

输电线路长度和参数的校正方法

张爱枫¹, 卢继平², 黄震³, 卫小凡³, 何尔文⁴

(1. 重庆电力调度通信中心, 重庆 400014; 2. 重庆大学电气工程学院, 重庆 400044;
3. 四川电力公司调度中心, 四川 成都 610016; 4. 西昌电业局, 四川 西昌 615000)

摘要: 提出了一种线路长度和参数的在线估计方法, 利用区内出现的缺相运行情况对线路正、负、零序参数和线路长度同时进行校正。该方法适用于装设单相自动重合闸的架空输电线路, 利用现有的硬件设备, 可以有效地削弱线路长度和参数变化对测距精度的影响, 对于故障测距和线路保护均具有较重要的意义。

关键词: 输电线路; 参数; 故障测距; 线路保护

中图分类号: TM71 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2004)01-0037-03

0 引言

在输电线路故障测距方法中, 通常要知道输电线路的实际长度和实际参数。然而要获取与现场实际情况一致的线路长度和参数准确值往往并不容易, 其原因主要是: (1) 输电线路架设时有一定的弧垂, 由于杆塔张力和地形的不同, 使得弧垂变化范围很大; 线路长度还要受到季节、温度变化的影响。这使得线路的设计长度和实际长度存在偏差。(2) 高压输电线路的参数还要受到沿线地质、气候、大地电阻率分布不均等因素的影响, 特别是在气候恶劣的高寒覆冰地带, 将会使线路参数明显偏离给定值^[1]。线路长度和参数的不准确是造成测距误差的一个重要原因, 针对这一问题, 本文提出了一种利用区内发生的缺相运行状态对线路长度和正、负、零序参数同时进行校正的方法。仿真试验表明, 本文的方法能够达到满意的校正效果。

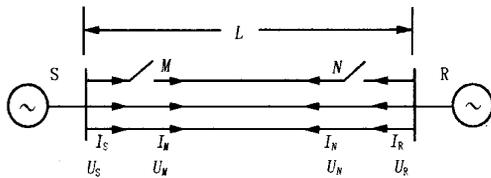


图1 双电源单相开断电路

Fig. 1 Circuit of single-phase open with two terminal power system

1 线路长度和参数的校正方法

图1为模拟线路发生单相跳闸时的缺相运行情况示意图, 对于图1所示的电路, 可得到如下方程:

$$U_N^{(s)} = U_M^{(s)} \cosh {}_s L - Z_{cs} I_M^{(s)} \sinh {}_s L \quad (1)$$

$$I_N^{(s)} = \frac{U_M^{(s)}}{Z_{cs}} \sinh {}_s L - I_M^{(s)} \cosh {}_s L \quad (2)$$

式中, $s = 0, 1, 2$ 为序分量标号; $U_M^{(s)}$ 、 $U_N^{(s)}$ 、 $I_M^{(s)}$ 、 $I_N^{(s)}$ 既可用 M 、 N 两端所测得的相电压和相电流来计算, 也可用 S 、 R 两端所测得的相电压和相电流来计算。若假设 a 相断开, 由图1可知:

$$\begin{bmatrix} U_{Ma} \\ U_{Mb} \\ U_{Mc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ U_{Sb} \\ U_{Sc} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} I_{Ma} \\ I_{Mb} \\ I_{Mc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} U_{Na} \\ U_{Nb} \\ U_{Nc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ U_{Rb} \\ U_{Rc} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} I_{Na} \\ I_{Nb} \\ I_{Nc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{Ra} \\ I_{Rb} \\ I_{Rc} \end{bmatrix}$$

由式(1)和式(2)可得:

$$Z_{cs}^2 = \frac{U_M^{(s)2} - U_N^{(s)2}}{I_M^{(s)2} - I_N^{(s)2}}$$

$$\cosh {}_s L = \frac{U_M^{(s)} I_M^{(s)} - U_N^{(s)} I_N^{(s)}}{U_N^{(s)} I_M^{(s)} - U_M^{(s)} I_N^{(s)}}$$

式中 $s = 0, 1, 2$ 为序分量标号, 由上式可得:

$$Z_{c1}^2 = \frac{U_M^{(1)2} - U_N^{(1)2}}{I_M^{(1)2} - I_N^{(1)2}} = T_1 \quad (3)$$

$$\cosh {}_1 L = \frac{U_M^{(1)} I_M^{(1)} - U_N^{(1)} I_N^{(1)}}{U_N^{(1)} I_M^{(1)} - U_M^{(1)} I_N^{(1)}} = T_2 \quad (4)$$

在式(4)中 I_1 和 L 均未知, 须利用正序分量的传播速度来求解。由文献[2]知波速在一定范围内变化时, 对参数和线路长度计算不会带来过大的误差, 因此可以利用给定的线路结构计算出正序分量的传播速度(这一传播速度与实际的传播速度相差不大), 再利用计算得到的传播速度来计算线路参数和长度, 公式如下^[2]:

$$Z_{c1} = \sqrt{\frac{R_1 + j \omega L_1}{j \omega C_1}}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$$

$$\gamma_1 = \sqrt{j C_1 (R_1 + j L_1)} \quad (5)$$

将式(5)进行实虚部分离、展开,就可以计算出线路的正序参数 R_1 、 L_1 、 C_1 以及传播常数 γ_1 。再利用式(3)和式(4)就能够计算出 Z_{c1} 和 L :

$$Z_{c1} = T_1^{1/2} \quad (6)$$

$$L = \frac{1}{\gamma_1} \operatorname{arcosh} T_2 \quad (7)$$

同理可得:

$$Z_{c0}^2 = \frac{U_M^{(0)2} - U_N^{(0)2}}{I_M^{(0)2} - I_N^{(0)2}} = T_3$$

$$\cosh \gamma_0 L = \frac{U_M^{(0)} I_M^{(0)} - U_N^{(0)} I_N^{(0)}}{U_N^{(0)} I_M^{(0)} - U_M^{(0)} I_N^{(0)}} = T_4$$

由上式可解得:

$$Z_{c0} = T_3^{1/2} \quad (8)$$

$$\gamma_0 = \frac{1}{L} \operatorname{arcosh} T_4 \quad (9)$$

由于线路长度已由式(7)求出,由式(8)和式(9)就可以计算出线路的零序参数 R_0 、 L_0 、 C_0 。

2 仿真算例

以文献[3]的故障测距模型和线路参数为例(500 kV,400 km 完全换位线路),对本文提出的线路长度和参数校正法的校正效果进行了仿真测试,所有算例均对应单相接地故障(故障点处过渡电阻为 100 Ω),系统参数如下:

M 端电势: $E_M = 289.0 \angle 60^\circ$ kV; N 端电势: $E_N = 289.0 \angle 0^\circ$ kV。

$$\text{小运行方式: } Z_S = \begin{bmatrix} j300.0 & j10.0 & j10.0 \\ j10.0 & j300.0 & j10.0 \\ j10.0 & j10.0 & j300.0 \end{bmatrix} \quad ()$$

$$\text{大运行方式: } Z_S = \begin{bmatrix} j30.0 & j10.0 & j10.0 \\ j10.0 & j30.0 & j10.0 \\ j10.0 & j10.0 & j30.0 \end{bmatrix} \quad ()$$

表 1 运行方式组合

Tab.1 Combination of system operation mode

方式	方式一	方式二	方式三	方式四
M-N 组合	小-大	小-小	大-小	大-大

线路长度和参数改变的算例如表 2 和图 2,线路长度和参数的变化对应于线路长度增加 5%,线路单位长度阻抗增加 5%,线路单位长度导纳增加 10%。图 2 是线路长度和参数发生了改变但在测距计算中不考虑其

变化情况下的测距误差变化曲线,图 2(a)~图 2(b)分别对应文献[3]中的两种双端故障测距算法:算法 1(同步法),算法 2(异步法)^[3],其中算法 2 是笔者提出的一种新算法。线路长度和参数估计计算结果如表 3、表 4,用本文方法对线路长度和参数进行校正后的测距误差变化曲线如图 3。

表 2 线路参数的变化值

Tab.2 Varying values of line parameters

	Re(γ_1)	Im(γ_1)	Re(Z_{c1})/	Im(Z_{c1})/	L/km
改变前实际值	5.6583×10^{-5}	1.0743×10^{-3}	259.53	-13.670	400
改变后值	6.0810×10^{-5}	1.1545×10^{-3}	253.56	-13.356	420
绝对误差	4.2273×10^{-6}	8.0257×10^{-5}	-5.9670	0.31429	20

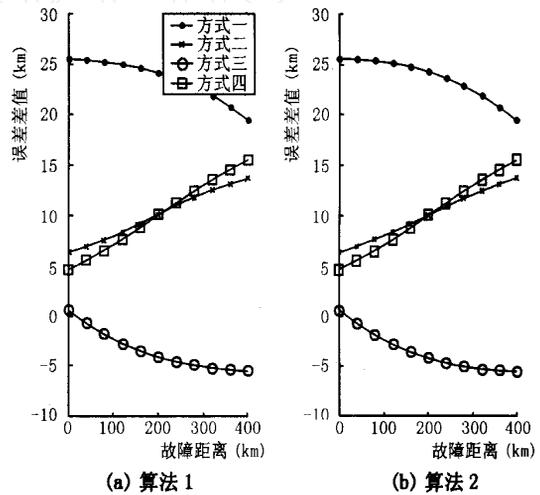


图 2 线路长度和参数均有误差时的测距误差变化分布

Fig.2 Location error distribution with length error and parameter error

表 3 线路正序参数和长度的校正值

Tab.3 Estimated values of line positive sequence parameters and length

正序参数和长度	R_1 (Ω /km)	L_1 (H/km)	C_1 (F/km)	L/km
改变前实际值	0.0294	8.8545×10^{-4}	1.3182×10^{-8}	400
校正值	0.0294	8.8545×10^{-4}	1.3182×10^{-8}	400.0000
绝对误差	1.0270×10^{-15}	-3.1442×10^{-18}	4.4668×10^{-23}	1.0232×10^{-12}

表 4 线路零序参数的校正值

Tab.4 Estimated values of line zero sequence parameters

零序参数	R_0 (Ω /km)	L_0 (H/km)	C_0 (F/km)
改变前实际值	0.2052	0.0021	9.0715×10^{-9}
方法 2 校正值	0.2052	0.0021	9.0715×10^{-9}
绝对误差	2.3315×10^{-15}	-1.5613×10^{-17}	-3.3087×10^{-24}

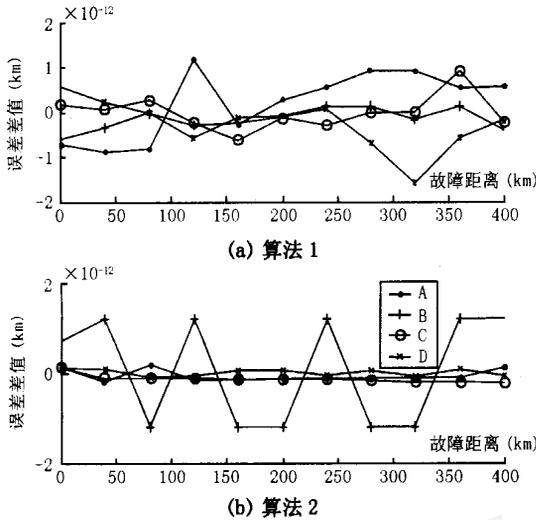


图3 对线路长度和参数进行校正后的测距误差变化分布

Fig.3 Location error distribution versus the estimated parameters and length

3 结论

本文提出了一种线路长度和参数的在线估计方法,其特点是利用区内出现的缺相运行情况对线路正、负、零序参数和线路长度同时进行估计。该方法适用于装设单相自动重合闸的架空输电线路,算法实现简单、方便,可以利用现有的硬件设备。仿真结果表明:该方法可以有效地削弱线路长度和参数变化对测距精度的影响,对于故障测距和线路保护均

具有较重要的意义。

参考文献:

[1] 全玉生,杨敏中,王晓蓉,等(QUAN Yu - sheng, YANG Min - zhong, WANG Xiao - rong, et al). 双端测距中的自适应线路参数在线估计(Adaptive on - line Estimation of Parameters for Transmission Line in Double - Terminal Fault Location) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2000, 24(11): 26 - 30.

[2] 卢继平(LU Ji - ping). 超高压输电线路故障精确定位方法研究:[重庆大学博士学位论文](Study of Accurate Fault Location for Fault Location Based on Double - Terminal Fault Location for EHV/ HV Transmission Line, Thesis) [D]. 重庆:重庆大学(Chongqing: Chongqing University), 2000.

[3] 张爱枫,卢继平,等(ZHANG Ai - feng, LU Ji - ping, et al). 不需要双端数据同步的工频故障测距新方法(The New Method for Fault Location Based on Double - Terminal Unsynchronized Sampling Date) [C]. 全国高校电力系统及自动化专业第17届年会学术论文集(Proceeding of the 17th CUS - EPSA). 福州(Fuzhou): 2001. F - 106 - 111.

收稿日期: 2003-01-28; 修回日期: 2003-05-19

作者简介:

张爱枫(1967 -),女,硕士,从事电力系统继保整定和运行管理工作;

卢继平(1960 -),博士,副教授,主要从事电力系统继电保护及微机在线应用等领域的研究工作。

A method of correcting transmission line length and parameters

ZHANG Ai-feng¹, LU Ji-ping², HUANG Zhen³, WEI Xiao-fan³, HE Er-wen⁴

(1. Chongqing Electric Power Dispatching & Communication Center, Chongqing 400014, China;

2. College of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

3. Sichuan Electric Power Corporation Power Dispatching Center, Chengdu 610016, China;

4. Xichang Electric Power Administration, Xichang 615000, China)

Abstract: A novel technique of on - line estimate for the length and parameters of the transmission line is put forward. The positive, negative and zero sequence parameters and line length can be corrected at the same time by using internal phase - absent status. This method is applicable to overhead transmission lines with single - phase automatic reclosing. With the available hardware equipments, the precision of location could be ensured with the lessening of external interference of the variation of line length and parameters. Its influence to the fault location and line protection is significant.

Key words: transmission line; parameters; fault location; line protection

浙江大昌成为电力系统行业认证的领跑者

2003年9月,中国质量认证中心为浙江大昌电气有限公司颁发了电力系统继电保护及自动化产品自愿认证的第一号证书。其主要产品是电力保护继电器及综合自动化保护系列,其机床控制类继电器已于今年8月之前获得了29个“3C”证书。为打造强势品牌,浙江大昌电气有限公司顺利通过了国家CQC产品自愿认证,在同行业中以卓越的产品质量领先一步。