

基于可信度加权的线路故障测距方法

赵青春, 徐晓春, 陆金凤, 陈玉林, 朱晓彤

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 210002)

摘要:提出了一种基于可信度加权的线路故障测距方法。首先利用电抗分量进行单端阻抗测距以减小过渡电阻对测距精度的影响,通过单端阻抗测距结果确定单端行波测距中故障点反射行波到达时刻的大致范围,解决线路后半段故障时单端行波测距无法准确测距的缺陷;再对单端阻抗测距、双端阻抗测距、单端行波测距、双端行波测距进行可信度评估,并加权计算得出综合的测距结果,提高测距精度。可信度评估依据包括线路通道状态、过渡电阻大小、故障位置等。仿真计算表明,文中提出的基于可信度加权的线路故障测距方法鲁棒性强、测距精度高,不受故障类型、线路通道状态等因素影响。

关键词:行波测距;阻抗测距;可信度;加权

中图分类号:TM734

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2019)02-0163-06

0 引言

故障测距^[1-4]技术的研究始于上世纪80年代,高压输电线路故障测距方法主要有两类,阻抗法和行波法。阻抗测距^[5-6]已被广泛应用在各类微机保护装置和故障录波测距装置中。阻抗测距易受多种因素的影响,如故障点电阻、电压电流互感器的误差、分布电容、线路结构、衰减直流分量等,准确度不高。但运行经验证明,阻抗测距有很强鲁棒性。

行波测距^[7-13]通过检测故障瞬时行波到达母线的时刻进行测距定位,速度快、准确度高且不易受线路参数、系统运行方式、故障类型和故障阻抗等因素的影响。但是行波测距也有其制约因素,单端行波测距由于原理上的缺陷,不能正确识别反射波时,测距精度无法保证;双端行波测距受线路长度误差及线路两端设备和相关硬件时间差的影响,在多回线路的结构原理上存在不足。

阻抗测距与行波测距各有优缺点,相互间有互补关系^[14-20]。文中提出一种基于可信度加权的线路故障测距方法,可以集成于目前的线路保护装置中。依据线路通道状态、过渡电阻大小、故障位置等对单端阻抗测距、双端阻抗测距、单端行波测距、双端行波测距进行可信度评估,并加权计算得出综合的测距结果,提高测距精度。同时文中对单端阻抗测距和单端行波测距均进行了改进。

1 测距算法

1.1 利用电抗分量的单端阻抗测距

单端阻抗测距的原理为计算线路故障时测量

阻抗与线路单位长度阻抗的比值。单端阻抗测距精度易受过渡电阻的影响,线路接地故障时过渡电阻大多表现为电阻性质,因此利用电抗分量的单端阻抗测距可很大程度消除过渡电阻对单端阻抗测距精度的影响。

图1为线路内部故障示意图,以m端作为分析对象,则m端利用电抗分量的单端阻抗测距结果可表示为:

$$D_{mF} = \text{Im} \left(\frac{\dot{U}_m}{\dot{I}_m} \right) / X \quad (1)$$

式中: X 为线路单位长度电抗; D_{mF} 为 m 端到故障点 F 的距离; \dot{U}_m , \dot{I}_m 分别为 m 端测量到的电压、电流; $\text{Im}()$ 为取虚部运算。

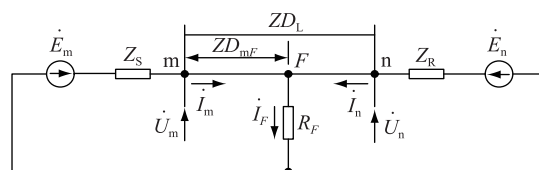


图1 线路内部故障

Fig.1 Schematic diagram of line's internal fault

1.2 双端阻抗测距

根据图1列出线路两端电压方程:

$$\dot{U}_m = \dot{I}_m Z D_{mF} + (\dot{I}_m + \dot{I}_n) R_F \quad (2)$$

$$\dot{U}_n = \dot{I}_n Z (D_L - D_{mF}) + (\dot{I}_m + \dot{I}_n) R_F \quad (3)$$

式中: Z 为线路单位长度的阻抗; \dot{U}_n , \dot{I}_n 分别为 n 端测量到的电压、电流; D_L 为线路全长; R_F 为故障点的过渡电阻。

联立式(2)和式(3),可以计算出 m 端到故障点的距离和过渡电阻 R_F :

$$D_{mF} = \frac{\dot{U}_m - \dot{U}_n + \dot{I}_n Z D_L}{(\dot{I}_m + \dot{I}_n) Z} \quad (4)$$

$$R_F = \frac{\dot{U}_m \dot{I}_n + \dot{U}_n \dot{I}_m - \dot{I}_m \dot{I}_n Z D_L}{(\dot{I}_m + \dot{I}_n)^2} \quad (5)$$

1.3 单端行波测距及其改进

单端行波测距利用测距点收到的第一个行波波头与第一个故障点的反射波波头之间的时间差进行测距。如图 2 所示, m 端测出的距离为:

$$D_{mF} = \nu(3\tau - \tau')/2 \quad (6)$$

式中: ν 为行波波速; τ 为 m 端收到的第一个行波波头时刻。

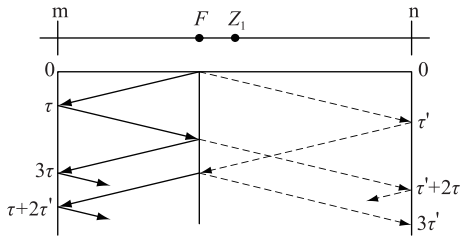


图 2 线路行波示意

Fig.2 Schematic diagram of line's traveling Wave

当故障点位于线路中点 Z_1 以外时(例如 n 端),到达 n 端的第二个行波波头是对侧母线的反射波通过故障点后的折射波,而不是故障点的反射波。但是 n 端行波测距无法区分折射波和反射波,导致行波测距不正确。

文中利用单端阻抗测距修正单端行波测距,解决线路后半段故障时单端行波测距无法准确测距的缺陷。利用电抗分量的单端阻抗测距虽然仍存在误差,但可将故障定位在一定的区段内。单端行波测距记录第一个行波波头的到达时刻 τ_1 和第二个行波波头的到达时刻 τ_2 。

若单端阻抗测距将故障定位在测距点到线路中点之内的区间时,第二个行波波头为故障点的反射波,单端行波测距结果 D_F 为:

$$D_F = \nu(\tau_2 - \tau_1)/2 \quad (7)$$

若单端阻抗测距将故障定位在测距点到线路中点之外的区间时,第二个行波波头为对侧母线的折射波,两次行波波头之间的时间差对应的是故障点到对端母线的距离。用线路总长度 D_L 减去测得的距离才是真正的单端行波测距结果 D_F 。

$$D_F = D_L - \nu(\tau_2 - \tau_1)/2 \quad (8)$$

1.4 双端行波测距

双端行波测距利用两端测距点收到的第一个行波波头之间的时间差进行测距。例如 m 端测出的距离为:

$$D_{mF} = [D_L - \nu(\tau' - \tau)]/2 \quad (9)$$

式中: τ' 为 n 端收到的第一个行波波头时刻。

2 基于可信度加权的测距算法

2.1 可信度加权的测距结果

单端阻抗测距和单端行波测距都存在原理性问题。因此,当线路通道完好时,采用双端测距结果。但线路通道异常时,不得不采用单端测距结果。

文中提出基于可信度加权的线路故障测距方法,对各类测距方法按可信度进行加权平均,得出综合测距结果。设单端阻抗、双端阻抗、单端行波、双端行波的测距结果及可信度分别为 $[x_1, k_1]$, $[x_2, k_2]$, $[x_3, k_3]$, $[x_4, k_4]$, 则综合测距结果为:

$$x = \frac{x_1 k_1 + x_2 k_2 + x_3 k_3 + x_4 k_4}{k_1 + k_2 + k_3 + k_4} \quad (10)$$

各种测距方法可信度按如下原则确定:

(1) 线路通道完好时,采用双端测距结果,因此单端测距的可信度设为 0, 即 $k_1 = k_3 = 0$ 。

(2) 线路通道异常时,采用单端测距结果,因此双端测距的可信度设为 0, 即 $k_2 = k_4 = 0$ 。

(3) 当线路采用双端测距结果时,双端行波测距的可信度设为 1, 即 $k_4 = 1$ 。

双端阻抗测距精度理论上不受过渡电阻的影响,但实际现场运行经验表明,过渡电阻越大,双端阻抗测距误差也越大。双端阻抗测距可以估算过渡电阻的大小。当过渡电阻较小时,赋予双端阻抗测距较高的可信度;当过渡电阻较大时,赋予双端阻抗测距较低的可信度。

因此,设置双端阻抗测距的可信度与过渡电阻成斜率为负的线性关系,如图 3 所示。过渡电阻为 0 时,双端阻抗测距的可信度设为 1;过渡电阻超过继电保护考虑的各电压等级的最大过渡电阻时,双端阻抗测距的可信度设为 0, 即:

$$k_2 = \begin{cases} -\frac{R_F}{R_{F_{\max}}} + 1 & (R_F \leq R_{F_{\max}}) \\ 0 & (R_F > R_{F_{\max}}) \end{cases} \quad (11)$$

式中: $R_{F_{\max}}$ 为继电保护考虑的各电压等级的最大过渡电阻。

(4) 当线路采用单端测距结果时,单端阻抗测距精度受过渡电阻影响,可信度如图 4 所示。单端行波测距存在鲁棒性问题,线路近端发生故障时,故障初始行波和故障点反射波易混淆,形成近端故障行波测距死区^[18]。当单端行波测距硬件采样频率为 f_{wave} , 行波传播速度取为光速 ν_{wave} , 则单端行波测距的死区 $D_{\text{dead}} = \nu_{\text{wave}}/f_{\text{wave}}$ 。

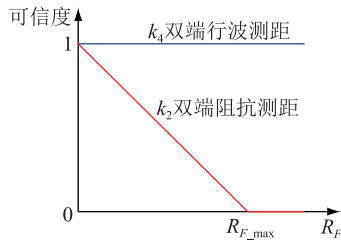


图3 线路双端测距可信度

Fig.3 Credibility of double-ended fault location algorithm

因此,当故障发生在线路近端时,采用单端阻抗测距结果;当故障发生在线路其他位置时,采用单端行波测距结果。即:

$$\begin{cases} k_1 = 1, k_3 = 0 & D_{F-k_1} \leq \max[0.1D_L, D_{dead}] \\ k_1 = 0, k_3 = 1 & D_{F-k_1} > \max[0.1D_L, D_{dead}] \end{cases} \quad (12)$$

式中: D_{F-k_1} 为单端阻抗测距结果。

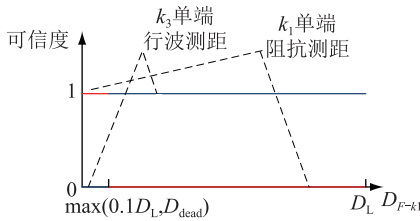


图4 线路单端测距可信度

Fig.4 Credibility of single-end fault location algorithm

2.2 软件整体结构

综上所述,基于可信度加权的线路保护行波测距一体化技术软件的整体结构如图5所示。

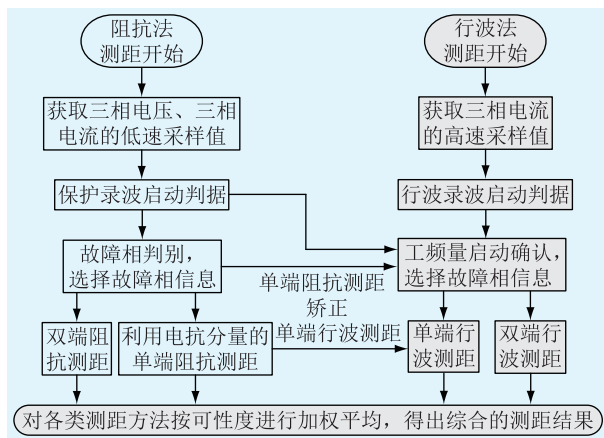


图5 软件整体结构

Fig.5 Overall structure of software

3 仿真实验

文中在 PSCAD 中搭建了 220 kV 双回线路模型。仿真波形经带有回放功能的测试仪接入基于可信度加权的线路保护行波测距一体化装置,形成闭环系统,如图6所示。

线路总长度为 20 km,采用物理杆塔模型。仿

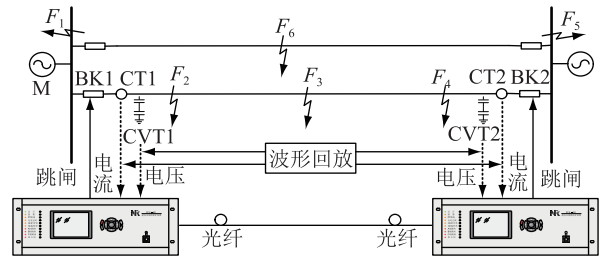


图6 系统仿真结构

Fig.6 Simulation structure

真系统电压互感器变比为 220 kV/100 V,电流互感器变比为 2 400 A/1 A。行波测距硬件采样频率为 1 MHz,单端行波测距死区约为 300 m。

仿真测试项目主要参考了 GB/T 26864—2011 电力系统继电保护产品动模试验^[21],模拟了金属性故障、带过渡电阻故障、转换性故障、发展性故障、断线后故障和手合带故障线路。部分波形及故障测距结果如下所示。

区内 F_3 点 C 相接地 (CG) 故障, F_3 点距 M 侧 8% 线路全长 (1.6 km),过渡电阻为 100 Ω 。线路两侧电压电流信息如图7所示。

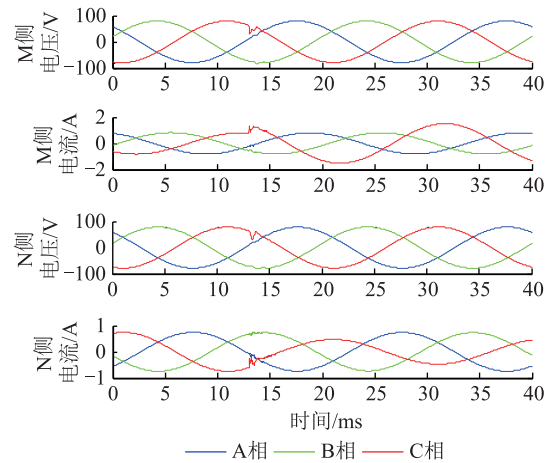


图7 8%处 CG 故障录波

Fig.7 Recording for CG fault at 8% point

若线路通道完好,采用双端测距结果时,双端阻抗测距估算过渡电阻为 95.2 Ω ,继电保护考虑 220 kV 等级的最大过渡电阻为 100 Ω 。单端阻抗、双端阻抗、单端行波、双端行波的测距结果及可信度分别为 [1.74 km, 0], [1.68 km, 0.048], [1.37 km, 0], [1.65 km, 1], 根据公式 (10) 计算得综合测距结果为 1.65 km,测距误差 0.05 km。

若线路通道异常,采用单端测距结果时,单端阻抗测距结果小于 10% 线路全长。单端阻抗、双端阻抗、单端行波、双端行波的测距结果及可信度分别为 [1.74 km, 1], [无结果, 0], [1.37 km, 0], [无结果, 0], 即综合测距结果为 1.74 km,测距误差为

0.14 km。

区内 F_3 点 B 相接地 (BG) 故障, F_3 点距 M 侧 55% 线路全长 (11 km), 过渡电阻为 100Ω 。线路两侧电压电流信息如图 8 所示。

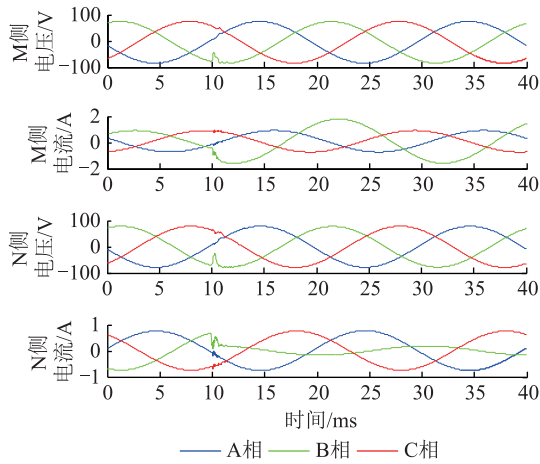


图 8 55%处 BG 故障录波

Fig.8 Recording for BG fault at 55% point

若线路通道完好, 采用双端测距结果时, 双端阻抗测距估算过渡电阻为 93.8Ω 。单端阻抗、双端阻抗、单端行波、双端行波的测距结果及可信度分别为 $[12.95 \text{ km}, 0]$, $[10.56 \text{ km}, 0.062]$, $[11.13 \text{ km}, 0]$, $[10.94 \text{ km}, 1]$, 根据公式 (10) 计算得综合测距结果为 10.92 km , 测距误差 0.08 km 。

若线路通道异常, 采用单端测距结果时, 单端阻抗测距结果大于 10% 线路全长。单端阻抗、双端阻抗、单端行波、双端行波的测距结果及可信度分别为 $[12.95 \text{ km}, 0]$, $[无结果, 0]$, $[11.13 \text{ km}, 1]$, $[无结果, 0]$, 综合测距结果为 11.13 km , 测距误差 0.13 km 。

合闸于区内 F_3 点 A、C 相接地 (ACG) 故障, F_3 点距 M 侧 85% 线路全长 (17 km), 过渡电阻为 0Ω 。线路两侧电压电流信息如图 9 所示。

若线路通道完好, 采用双端测距结果时, 双端阻抗测距估算过渡电阻为 0.28Ω 。单端阻抗、双端阻抗、单端行波、双端行波的测距结果及可信度分别为 $[16.82 \text{ km}, 0]$, $[16.94 \text{ km}, 0.9972]$, $[17.05 \text{ km}, 0]$, $[17.02 \text{ km}, 1]$, 根据公式 (10) 计算得综合测距结果为 16.98 km , 测距误差 0.02 km 。

若线路通道异常, 采用单端测距结果时, 单端阻抗测距结果大于 10% 线路全长。单端阻抗、双端阻抗、单端行波、双端行波的测距结果及可信度分别为 $[16.82 \text{ km}, 0]$, $[无结果, 0]$, $[17.05 \text{ km}, 1]$, $[无结果, 0]$, 综合测距结果为 17.05 km , 测距误差 0.05 km 。

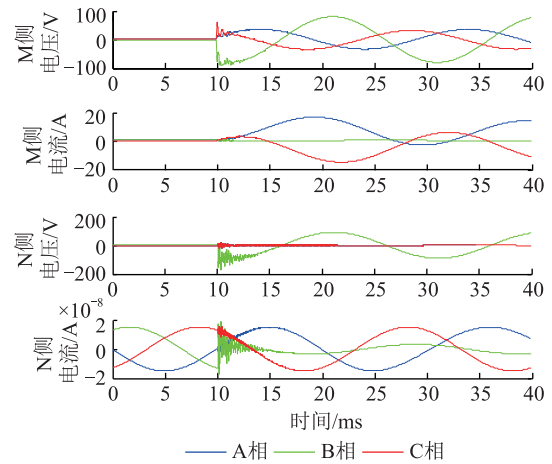


图 9 合闸于 85%处 ACG 故障录波

Fig.9 Recording for closed with ACG fault at 85% point

大量仿真测试结果表明, 基于可信度加权的线路故障测距方法测距精度高。当线路通道完好采用双端测距结果时, 测距误差在 100 m 之内; 当线路通道异常采用单端测距结果时, 测距误差也能控制在 160 m 之内。

4 结语

文中提出的基于可信度加权的线路故障测距方法。采用测量阻抗的电抗分量减小过渡电阻对单端阻抗测距精度的影响; 采用单端阻抗测距结果修正单端行波测距结果, 使得单端行波测距在线路后半段故障时仍具有较高可靠性; 可以提高线路通道完好时的测距精度, 同时保证线路通道异常时仍能准确测距; 在双端测距时, 根据过渡电阻大小调整双端测距的可信度, 在高阻接地时仍能准确测距; 在单端测距时, 根据故障位置调整单端测距的可信度, 在躲过单端行波测距死区的同时提高测距准确性。

参考文献:

- [1] 王忠, 刘奎, 陆金凤, 等. 一种自动识别伪根的双端故障测距快速精确算法[J]. 江苏电机工程, 2016, 35(6): 36-41.
WANG Zhong, LIU Kui, LU Jinfeng, et al. Fast and accuracy algorithm for dual-terminal fault location with automatic false root identification for HV transmission line [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2016, 35(6): 36-41.
- [2] 李澄, 鲍有理, 黄瑜, 等. 不受线路参数变化影响的故障测距原理研究[J]. 江苏电机工程, 2016, 35(5): 67-70.
LI Cheng, BAO Youli, HUANG Yu, et al. Research on fault location unaffected by parameters for transmission lines [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2016, 35(5): 67-70.
- [3] 葛耀中. 新型继电保护和故障测距的原理和技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2007: 380-413.
GE Yaozhong. New types of protective relaying and fault

- location-their theory and techniques[M]. Xi'an:Xi'an Jiaotong University Press,2007;380-413.
- [4] 王宾,倪江,王海港,等. 输电线路弧光高阻接地故障单端测距分析[J]. 中国电机工程学报,2017,37(5):1333-1340.
WANG Bin, NI Jiang, WANG Haigang, et al. Single-end fault location for high impedance arc grounding fault in transmission line[J]. Proceedings of the CSEE,2017,37(5):1333-1340.
- [5] 冯畅,李峰,宋爽,等. 特殊工况下基于三角形计算的高精度输电线路单端测距方法[J]. 电力工程技术,2017,36(2):19-24.
FENG Chang, LI Feng, SONG Shuang, et al. An one-end transmission line fault location method of high precision based on solving triangle under special working condition [J]. Electric Power Engineering Technology,2017,36(2):19-24.
- [6] 李月乔,王君. 不同电压等级四回线双端故障测距原理研究[J]. 电网技术,2012,36(6):77-83.
LI Yueqiao, WANG Jun. Two-terminal fault location for four-circuit transmission system composed of two double-circuit transmission lines on same towers respectively belonging to different voltage grades [J]. Power System Technology,2012,36(6):77-83.
- [7] 王博,谷昌瑞,吉晓筱,等. 基于多点故障行波检测的改进分布式故障测距方法研究[J]. 电力工程技术,2017,36(5):31-38.
WANG Bo, GU Changrui, JI Xiaoxiao, et al. Research on improved distributed fault location method based on multi-point fault's traveling wave detection [J]. Electric Power Engineering Technology,2017,36(5):31-38.
- [8] 陈旭,朱永利,赵雪松,等. 考虑线路长度变化的T型线路行波测距[J]. 电网技术,2015,39(5):1438-1443.
CHEN Xu, ZHU Yongli, ZHAO Xuesong. Traveling wave fault location for T-shaped transmission line considering change of line length [J]. Power System Technology,2015,39(5):1438-1443.
- [9] 高洪雨,陈青,徐丙垠,等. 输电线路单端行波故障测距新算法[J]. 电力系统自动化,2017,41(5):121-127.
GAO Hongyu, CHEN Qing, XU Bingyin, et al. Fault location algorithm of single-ended traveling wave for transmission lines [J]. Automation of Electric Power Systems,2017,41(5):121-127.
- [10] 张广斌,束洪春,于继来,等. 基于回路电流故障主导波头到达时差的输电线路故障测距[J]. 中国电机工程学报,2013,33(28):137-145.
ZHANG Guangbin, SHU Hongchun, YU Jilai, et al. Traveling wave fault location for transmission lines based on arrival time difference of dominant fault induced current waves in closed loop circuit [J]. Proceedings of the CSEE,2013,33(28):137-145.
- [11] 张峰,梁军,李建超,等. 基于初始反极性行波检测的单端故障测距算法[J]. 电力系统自动化,2013,37(4):108-113.
ZHANG Feng, LIANG Jun, LI Jianchao, et al. Single ended fault location algorithm based on detection of initial reverse polarity traveling wave [J]. Automation of Electric Power Systems,2013,37(4):108-113.
- [12] 何锐,韩涛,顾泽玉,等. 基于行波折反射特征的单相接地故障区段定位方法[J]. 智慧电力,2018,46(1):77-82.
HE Rui, HAN Tao, GU Zeyu, et al. Single-phase to ground fault section location based on characteristics of traveling wave refraction and reflection[J]. Smart Power,2018,46(1):77-82.
- [13] 李振兴,吴李群,田斌,等. 不同步双端数据修正波速的单端行波测距算法研究[J]. 电力系统保护与控制,2017,45(8):16-22.
LI Zhenxing, WU Liqun, TIAN Bin, et al. Single-terminal traveling wave location algorithm based on amending wave velocity [J]. Power System Protection and Control,2017,45(8):16-22.
- [14] 马欣,程伟. 基于阻抗法和行波法组合的复线牵引网故障测距研究[J]. 继电器,2006,34(20):47-52.
MA Xin, CHENG Wei. Combining the traveling wave method and the impedance method to study the fault location of the double-line traction network [J]. Relay,2006,34(20):47-52.
- [15] 卢继平,黎颖,李健,等. 行波法与阻抗法结合的综合单端故障测距新方法[J]. 电力系统自动化,2007,31(23):65-69.
LU Jiping, LI Ying, LI Jian, et al. Non-communication fault locating of transmission line based on traveling wave and impedance method [J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(23):65-69.
- [16] 彭浩,沈兴来,陈奎,等. 电缆单端故障测距的阻抗-行波组合法[J]. 电力系统保护与控制,2016,44(23):110-114.
PENG Hao, SHEN Xinglai, CHEN Kui, et al. Impedance-traveling wave assembled method of cable single-terminal fault location [J]. Power System Protection and Control,2016,44(23):110-114.
- [17] 许飞,董新洲,王宾,等. 新型输电线路单端电气量组合测距方法及其试验研究[J]. 电力自动化设备,2014,34(4):37-42.
XU Fei, DONG Xinzhou, WANG Bin, et al. Combined single-end fault location method of transmission line and its experiments [J]. Electric Power Automation Equipment,2014,34(4):37-42.
- [18] 覃剑,葛维春,邱金辉,等. 影响输电线路行波故障测距精度的主要因素分析[J]. 电网技术,2007,31(2):28-38.
QIN Jian, GE Weichun, QIU Jinhui, et al. Analysis on main influencing factors for transmission lines fault location precision based on traveling wave [J]. Power System Technology,2007,31(2):28-38.
- [19] 郑秀玉,丁坚勇,黄娜. 输电线路单端故障定位的阻抗-行波组合法[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(6):18-21.
ZHENG Xiuyu, DING Jianyong, HUANG Na. Impedance-traveling wave assembled algorithm of one-terminal fault location for transmission lines [J]. Power System Protection and Control,2010,38(6):18-21.
- [20] 袁丹,王谊,李伟明,等. 基于分类模型的配电线路故障研

判方法研究[J]. 浙江电力, 2018, 37(2): 11-15.

YUAN Dan, WANG Yi, LI Weiming, et al. Research on fault diagnosis method for distribution line based on classification model[J]. Zhejiang Electric Power, 2018, 37(2): 11-15.

[21] 电力系统继电保护产品动模试验: GB/T 26864—2011 [S]. 北京: 中国质检出版社, 2011.

Dynamic model test of power system relay protection products: GB/T 26864—2011 [S]. Beijing: China Quality Inspection Press, 2011.

作者简介:



赵青春

赵青春(1980),男,硕士,高级工程师,从事电力系统继电保护及控制系统研究(E-mail: zhaorc@nrec.com);

徐晓春(1984),男,硕士,高级工程师,从事电力系统继电保护及控制系统研究;

陆金凤(1987),女,硕士,工程师,从事电力系统继电保护及控制系统研究。

Fault location method for transmission line based on the weighting of reliability

ZHAO Qingchun, XU Xiaochun, LU Jinfeng, CHEN Yulin, ZHU Xiaotong

(NR Electric Co., Ltd, Nanjing 210002, China)

Abstract: A fault location method for transmission line based on the weighting of reliability is proposed. First, reactance component is used to reduce the influence of transition resistance on single-ended impedance location algorithm. Second, using single-ended impedance location algorithm to determine the approximate range of the reflected traveling wave's arrival time and solving the problem that single-ended traveling wave location algorithm can not accurately locate the fault in the second half of the line. Third, evaluating the reliability of single-ended impedance location algorithm, double-ended impedance location algorithm, single-ended traveling wave location algorithm and double-ended traveling wave location algorithm. The reliability evaluation criteria includes channel state, transition resistance, fault location and so on. Finally, the final fault location result is obtained based on the weighting of reliability. The simulation results show that the proposed fault location method has strong robustness and high accurate. It will not be affected by the factors such as fault type and line channel status.

Keywords: traveling wave location algorithm; impedance location algorithm; reliability; weighting

(编辑 方晶)

(上接第 162 页)

Engineering characteristics and service economic analysis of 1 000 MW ultra-supercritical unit with double-reheat cycle

ZHANG Sumin

(China Energy Jiangsu Power Co., Ltd., Nanjing 210036, China)

Abstract: The 2×1 000 MW unit of Taizhou Phase II Power Plant is a demonstration project of energy saving and emission reduction technology in China during the 12th Five-Year Plan. It is also the first unit in the world applying supercritical secondary reheat power generation technology which was put into commercial operation in September 2015 and January 2016, respectively. Starting from the secondary reheat power generation technology, this paper systematically analyses the advantages of the boiler steel frame structure, heating surface tube arrangement, boiler temperature regulation and ten-stage extraction system in the unit of Taizhou Phase II Project. It also analyses the operation of the unit in the past three years from three aspects of unit operation reliability, environmental emission index and economy, as well as the related units in domestic and foreign industries are compared. The results show that two Ultra Supercritical Secondary Reheating Units in the second phase of Taizhou Power Plant are stable in operation, excellent in environmental protection emission index and good in economic benefit index. Ultra supercritical secondary reheating power generation technology has been successfully realized in China.

Keywords: double-reheat ultra-supercritical unit; boiler technology; 10-stage steam extraction; performance indicators; economic and technological analysis

(编辑 钱悦)