

基于双曲正切函数相位特性的高压长线路故障测距新算法

林富洪, 王增平

(华北电力大学 电力系统保护与动态安全监控教育部重点实验室, 北京 102206)

摘要: 提出一种基于双曲正切函数相位特性高压长线路故障测距新算法, 其在将故障位置作为已知条件看待并引入参考点与之匹配的思想基础上, 构建了一个和双曲正切函数具有相同相位特性的测距函数。根据所取参考点与故障点相匹配时测距函数相位等于零这一特征进行定位。该方法理论上不存在伪根, 所需运算量远小于传统方法的运算量, 能有效克服传统方法存在的测距精度和测距速度此消彼长的矛盾。EMTDC 仿真结果表明, 该方法不受过渡电阻、故障位置和故障发生角等因素的影响, 在线路参数严重不均匀情况下依然保持较高的测距精度, 具有较好的鲁棒性。

关键词: 高压长线路; 分布参数模型; 测距函数; 相位特性; 双曲正切函数

中图分类号: TM 711

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2010)03-0076-05

故障测距方法可分为单端测距和双端测距 2 种^[1-2]。单端测距从原理上无法消除过渡电阻和对端系统阻抗变化带来的影响, 双端测距则可以克服单端测距的缺点。近年来, 通信技术的发展使两端数据能很方便地取得, 为此人们提出许多双端测距算法^[3-15]。在实际输电系统中, 高压长线路常会跨越不同地带, 如平原、高原或山区等, 不同地带的环境因素对该部分线路分布参数的影响也不同, 即在不同地区环境因素的影响下高压长线路可能出现间隔区段线路分布参数不同的情况, 这种变化会对测距精度造成何种程度影响需进一步研究考虑^[3-15]。

本文构造了一种新的测距函数, 该测距函数相位特性由双曲正切函数相位特性所决定。基于测距函数相位特性提出了一种高压长线路双端故障测距新算法。该方法原理上不出现伪根, 不受过渡电阻、故障类型和故障发生角等因素影响, 计算量小, 能有效解决传统方法存在的测距精度和测距速度之间此消彼长的矛盾。大量仿真表明, 当因环境因素影响而出现间隔区段线路分布参数相互不同时, 本文方法依然具有较高的测距精度, 因此具有较好的鲁棒性。

1 故障测距函数

图 1 为不对称故障时的系统负序等值网。与传统方法相异, 本文将故障点作为已知条件看待, 取 k 点为参考点^[16]。

由图 1 所示(故障点位于 k 点左侧情况), 可得:

$$\begin{cases} U_{f2} = U_{m2} \cosh \gamma_1 l_{mf} - I_{m2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{mf} \\ I_{mf2} = I_{m2} \cosh \gamma_1 l_{mf} - \frac{U_{m2}}{Z_{c1}} \sinh \gamma_1 l_{mf} \end{cases} \quad (1)$$

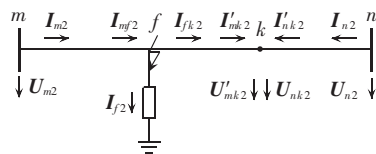


图 1 不对称故障时的系统负序等值网

Fig.1 Negative sequence equivalent circuit of system with asymmetric fault

$$\begin{cases} I_{fk2} = I_{mf2} - I_{f2} \\ U'_{mk2} = U'_{nk2} \end{cases} \quad (2)$$

$$U'_{mk2} = U_{f2} \cosh \gamma_1 l_{fk} - I_{f2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{fk} \quad (3)$$

$$I'_{mk2} = I_{fk2} \cosh \gamma_1 l_{fk} - \frac{U_{f2}}{Z_{c1}} \sinh \gamma_1 l_{fk} \quad (4)$$

将式(1)(2)代入式(3)得:

$$\begin{aligned} U'_{mk2} &= (U_{m2} \cosh \gamma_1 l_{mf} - I_{m2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{mf}) \cosh \gamma_1 l_{fk} - \\ &\quad \left(I_{m2} \cosh \gamma_1 l_{mf} - \frac{U_{m2}}{Z_{c1}} \sinh \gamma_1 l_{mf} - I_{f2} \right) Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{fk} = \\ &\quad U_{m2} \cosh \gamma_1 (l_{mf} + l_{fk}) - I_{m2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 (l_{mf} + l_{fk}) + \\ &\quad I_{f2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{fk} = U_{mk2} + I_{f2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{fk} \end{aligned} \quad (5)$$

于是可得:

$$\begin{aligned} U_{mk2} - U_{nk2} &= U'_{mk2} - I_{f2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{fk} - U_{nk2} = \\ &\quad I_{f2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 (l_f - l_k) \end{aligned} \quad (6)$$

同理, 当故障点位于参考点右侧时也存在如下关系:

$$\begin{aligned} U_{mk2} - U_{nk2} &= U_{mk2} + I_{f2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{fk} - U'_{nk2} = \\ &\quad I_{f2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 (l_f - l_k) \end{aligned} \quad (7)$$

由式(6)(7)得:

$$U_{mk2} - U_{nk2} = I_{f2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 (l_f - l_k) \quad (8)$$

将式(1)(2)代入式(4)得:

$$\begin{aligned} I'_{mk2} &= \left(I_{m2} \cosh \gamma_1 l_{mf} - \frac{U_{m2}}{Z_{c1}} \sinh \gamma_1 l_{mf} - I_{f2} \right) \cosh \gamma_1 l_{fk} - \\ &\quad \frac{U_{m2} \cosh \gamma_1 l_{mf} - I_{m2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_{mf}}{Z_{c1}} \sinh \gamma_1 l_{fk} = \\ &\quad I_{mk2} - I_{f2} \cosh \gamma_1 l_{fk} \end{aligned} \quad (9)$$

于是可得:

$$I_{mk2} + I_{nk2} = I'_{mk2} + I_{f2} \cosh \gamma_1 l_{fk} + I_{nk2} = I_{f2} \cosh \gamma_1 l_{fk} \quad (10)$$

同理,当故障点位于参考点右侧时,也存在如下关系:

$$I_{mk2} + I_{nk2} = I_{mk2} + I_{f2} \cosh \gamma_1 l_{fk} + I'_{nk2} = I_{f2} \cosh \gamma_1 l_{fk} \quad (11)$$

由式(10)(11)得:

$$I_{mk2} + I_{nk2} = I_{f2} \cosh \gamma_1 (l_f - l_k) \quad (12)$$

由式(8)(12)构造测距函数如下:

$$f(l_k) = \frac{U_{mk2} - U_{nk2}}{I_{mk2} + I_{nk2}} = Z_{c1} \tanh \gamma_1 (l_f - l_k) \quad (13)$$

$$U_{mk2} = U_{m2} \cosh \gamma_1 l_k - I_{m2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_k$$

$$U_{nk2} = U_{n2} \cosh \gamma_1 (l - l_k) - I_{n2} Z_{c1} \sinh \gamma_1 (l - l_k)$$

$$I_{mk2} = I_{m2} \cosh \gamma_1 l_k - \frac{U_{m2}}{Z_{c1}} \sinh \gamma_1 l_k$$

$$I_{nk2} = I_{n2} \cosh \gamma_1 (l - l_k) - \frac{U_{n2}}{Z_{c1}} \sinh \gamma_1 (l - l_k)$$

其中, l_{mf} 、 l_{fk} 为正数。

2 双端故障测距新算法

假设线路全长为 600 km,故障点位于 300 km 处,以京津唐 500 kV 输电线路参数仿真测距函数相位特性曲线,如图 2 所示。

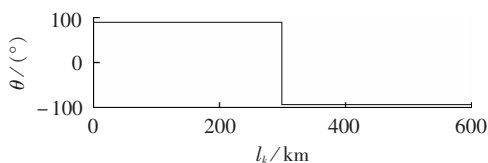


图 2 故障点位于 300 km 处时测距函数的相位特性

Fig.2 Phase characteristics of fault locating function with fault at 300 km

由图 2 可知,当 $l_f > l_k$ 时, $\theta_{f(l_k)}$ 一直在 90° 附近;当 $l_f < l_k$ 时, $\theta_{f(l_k)}$ 则一直在位于 -90° 附近;当 $l_f = l_k$ 时, $\theta_{f(l_k)}$ 等于零。由式(13)可知,测距函数这种相位特性是由双曲正切函数相位特性所决定,而且当且仅当 $l_f = l_k$ 时, $\theta_{f(l_k)}$ 才等于零。现基于测距函数该相位特性提出一种高压长线路故障测距新算法如下,共分为 3 个步骤。

a. 将线路 n 等分,分别计算各等分点处测距函数的相位。

b. 确定 l_f 所属等分区 ($l_{\text{begin}} \sim l_{\text{end}}$)。由双曲正切函数相位特性可知,此时必存在 2 个等分点 kl/n 和 hl/n , $h = k + 1$, 使 $\theta_{f(kl/n)} > 0^\circ$ 且 $\theta_{f(hl/n)} < 0^\circ$ 。于是取 $l_{\text{begin}} = kl/n$, $l_{\text{end}} = hl/n$ 。

c. 取 l_k 从 l_{begin} 开始,以 Δl 为步长递增至 l_{end} 结束计算各 $\theta_{f(l_k)}$ 值。若存在某一参考点 l_k 满足 $\theta_{f(l_k - \Delta l)} > 0^\circ$ 且 $\theta_{f(l_k)} < 0^\circ$, 则取故障点距 m 端的距离 $l_f = (2l_k - \Delta l)/2$ 。

由式(13)可知,测距函数相位特性由双曲正切函数相位特性所决定,不受故障类型和故障发生角等因素的影响。因此,理论上本文所提出测距新算法的测距精度也不受这些因素的影响。

当且仅当参考点与故障点相匹配时,测距函数

的相角才等于零,因此,测距函数存在唯一解。

在相同故障条件下,当步骤 **a** 中的 n 合理地取较大时,由于只需在缩小后的某一等分区内搜索故障点,因此在不影响故障测距精度的前提下,可使故障测距算法所需的运算时间缩短为原来的 $1/n$,即本文测距方法具有良好的快速性。

3 仿真实验

3.1 均匀传输线路模型

为验证本文所提出测距新算法的正确性,参考京津唐 500 kV 超高压输电线路参数,按照分布参数模型建立了一条 600 km 长的输电线路 EMTDC 仿真模型,如图 3 所示。

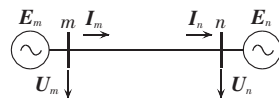


图 3 500 kV 系统仿真模型

Fig.3 Simulation model of 500 kV power system

其参数如下:

a. 线路参数

$r_1 = 0.02083 \Omega/\text{km}$; $l_1 = 0.8948 \text{ mH}/\text{km}$; $C_1 = 0.0129 \mu\text{F}/\text{km}$; $r_0 = 0.1148 \Omega/\text{km}$; $l_0 = 2.2886 \text{ mH}/\text{km}$; $C_0 = 0.00523 \mu\text{F}/\text{km}$;

b. m 侧系统参数

$E_m = 1.05 \text{ p.u.} \angle 0^\circ$; $R_{m1} = 1.0515 \Omega$; $L_{m1} = 0.13743 \text{ H}$; $R_{m0} = 0.6 \Omega$; $L_{m0} = 0.0926 \text{ H}$;

c. n 侧系统参数

$E_n = 1.00 \text{ p.u.} \angle -30^\circ$; $R_{n1} = 26 \Omega$; $L_{n1} = 0.14298 \text{ H}$; $R_{n0} = 20 \Omega$; $L_{n0} = 0.11927 \text{ H}$ 。

由 EMTDC 模型测得故障数据,用 Matlab 进行数据处理。采样频率为 6 kHz,将线路全长进行 60 等分,仿真步长为 0.02 km。采用差分全波傅氏算法进行滤波,并提取故障后第 2 周波线路两端的负序基频分量。

针对故障位置 l_f 、过渡电阻和故障发生角等参数仿真验证所提出测距算法的正确性。限于篇幅,本文仅列出图 4、5 和表 1~3 的仿真结果,其中 R_g 、 R_f 分别为接地电阻和相间电阻。

当故障发生角为 30° 且故障点位于 83 km 时, AB 相间短路时测距函数相位特性曲线如图 4 所示。根据算法步骤 **a**、**b** 可迅速确定故障点所属范围为 [80 km 90 km]。图 5 给出了在该范围内测距函数

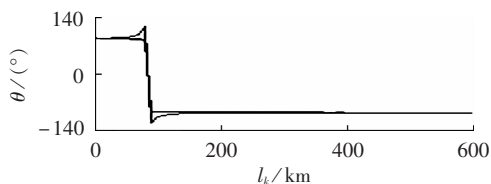


图 4 83 km 处 AB 相间短路故障时测距函数的相位特性

Fig.4 Phase characteristics of fault locating function with AB inter-phase fault at 83 km

的相位特性曲线,根据算法步骤 c 可求得不同过渡电阻所对应的测距结果分别为 84.87、82.99、82.79、82.81、82.81、82.83、82.83 和 82.85 km (各结果对应的 R_f 分别为 15、55、100、150、200、300、500、1 000 Ω)。由此可知,在不影响测距精度的前提下,所提出的故障测距新算法具有良好的快速性。

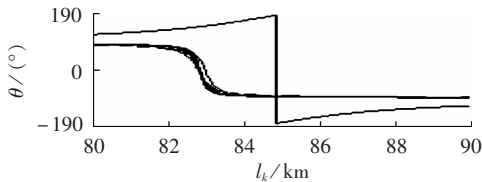


图 5 83 km 处 AB 相间故障时 [80 km 90 km] 区段线路内测距函数的相位特性

Fig.5 Phase characteristics of fault locating function within [80 km 90 km] zone with AB inter-phase fault at 83 km

表 1 列出了故障发生在 325 km 处时,故障发生角和故障类型对测距精度的影响,此时 $R_g=R_f=0 \Omega$ 。由表 1 知,测距精度受故障类型和故障发生角的影响很小,最大绝对测距误差为 2.75 km,最大相对测距误差小于 0.4583 %。

表 2 列出了故障发生角为 30° 时,接地电阻及性质和故障位置对 A 相接地故障测距精度的影响。由表 2 知,接地电阻及性质和故障位置对 A 相接地故障的影响很小,此时最大绝对测距误差为 0.71 km,最大相对测距误差小于 0.1183 %。

表 3 列出了故障发生角为 30° 时,BC 两相经相

表 1 故障发生角对测距精度的影响
Tab.1 Influence of incidence angle on fault locating accuracy

故障类型	不同故障发生角下的测距结果/km				
	15°	45°	60°	75°	90°
AG	324.99	325.01	324.97	325.03	325.01
BG	324.93	325.03	325.01	324.95	325.87
CG	323.15	325.35	324.13	324.91	327.73
ABG	324.43	325.07	326.81	326.21	323.27
BCG	324.89	324.55	324.45	327.75	324.69
CAG	324.75	326.85	326.47	323.49	324.99
AB	324.97	325.05	324.95	324.97	325.03
BC	324.95	324.97	325.01	325.01	324.95
CA	325.05	324.97	324.97	325.03	324.97

表 2 接地电阻对 AG 故障测距精度的影响
Tab.2 Influence of grounding resistance on AG fault locating accuracy

R_g/Ω	不同故障位置的测距结果/km				
	19 km	35 km	325 km	500 km	587 km
15	19.37	35.37	325.05	500.11	586.29
100	18.79	34.79	325.09	500.43	587.39
150	18.79	34.81	325.11	500.43	587.39
200	18.79	34.81	325.13	500.41	587.39
300	18.81	34.83	325.15	500.39	587.37
500	18.83	34.85	325.19	500.37	587.35
1000	18.85	34.87	325.25	500.37	587.33
100+j50	18.81	34.81	324.97	500.03	587.03
300+j120	18.79	34.81	325.17	500.09	587.11

表 3 过渡电阻对 BCG 故障测距精度的影响
Tab.3 Influence of transition resistance on the BCG fault locating accuracy

$R_g=R_f/\Omega$	同故障位置的测距结果/km				
	19 km	83 km	325 km	500 km	587 km
15	17.89	82.29	325.39	500.01	588.17
100	19.09	83.03	325.03	500.17	588.19
150	19.07	83.05	324.99	499.93	588.05
200	19.05	83.05	324.99	499.85	587.93
300	19.01	83.03	324.97	499.87	587.79
500	18.91	82.99	324.97	499.97	587.65
1000	18.71	82.83	324.97	500.33	587.49
100+j50	18.81	82.79	325.71	498.43	588.41
300+j120	18.89	82.93	325.05	499.97	587.81

间电阻短接后再经接地电阻接地时测距精度受过渡电阻及性质和故障位置的影响情况。由表 3 知,过渡电阻及性质和故障位置对 BC 两相故障测距精度的影响很小,此时最大绝对测距误差为 1.57 km,最大相对测距误差小于 0.2617 %。

3.2 不均匀传输线路模型

在实际输电系统中,高压长距离输电线路常会跨越不同地带,如平原、高原或山区甚至跨越若干个省份。不同地区的环境因素对线路参数的影响也截然不同,因环境因素造成线路分布参数变化对故障测距精度的影响情况通过以下仿真模型仿真验证。

在图 3 仿真模型基础上,将线路分成 8 段,每段长度分别为 100、50、100、50、100、50、100、50 km。每段线路参数 r_1 、 l_1 、 C_1 和 r_0 、 l_0 、 C_0 分别为图 3 模型线路参数的 100 %、105 %、100 %、95 %、100 %、95 %、100 %、105 %。故障点选择从 590 km 逐渐递减到 20 km,步长为 15 km。仿真验证故障类型、过渡电阻和故障位置对本文测距算法测距精度的影响情况如图 6~8 所示(图中 l 、 ε 分别指实际故障距离及测距相对误差)。其中,在仿真 ABG 故障测距误差特性曲线时取 $R_g=R_f$, R_f 分别取为 55、100、200、300、500、1 000 Ω 。

由图 6~8 可知,每个图的 6 条误差曲线重合

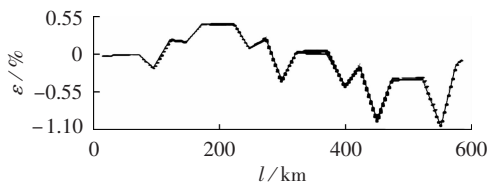


图 6 AG 故障时高压长线路故障测距新算法的测距误差特性

Fig.6 Fault locating error curve of AG fault

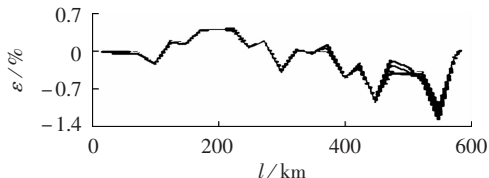


图 7 BC 故障时高压长线路故障测距新算法的测距误差特性

Fig.7 Fault locating error curve of BC fault

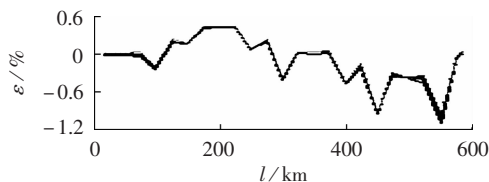


图8 ABG故障时高压长线路故障测距新算法的测距误差特性

Fig.8 Fault locating error curve of ABG fault

度较高,这是由测距函数特点所决定的,因为式(13)右端只为线路分布参数、故障位置和参考点的函数,与过渡电阻无关。在AG、BC、ABG 3种不同故障类型的各234组仿真结果里,最大绝对测距误差分别为6.31、7.71和6.65 km(绝对值),最大相对测距误差分别小于1.0517%、1.285%和1.1083%(绝对值)。由702组仿真结果可知,在输电线路出现间隔区段线路分布参数不同的情况时,本文测距算法依然保持较高的测距精度,因此具有较好的鲁棒性。

4 结论

提出一种基于双曲正切函数相位特性的高压长线路故障测距新算法,该算法具有4个特点。

a. 可将高压长线路故障测距问题转化为某一等分区段线路的故障测距问题,因此所需运算量小,能有效解决传统测距算法存在的测距精度与测距快速性之间此消彼长的矛盾。

b. 在原理上不出现伪根,测距精度不受过渡电阻及性质、故障类型、故障位置和故障发生角等因素的影响,具有较高的测距精度。

c. 当线路分布参数因环境等因素影响而发生严重不均匀变化时,本文测距算法依然具有较高的测距精度,因此具有较好的鲁棒性。

d. 由文章推理过程可知,本文方法也可采用正序分量进行测距,此时由各支路两端电量推算得到参考点处的电流量里面的负荷分量相加后等于零;由各支路两端电量推算得到参考点处的电压量里面的正常分量相减后等于零,因此若采用正序分量进行测距理论上将不受负荷电流的影响,与采用负序分量进行测距将具有相类似的测距效果。

参考文献:

- [1] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社,1994:256-333.
- [2] 高中德. 超高压电网继电保护专题分析[M]. 北京: 北京水利电力出版社,1990:69-74.
- [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 Yusheng, YANG Minzhong, WANG Xiaorong, et al. A fault location method for overhead high voltage power transmission line[J]. Power System Technology, 2000, 24(4): 27-33.
- [4] ABE M, OTSUZUKI N, EMURA T, et al. Development of a new fault locate system for multi-terminal single transmission line[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1995, 10(1): 159-168.
- [5] KEZUNOVIC M, MRKIC J, PERUNICIC B. An accurate fault location algorithm using synchronized sampling[J]. Electric Power System Research, 1994, 29(1): 161-169.
- [6] 杜召满,赵飏. 一种新的超高压输电线路双端测距算法[J]. 高电压技术,2003,29(11):11-12.
DU Zhaoman, ZHAO Fang. A new fault location algorithm using asynchronized two-terminal data[J]. High Voltage Engineering, 2003, 29(11): 11-12.
- [7] 刘涤尘,杜新伟,李媛,等. 基于遗传算法的高压长线路双端故障测距研究[J]. 高电压技术,2007,33(3):21-25.
LIU Dichen, DU Xinwei, LI Yuan, et al. Fault location using two-terminal data for HV & long transmission line based on genetic algorithm[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(3): 21-25.
- [8] 卫志农,张颖,周红军. 基于双端不同步采样数据的高压输电线路故障测距[J]. 继电器,2005,33(23):5-8.
WEI Zhinong, ZHANG Ying, ZHOU Hongjun. A fault location algorithm for HV transmission line based on two-terminal asynchronous data[J]. Relay, 2005, 33(23): 5-8.
- [9] 徐鹏,王钢,李晓华,等. 双端非同步数据故障测距的非线性估计算法[J]. 继电器,2005,33(1):16-20.
XU Peng, WANG Gang, LI Xiaohua, et al. A nonlinear estimation algorithm for two terminal fault location on asynchronous data[J]. Relay, 2005, 33(1): 16-20.
- [10] 施世鸿,何奔腾. 不受TA饱和影响的高压输电线路故障测距算法[J]. 电力系统自动化,2008,32(2):67-71.
SHI Shihong, HE Benteng. Fault location algorithm for HV transmission lines immune to saturation of current transformers[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(2): 67-71.
- [11] 宋振红,张举,唐杰. 一种基于双端电压相量测量的故障测距新算法[J]. 电力自动化设备,2006,26(6):27-29.
SONG Zhenhong, ZHANG Ju, TANG Jie. Fault locating based on dual-terminal voltage measurement[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(6): 27-29.
- [12] 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 Shihong, HE Benteng. A two-terminal fault location algorithm using asynchronous phasors based on distributed parameter model[J]. Power System Technology, 2008, 32(9): 84-88.
- [13] 辛振涛,尚德基,尹项根. 一种双端测距算法的伪根问题与改进[J]. 继电器,2005,33(6):36-38,45.
XIN Zhentao, SHANG Deji, YIN Xianggen. False root and its improvement of a two-terminal fault location algorithm on transmission line[J]. Relay, 2005, 33(6): 36-38, 45.
- [14] 滕林,刘万顺,李营,等. 一种实用的新型高压输电线路故障双端测距精确算法[J]. 电力系统自动化,2001,25(9):24-27.
TENG Lin, LIU Wanshun, LI Ying, et al. A novel practical accurate fault location algorithm for HV transmission line[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(9): 24-27.
- [15] 全玉生,王晓蓉,杨敏中,等. 工频双端故障测距算法的鲁棒性问题和新算法研究[J]. 电力系统自动化,2000,24(10):28-32.
QUAN Yusheng, WANG Xiaorong, YANG Minzhong, et al. Two new algorithms and their robustness for two-terminal fault location on HV transmission line[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(10): 28-32.
- [16] XU Z Y, DU Z Q, RAN L, et al. A current differential relay for a 1000 kV UHV transmission line[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2007, 22(3): 1392-1399.

(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:

林富洪(1986-),男,福建莆田人,硕士研究生,研究方向为基于分布参数模型线路保护及故障测距(E-mail: zhubolin fuhong@163.com);

王增平(1964-),男,河北石家庄人,教授,博士研究生导师,主要研究领域为电力系统自动化、继电保护、变电站综合自动化等。

Fault locating algorithm for high voltage long transmission lines based on phase characteristics of hyperbolic tangent function

LIN Fuhong, WANG Zengping

(Key Laboratory of Power System Protection and Dynamic Security Monitoring and Control under Ministry of Education, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: A fault locating algorithm based on the phase characteristics of hyperbolic tangent function is presented for high voltage long transmission lines, which builds a fault locating function with the same phase characteristics as those of hyperbolic tangent function by taking the fault location as the known condition and introducing a reference point to match it. When the reference point matches the fault location, the phase of fault locating function is zero. It has no false root in theory, and with less calculation loads than the traditional algorithms, it effectively avoids the contradiction between precision and speed. Results of EMTDC-based simulation indicate that, it is immune from the transition impedance, fault location, incidence angle, etc., being high accurate and robust even when the line parameters are seriously asymmetrical.

This work is supported by the Key Program of National Natural Science Foundation of China(50837002).

Key words: high voltage long transmission line; distributed parameter model; fault locating function; phase characteristics; hyperbolic tangent function