工频电气量，而在故障暂态过程电流、电压包含非周期分量、工频量和各次谐波分量，因此在故障测距前必须对所采集的数据进行数字滤波。

3) 采样数据的同步性问题。两端同步的双端法为采用简单精确的同步算法，首先必需解决线路两端的同步采样问题。传统的时钟同步方法难以满足要求。利用GPS传递的精确时间信号为实现双端量高精度故障测距奠定了坚实基础。但需要增加GPS接收装置等硬件设备，造价高昂，同时实际测距还有赖于GPS的可靠运行。另外，现场中的硬件对采集的信息仍具有一定的时延，因此两端很难做到真正意义上的数据同步，故在应用上有一定的局限性。

单端法硬件要求简单，具有投资少，实现容易等优点。但是这种方法除单端供电线路外，仅使用本侧信息不能消除对侧系统阻抗变化和故障点过渡电阻的影响，会给测距结果带来较大的误差，甚至失效。双端法由于使用了双端信息，因此不必引入对端系统参数，在原理上完全不受故障过渡电阻大小、性质和双端系统阻抗的影响，从原理上保证了测距的精度。但其在数据同步和伪根判别等方面尚有进一步改进之处。

2 行波法

行波法是根据行波传输理论实现的测距方法。如图 1，当输电线路发生故障时，会产生沿线传输的故障行波，在故障点和其它阻抗不连续点发生折、反射，利用故障行波的传输时间计算故障距离。

2.1 行波法的分类

根据检测行波的方式，各种行波定位方法主要分为A、B、C、D四种类型^[7]：A型是根据故障点产生的行波传到母线和从母线反射到故障点，再由故障点反射后到达母线的时差来定位；B、C型包括脉冲或信号发生器，故障后施加高频或直流信号，

根据雷达原理制成，其中B型是双端法，C型是单端法；D型根据故障点产生的向两侧母线运动的行波到达两侧母线的时差来判断故障位置。B型和C型已得到实际应用。近年来主要是针对A型和D型进行研究，由于仅利用故障产生的行波来定位，不用附加其它设备，A型和D型定位显示出一定的优越性。文献[8]根据故障线路分合闸产生的暂态行波提出了E、F型故障测距方法，但易受保护动作的影响，此外对于瞬时性故障，可能线路分合闸时故障已经消除，无法找出线路故障点，不利于查找和分析线路可能存在的隐患。

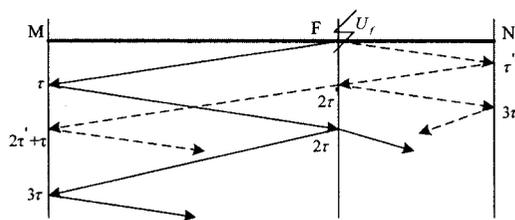


图 1 行波网格图

Fig.1 Traveling wave grid map

另外根据故障行波的物理性质，有电压行波法和电流行波法。根据获取故障行波的来源又可分为单端法和双端法。

2.2 行波法的研究现状及技术问题

行波法主要解决好行波的获取、波头的识别、行波到达时刻的标定、波速的确定等问题。

2.2.1 行波的获取

暂态行波所覆盖的频带很宽，从几千赫兹到几百千赫兹。为了能够在二次侧观察到线路上的暂态行波，要求电压、电流信号变换回路有足够快的响应速度。例如，假定行波传输速度等于光速，为了将测距分辨率控制在 500 m 以内，电压和电流暂态信号变换回路输出信号的上升时间必须在 3.3 μs 以内，相应变换回路的截止频率不能低于 25 kHz^[2]。

因此受超高压线路上广泛采用的电容式电压互感器 (CVT) 行波传变特性不佳的影响，电压行波法的应用受到了较大的限制。文献[9]通过将电感线圈串入 CVT 接地导线中抽取暂态电压行波。文献[10]采用专用行波传感器来耦合 CVT 接地线的电流间接提取故障电压行波。常规的电流互感器 (CT) 可以传变 100 kHz 以上的暂态电流信号，因而完全能够满足行波测距的要求。基于电流行波的故障测距装置^[8]已经逐步实用化。文献[11]研究了行波测距的失效点问题，当在电压过零点附近故障或两相电压相等处发生两相短路故障时，故障产生的行波将很微弱，并且叠加在很大的工频量信号上，再加上各种干扰，可能难以检测的到，此时行波测距算法失

效。其利用输电线路发生故障跳闸后自动重合闸脉冲及重合时差,提出了两种在行波测距失效点处的故障定位方法。

2.2.2 行波波头的识别

行波波头的识别有基于硬件和软件两类方法。传统检测波头的方法有导数法、相关法、匹配滤波器法。这些算法使用时都受到一定条件限制,特别是对于单端行波法故障点反射波不易检测和识别,严重影响了故障测距精度。文献[9]论述了加拿大采用电压行波利用硬件波形辨识电路辨识行波波头。文献[12]利用小波变换模极大值与信号奇异点对应检测波头。文献[13]提出采用Hilbert-Huang变换(HHT)对故障行波信号进行检测。两种变换的比较如表1。可见HHT可克服小波变换存在的问题值得进一步去研究。由于采集到的行波信号往往含有大量噪声信号,这给行波波头的准确捕捉带来了困难。文献[14]提出了在非线性阈值法去噪的基础上利用模极大值线的方法来检测含噪声行波信号的奇异点,并通过实例证明了这种方法比传统的单尺度寻找奇异点方法要合理和准确。但是不同的短路时刻和不同的短路类型的经验系数可能随选用不同的小波而不同,在实际选取中还有待于进一步研究。

表1小波变换和HHT的比较

Tab.1 Comparison of wavelet transform and HHT

变换方法	分解类型	自适应性	基函数	成熟度
小波变换	时间-频率	受小波基函数和分解尺度限制,不具有。	需选择合适基函数的基函数	成熟
HHT	时间-瞬时频率	EMD分解从信号本身特征出发,具有。	无	较成熟需提高

2.2.3 行波的传播及波速的确定

在实际输电线路中,行波的传播受到多种因素的影响。行波在三相输电线路上的传播可分为线模分量和零模分量。文献[10]对大地电阻率、分段地线、分裂导线、过渡电阻和换位点对地模和线模行波传播的影响进行了研究,并得出由于影响行波地模的因素太多,而线模受到的影响较小,因而把线模作为故障定位用行波比较合适。文献[11]在其测距算法中采用线模分量进行计算。文献[15]指出实际中从故障点来的零模行波能否到达检测点,需要做进一步的探讨。零模行波的衰减规律也尚需做进一步的研究。

文献[10]研究了行波传输的色散特性,得出行波色散主要由地模所引起。行波传播过程中,由于高

频分量衰减快,故行波中的有效频率分量范围反比于故障距离而且和故障类型有关。波速的计算取决于架空线的配置和大地电阻率的分布。文献[16]分析了几种行波波速的确定方法:利用线路参数计算波速,实测线路的行波波速,使用已有文献的实测波速,并在分析以上测速方法的基础上提出了利用外部故障在线调整波速的思想,在一定程度上提高了测速的精度。文献[17]利用线路的实测参数计算波速,并用人工施加的信号实测出线路的实际长度,避免了由于线路架设的挠度而引起误差,进一步提高了测距精度。

2.2.4 单端行波法

单端行波测距利用在线路一端测量到的数据计算故障距离,如图2所示,M为测量端,l是线路长度。文献[15]介绍了单端测距的两种算法。

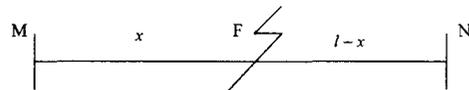


图2 单、双端测距示意图

Fig.2 Sketch map for single terminal fault location and two terminal fault location

$$x = v_1 \Delta t / 2 \quad (1)$$

$$x = v_1 v_0 (t_{M2} - t_{M1}) / (v_1 - v_0) \quad (2)$$

其中: v_1 、 v_0 是行波线模、零模波速; Δt 是初始行波与故障点反射波到达M端的时间差; t_{M1} 、 t_{M2} 是线模、零模行波到达M端的时刻。在许多场合,同一母线上接有多条出线。背侧相邻线路对端的反射波与故障点的反射波极为相似,当背侧相邻线路的长度小于检测点到故障点的距离时,将使故障点反射波的检测受到影响。文献[18]以同母线上任一“有限长”非故障线路作为参考线路,通过比较由故障线路暂态电流行波与该参考线路暂态电流行波形成的反向行波浪涌与其对应的正向行波浪涌的极性,识别来自故障方向的行波浪涌,消除了来自参考线路远端母线及各种扰动的影响,而且对参考线路的选取没有任何限制。文献[19]利用小波变换模极大值原理识别故障点反射行波。以故障线路模量电流行波作为基本行波,以相邻最长非故障线路模量电流行波作为比较行波,观察基本行波和比较行波波形以及小波变换下的模极大值分布,从而识别出哪些是故障点反射波,哪些是相邻线路远端母线反射波。

2.2.5 双端及多端行波法

文献[15]介绍了两种双端测距算法。

$$x = \frac{v_1}{2}(t_{M1} - t_{N1}) + \frac{l}{2} \quad (3)$$

$$x = lC / (A - B + 2C) \quad (4)$$

其中: $A = t_{M1} - t_{N1}$ 、 $B = t_{M2} - t_{N2}$ 、 $C = t_{M2} - t_{M1}$; 变量含义同上。虽然算法2取消了波速的影响但仿真分析指出算法一的测距误差更小。双端行波法的关键是准确记录下电流或电压行波到达线路两端的相对时间, 需要专用的同步时钟单元。随着GPS的广泛应用, 利用接收GPS的卫星信号可以获取精度在 $0.2 \mu s$ 以内的时间脉冲, 因此GPS可作为双端法的同步时间单元。文献[17]根据双端行波定位算法设计了故障测距装置, 给线路两端提供统一的GPS 同步时钟和线路间高速信道。虽然GPS是一种较好的时间同步单元, 但是GPS授时的连续性、可靠性和抗干扰性对于电力系统稳定控制而言仍显得比较薄弱, 此外更重要的问题是GPS是由美国军方掌控的系统, 其可靠性和授时精度受制于美国的GPS政策。文献[20]提出基于我国研制的北斗卫星定位系统开发精确的时间同步装置, 以保证我国电网的安全运行。

指出其与利用GPS同步时钟的测距误差可以控制在 $100 m$ 以内。虽然相对而言双端法的成本较高, 但由于母线两端都只检测第一个到达的行波, 线路的过渡电阻的电弧特性、系统运行方式的变化、线路的分布电容以及负荷电流等因素对测距复杂性不会造成大的影响, 因此双端行波法比单端行波法测距结果更准确和可靠。

针对双端行波测距法中行波波速难以准确获得, 文献[21]提出了一种不受波速影响的三端法。如图3所示, 测量端2为本端。该方法取消了波速的影响; 由于只测量故障行波第1次到达测量端的绝对时刻 t_1 、 t_2 和 t_3 , 行波波头突变明显, 可达到较高的测量精度; 其故障距离计算式在塔杆挡距和弧垂相近情况下可以近似消除线路弧垂的影响。仿真结果表明利用该方法可使测距误差控制在 $150 m$ 以内, 与双端法相比, 克服了因波速数值选取的主观性造成的近、远端故障误差偏大的问题, 并且误差数值整体上比双端法偏小。该方法的难点是检测相邻线路对端母线测量点处波头的到达时刻。

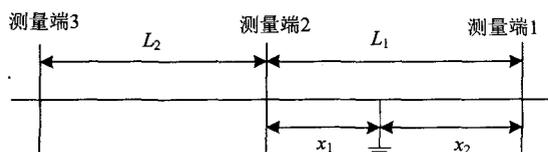


图3 三端测距示意图

Fig.3 Sketch map for ternary terminal fault location

随着光电电压、电流互感器的逐步实用化, 数字化变电站已不再遥远, 故障行波定位将走向网络化和智能化的道路。文献[22]提出了基于电压行波的整个输电网的综合故障定位思想, 采用专门设计的行波传感器捕捉母线电压行波, 每个变电站只需要装设一套电压行波定位系统, 便可以形成故障行波记录网络。基于整个输电网的故障行波定位系统具有 $N-1$ 容错能力, 可以采用包含故障线路的任意两个变电站进行故障测距, 增强了测距可靠性和适应能力。国内产品普遍采用电流行波, 并可以检测多达 8-9 回出线, 理论上也可以实现全网综合故障定位, 但无疑会增加数据分析的难度和计算量。

3 总结

目前电力系统各厂站都装有微机保护或微机故障记录装置, 故障分析法所需要的分析数据可通过系统现有的设备得到, 费用低, 易于实现。但无论哪种常规测距算法都是建立在一种或几种假设的基础上, 这些假设都会与系统的实际情况有所差别, 自然会带来一些误差。通过误差补偿或者采用多端线路数据, 可以在一定程度上提高算法的精度, 但对高阻接地、多电源线路、断线故障、分支线路等许多情况测距效果较差, 即使在常规测距算法可以使用的场合, 它的测量精度也无法保证在 $1 km$ 以内。

行波法原理简单, 理论上不易受系统运行方式、过渡电阻、T形接线、线路分布电容的影响, 测距精度高。但在实际中则受到许多工程因素的制约。母线接线方式的不确定性, 相邻并列线路的互感耦合及线路两端的非线性元件等, 使波过程的分析相当复杂, 直接影响反射波的识别; 输电线路存在着大量的干扰, 其性质与故障点行波极为相似, 并与故障点的反射波交织在一起, 更增加了识别的难度。在实际输电线路中, 由于导线不均匀、不完全换位、输电线沿线大地电阻率变化、线路参数随频率而变化及行波色散等问题, 使得行波分析和研究比较困难, 故障产生行波的特点不能被充分利用。尽管存在以上问题, 但行波法依然是故障测距未来研究的主要方向。

采用工频量与利用行波的测距方法相比较, 在资金投入方面, 前者可以利用现有设备, 硬件投资小, 容易实现; 后者则需要专用设备, 硬件投资大, 技术较复杂。但在实现测距所需要的信息处理时间方面, 行波法明显优于工频量法。从原理上看, 与工频量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, 精度优于工频量法; 但行

波法存在反射波的识别,行波识别的失效点等问题,因此需要将故障分析法和行波法结合起来以满足精确测距的要求。

参考文献

- [1] 岑建明.输电线路故障测距的研究[D].杭州:浙江大学, 2007.
CEN Jian-ming. Study on the Fault Location of Transmission Line [D]. Hanzhou: Zhejiang University, 2007.
- [2] 葛耀中.新型继电保护与故障测距的原理与技术(第二版)[M].西安:西安交通大学出版社, 2007.
GE Yao-zhong. A New Type of Relay Protection and Fault Location Principle and Technology (Second Edition)[in]. Xi'an: Xi'an JiaoTong University Press, 2007.
- [3] 全玉生,杨敏中,王晓蓉,等.高压架空输电线路的故障测距方法[J].电网技术,2000,24(4): 27-33.
QUAN Yu-sheng, YANG Min-zhong, WANG xiao-rong, et al. A Fault Location Method for Overhead High Voltage Power Transmission Lines [J]. Power System Technology, 2000, 24(4):27-33.
- [4] 董新洲,葛耀中.一种使用两端电气量的高压输电线路故障测距算法[J].电力系统自动化,1995,19(8): 47-53.
DONG Xin-zhou, GE Yao-zhong. Algorithm for High Voltage Transmission Line Fault Location Using One Terminal Voltage and Two Terminal Current [J]. Automation of Electric Power Systems, 1995, 19(8): 47-53.
- [5] 施世鸿,何奔腾.基于分布参数模型的双端非同步故障测距算法[J].电网技术,2008,32(9): 84-88.
SHI Shi-hong, HE Ben-teng. A Two-Terminal Fault Location Algorithm Using Asynchronous Phasors Based on Distributed Parameter Model [J]. Power System Technology, 2008, 32(9): 84-88.
- [6] Kezunovic M, Mrkic J. An Accurate Fault Location Algorithm using Synchronized Sampling [J]. Electric Power Systems Research, 1994, 29: 161-169.
- [7] 曾祥君.电力线路故障检测与测距新原理及其信息融合实现研究[D].武汉:华中科技大学,2000.
ZENG Xiang-jun. A Study of the New Principles of Power Line Fault Detection and Location and Integration of Information [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2000.
- [8] 陈平.输电线路现代行波故障测距及其应用研究[D].西安:西安交通大学,2003.
CHEN Ping. Modern Traveling Wave Based Fault Location of Transmission Lines and Its Applications [D]. Xi'an: Xi'an JiaoTong University, 2003.
- [9] Lee H, Mousa A M. GPS Traveling Wave Fault Locator Systems: Investigation into the Anomalous Measurement Related to Lightning Strikes[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1996, 11(3): 1214-1223.
- [10] 覃剑,陈祥训,郑健超.行波在输电线上传播的色散研究[J].中国电机工程学报,1999,19(9).
TAN Jian, CHEN Xiang-xun, ZHENG Jian-chao. Study on Dispersion of Traveling Wave in Transmission Line[J]. Proceedings of the CSEE, 1999, 19(9).
- [11] 刘振松.行波测距失效点处的故障测距研究[J].云南水力发电,2008,24(3):89-94.
LIU Zhen-song. The Study on Faults Location on Failed Point of Traveling Wave's Method [J]. Yunnan Water Power, 2008, 24(3):89-94.
- [12] 郭培青,颜平丽.超高压输电线路故障暂态行波的奇异性仿真分析研究[J].电气开关,2008(5): 44-47.
GUO Pei-qing, YAN Ping-li. Singularity Detection of Transient Traveling Wave and Its Analysis with Wavelet Transform[J]. Electric Switch, 2008(5):44-47.
- [13] 张小丽,曾祥君,等.基于 Hilbert-Huang 变换的电网故障行波定位方法[J].电力系统自动化,2008,32(8): 64-68.
ZHANG Xiao-li, ZENG Xiang-jun, et al. Power Grid Faults Location with Traveling Wave Based on Hilbert-Huang Transform[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(8): 64-68.
- [14] 姜晨,舒乃秋,等.基于小波变换的含噪声行波信号奇异点检测[J].电网技术,2008,28(10): 59-62.
JIANG Chen, SHU Nai-qiu, et al. A Wavelet Transform Based Singularity Detection of Traveling Wave Signal Containing Noise [J]. Power System Technology, 2008, 28(10): 59-62.
- [15] 李友军,王俊生,等.几种行波测距算法的比较[J].电力系统自动化,2001,27(7): 36-39.
LI You-jun, WANG Jun-sheng, et al. Comparison of Several Algorithms of Traveling Wave Based Fault Location [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 27(7): 36-39.
- [16] 黄雄,王志华,等.高压输电线路行波测距的行波波速确定方法[J].电网技术,2004,28(19): 34-37.
HUANG Xiong, WANG Zhi-hua, et al. Traveling Wave Velocity Measurement in Fault Location Based on Traveling Wave for High Voltage Transmission Line[J]. Power System Technology, 2004, 28(19): 34-37.
- [17] 李廷伟,姬广展.一种改进的输电线路双端行波故障测距系统[J].电网技术,2008,32(增刊1).
LI Ting-wei, JI Guang-zhan. An Improved Double Terminal Traveling Wave Fault Locating System for Transmission Line [J]. Power System Technology, 2008, 32(S1).
- [18] 李一峰,陈平.一种输电线路故障测距新方法[J].电

- 力系统及其自动化学报, 2008, 20(4): 125-128.
- LI Yi-feng, CHEN Ping. New Method of Fault Location for Transmission Lines [J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2008, 20(4): 125-128.
- [19] 陈武营. 基于小波变换的反向行波识别方法研究[J]. 煤矿机械, 2008, 29(8): 198-200.
- CHEN Wu-ying. Study on Recognize Methods of Reflected Wave Based on Wavelet [J]. Coal Mine Machinery, 2008, 29(8): 198-200.
- [20] 谭文展, 关均康. 基于北斗卫星定位系统的高压输电线路双端故障定位研究[J]. 电工技术, 2008, 5, 27-29.
- TAN Wen-zhan, GUAN Jun-kang. Study on Double Terminal Fault Location for Transmission Line Based on Beidou Satellite Positioning System [J]. Electrotechnics Technology, 2008, 5, 27-29.
- [21] 张峰, 梁军, 等. 基于三端行波测量数据的输电线路故障测距新方法[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(8): 69-72.
- ZHANG Feng, LIANG Jun, et al. Novel Method About Traveling Wave Fault Location Based on Treble Terminal Measurement Data for Transmission Lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(8): 69-72.
- [22] 曾祥君, 尹项根, 陈德树, 等. 基于整个输电网 GPS 行波故障定位系统的研究[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(10): 8-10.
- ZENG Xiang-jun, YIN Xiang-gen, CHEN De-shu, et al. GPS Traveling Wave Fault Location Systems for Transmission Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(10): 8-10.

收稿日期: 2008-12-11; 修回日期: 2008-12-23

作者简介:

李强(1983-), 男, 硕士研究生, 从事继电保护研究; E-mail: mzgysy@yahoo.cn

王银乐(1959-), 男, 副教授, 长期从事电力系统自动化研究。

(上接第 186 页 continued from page 186)

(2) 保证合闸指令保持的过程中, KL3 触点 33、34 保持闭合, KF 自保持, 只有 KL3 触点 33、34 断开后, KF 才能可靠返回。(3) 回路修改后, 我们经调试发现: 断路器合闸后, KF 不能返回, TWJB 动作, 经分析原因为, 断路器合闸后 Q2 触点 30、32 动作, KF 动作, 当合闸令消失后, KL3 触点 33、34 返回, 但由于 TWJB 和 KF 的线圈阻抗相近, 端子 20 处还保持有 50 V 左右的正电压, 即 KF 和 TWJB 均分有 50 V 左右的电压, 超过其返回电压, 所以 KF 和 TWJB 均不能返回, 为解决上述问题, 在跳位监视继电器回路中接入辅助开关 Q3 触点 29、31, 接入防跳跃继电器的常闭结点 31、32, 当断路器合闸后, Q3 触点 29、31 打开, KF 触点 31、32 打开, 切断 KF 和 TWJB 分压的回路, 使 TWJB 返回, 合闸令消失后, KF 也能保证返回。

4 合闸回路和防跳跃回路改造后的效果

断路器合闸回路和防跳跃回路经过技术改造后, 通过试验检验防跳跃回路, 完全符合运行要求, 该升压站投产几个月以来运行正常, 实践证明解决了防跳跃回路存在的技术缺陷问题, 确保了该升压站长期可靠地安全运行。

5 结束语

断路器的防跳跃回路是操作回路的重要环节, 在设备投产前的调试或大、小修过程中, 除了要做到审图严格, 实际操作检验保护装置的防跳回路和

断路器机构箱的防跳回路都应该重视, 保证各元件都能正确动作, 防止任何原因造成的断路器“跳跃”现象。

参考文献

- [1] 高立克. 200kV 断路器防跳回路中出现的問題及处理[J]. 广西电力, 2006, (5): 37-38.
- GAO Li-ke. Solution for Problems of Antibouncing Circuiton 220kV Circuit Breakers[J]. Guangxi Electric Power, 2006, (5): 37-38.
- [2] 徐国政. 高压断路器原理及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [3] 熊信银, 朱永利. 发电厂电气部分(第三版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [4] 赵毅, 李傲. 高压断路器防跳回路的应用[J]. 高电压技术, 2006, 32(2): 120-121.
- ZHAO Yi, LI Ao. Application of the Antibouncer Loop of High-voltage Breaker[J]. High Voltage Engineering, 2006, 32(2): 120-121.
- [5] 李志平. 断路器操作控制设计相关问题分析[J]. 继电器, 2004, 32(4): 64-65.
- LI Zhi-ping. Analysis on the Operation and Control Design of Circuit Breaker[J]. Relay, 2004, 32(4): 64-65.

收稿日期: 2008-12-01

作者简介:

陈刚(1980-), 男, 助理工程师, 大学本科, 从事电力系统继电保护工作; E-mail: chen17591@126.com

卢松城(1981-), 男, 助理工程师, 从事电厂热控调工作;

纪青春(1973-), 男, 工程师, 本科, 研究方向为电力系统及其自动化。