

# 双端测距中的自适应线路参数在线估计

全玉生<sup>1</sup>, 杨敏中<sup>1</sup>, 王晓蓉<sup>1</sup>, 严璋<sup>1</sup>

李晓兵<sup>2</sup>, 于峰<sup>2</sup>, 康林贤<sup>2</sup>, 佟科<sup>3</sup>, 刘晓峰<sup>3</sup>, 侯成林<sup>4</sup>

(1. 西安交通大学电气工程学院, 西安 710049; 2. 西北电力集团调度处, 西安 710004)

(3. 东北电力学院电力系, 吉林吉林 132012; 4. 辽宁阜新电业局送电工区, 辽宁阜新 123000)

**摘要:** 提出了一种线路参数在线(自适应)估计方法, 取线路长度为线路杆塔间的水平距离, 而把各种因素对线路参数的影响统一归入线路参数的变化, 借助双端(或多端)通信工具, 自适应半实时在线估计线路参数。在双端测距中, 利用已有的硬件设备, 可以有效地削弱线路参数变化对测距精度的影响。该方法对于各种架空输电线路, 尤其是对于穿越地形复杂、气候恶劣地区(如高寒覆冰地区)输电线路的双端测距具有较重要意义。

**关键词:** 高压输电线; 双端测距; 在线参数估计

**中图分类号:** TM 751

## 0 引言

文献[1~4]分析了输电线路参数计算方法, 但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, 因此输电线路的参数一般通过实测获得<sup>[5]</sup>。高压输电线的线路参数还要受沿线地质、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; 特别是在气候恶劣的高寒地带, 当线路被冰雪覆盖时, 将会使线路参数明显偏离给定值<sup>[6]</sup>, 这是造成测距误差的一个重要原因。显然这些因素对线路参数的影响是模糊的, 甚至是随机的。对双端测距来说, 可测量的只有双端的电压和电流, 因此只能从可交换信息的两端综合地、平均地考虑线路参数的变化对故障测距的影响。本文提出一种线路参数在线(自适应)估计方法, 取线路长度为线路杆塔间的水平距离(固定不变), 而把各种因素对线路参数的影响统一归入线路参数的变化, 借助双端(或多端)测距提供的通信工具, 自适应半实时在线估计线路参数, 以提高双端测距的精度。所谓“自适应”是指: 当线路两端有功功率的变化超过某一预先设定的阈值, 就交换双端信息。所谓“半实时”是指: 这种双端信息的交换只能在故障测距前进行。只要线路两端的有功功率发生变化(稳态), 就交换双端信息, 然后由软件估计出故障前的线路参数。

## 1 双端测距的参数估计方法

### 1.1 单、双回线的参数估计

对图 1 所示电路, 可列出如下电路方程:

$$\dot{U}_{NP}^{(s)} = \dot{U}_{MP}^{(s)} \cosh \gamma_s l - Z_{cs} \dot{I}_{MP}^{(s)} \sinh \gamma_s l \quad (1)$$

$$\dot{I}_{NP}^{(s)} = -\frac{\dot{U}_{MP}^{(s)}}{Z_{cs}} \sinh \gamma_s l + \dot{I}_{MP}^{(s)} \cosh \gamma_s l \quad (2)$$

$$\dot{U}_{MP}^{(s)} = \dot{U}_{NP}^{(s)} \cosh \gamma_s l + Z_{cs} \dot{I}_{NP}^{(s)} \sinh \gamma_s l \quad (3)$$

$$\dot{I}_{MP}^{(s)} = \frac{\dot{U}_{NP}^{(s)}}{Z_{cs}} \sinh \gamma_s l + \dot{I}_{NP}^{(s)} \cosh \gamma_s l \quad (4)$$

式中  $s = 0, 1, 2$  为序量标号;  $P$  代表故障前;  $Z_{cs} = (Z_l^{(s)} / Y_l^{(s)})^{1/2}$ ;  $\gamma_s = \alpha_s + j\beta_s = (Z_l^{(s)} Y_l^{(s)})^{1/2}$ 。

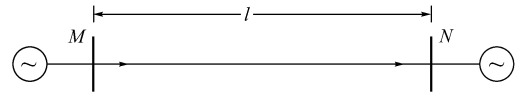


图 1 双电源单回线

Fig. 1 Single-circuit with two sources

电力系统是一个动态系统, 两端系统的运行方式和负荷都是变化的<sup>[4]</sup>。在原双端测距算法或装置中, 增加一个功能, 即当本端功率波动或变化(如超过 2% 或 5%) 时, 把本端的  $|\dot{U}_{MPK}^{(s)}|$ ,  $|\dot{I}_{MPK}^{(s)}|$  和  $\arg(\dot{U}_{MPK}^{(s)} / \dot{I}_{MPK}^{(s)})$ , 或  $|\dot{U}_{NPK}^{(s)}|$ ,  $|\dot{I}_{NPK}^{(s)}|$ ,  $\arg(\dot{U}_{NPK}^{(s)} / \dot{I}_{NPK}^{(s)})$  发往对端; 当对端接收到这组信息时, 也记下本端  $|\dot{U}_{NPK}^{(s)}|$ ,  $|\dot{I}_{NPK}^{(s)}|$  和  $\arg(\dot{U}_{NPK}^{(s)} / \dot{I}_{NPK}^{(s)})$ , 或  $|\dot{U}_{MPK}^{(s)}|$ ,  $|\dot{I}_{MPK}^{(s)}|$  和  $\arg(\dot{U}_{MPK}^{(s)} / \dot{I}_{MPK}^{(s)})$ , 可列出如下方程:

$$\frac{|\dot{U}_{NPK}^{(s)}|}{\dot{I}_{NPK}^{(s)}} = \frac{|\dot{U}_{MPK}^{(s)}| \cosh \gamma_s l - \dot{I}_{MPK}^{(s)} Z_{cs} \sinh \gamma_s l}{-\frac{|\dot{U}_{MPK}^{(s)}|}{Z_{cs}} \sinh \gamma_s l + \dot{I}_{MPK}^{(s)} \cosh \gamma_s l} \quad (5)$$

化简式(5)得:

$$A_K(Z_{cs}^2) + B_K(Z_{cs} \coth \gamma_s l) = C_K \quad (6)$$

式中  $A_K = \dot{I}_{NPK}^{(s)} \dot{I}_{MPK}^{(s)}$

$$B_K = |\dot{U}_{NPK}^{(s)}| \dot{I}_{MPK}^{(s)} - |\dot{U}_{MPK}^{(s)}| \dot{I}_{NPK}^{(s)}$$

$$C_K = |\dot{U}_{MPK}^{(s)}| |\dot{U}_{NPK}^{(s)}|$$

双端每交换 2 次信息可得:

$$Z_{cs}^2 = \frac{B_{K+1}C_K - B_KC_{K+1}}{B_{K+1}A_K - B_KA_{K+1}} = D_1 \quad (7)$$

$$Z_{cs} \coth \gamma_l l = \frac{-A_{K+1}C_K + A_KC_{K+1}}{B_{K+1}A_K - B_KA_{K+1}} = D_2 \quad (8)$$

高压架空线  $Z_{cs}$  略呈容性, 由式(7)得:

$$Z_{cs} = D_1^{1/2} \quad (9)$$

把式(9)代入式(8)得:

$$\coth \gamma_l l = \frac{D_2}{Z_{cs}} = \frac{D_2}{D_1^{1/2}} = D \quad (10)$$

由式(10)解得:

$$\gamma_l = \frac{1}{2l} \left[ \ln \left| \frac{D+1}{D-1} \right| + j \arg \left( \frac{D+1}{D-1} \right) \right] \quad (11)$$

由式(9)和式(11)可解得:

$$Z_l^{(s)} = \gamma_l Z_{cs} =$$

$$\frac{(D_1)^{1/2}}{2l} \left[ \ln \left| \frac{D+1}{D-1} \right| + j \arg \left( \frac{D+1}{D-1} \right) \right] \quad (12)$$

$$Y_l^{(s)} = \frac{Z_l^{(s)}}{Z_{cs}^2} \quad (13)$$

这里应特别注意, 以上各式中的  $l$  是常数, 其值已取定为沿线杆塔间的水平距离。上述推导中线路是按完全换位处理的, 因此故障前只有正序分量, 而式(10)、式(11)或式(12)、式(13)中的  $s=1$ , 只能在线测得线路的正序参数。由于线路的正、负序参数相等, 因此, 这种参数在线估计足以作为双端测距算法提供较准确的线路参数, 保证了测距精度。考虑到在同一天内的某一时段内实际参数的变化不大, 为减少两端电压和电流的测量误差及计算误差的影响, 可以在若干组参数估计值中取数值较接近的几个数值的平均值作为该时段的参数估计值。

而同杆双回线在经同、反序量变换后, 其故障前的同序量等效单回线与图 1 所示单回线形式相同, 只要把式(5)、式(6)中的电压、电流换成相应的同序正序量, 即可得到其参数估计。

## 1.2 带分支变压器线路的参数估计

在图 2 所示电路中, 设  $M$  和  $N$  端为可测端, 对不需要数据同步的测距算法可列出如下方程:

$$\begin{aligned} & \dot{U}_{MPK}^{(1)} \cosh \gamma_1 l_1 - \dot{I}_{MPK}^{(1)} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_1 = \\ & (\dot{U}_{NPK}^{(1)} \cosh \gamma_1 l_2 + \dot{I}_{NPK}^{(1)} Z_{c1} \sinh \gamma_1 l_2) e^{j\theta_{dPK}} \end{aligned} \quad (14)$$

化简式(14)得:

$$\begin{aligned} & \dot{U}_{MPK}^{(1)} - \dot{I}_{MPK}^{(1)} Z_{c1} \frac{\sinh \gamma_1 l_1}{\cosh \gamma_1 l_1} = \\ & \left( \dot{U}_{NPK}^{(1)} \frac{\cosh \gamma_1 l_2}{\cosh \gamma_1 l_1} + \dot{I}_{NPK}^{(1)} Z_{c1} \frac{\sinh \gamma_1 l_2}{\cosh \gamma_1 l_1} \right) e^{j\theta_{dPK}} \end{aligned} \quad (15)$$

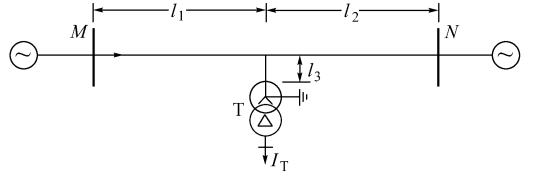


图 2 带分支变压器线路

Fig. 2 The line with a branch transformer

令

$$\begin{cases} Z_{c1} \frac{\sinh \gamma_1 l_1}{\cosh \gamma_1 l_1} = A_1 = x_1 + jx_2 \\ Z_{c1} \frac{\sinh \gamma_1 l_2}{\cosh \gamma_1 l_1} = A_2 = x_3 + jx_4 \\ \frac{\cosh \gamma_1 l_2}{\cosh \gamma_1 l_1} = A_3 = x_5 + jx_6 \end{cases} \quad (16)$$

把式(16)代入式(15)并取模, 得到一个含有 6 个实变量的非线性方程, 记为:

$$F_K(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = 0 \quad (17)$$

双端交换 6 次信息 ( $K=1, 2, \dots, 6$ ), 可解出  $x_1, x_2, \dots, x_6$  的数值解, 代入式(16)得:

$$\begin{cases} \gamma_1 = \frac{1}{2l} (\ln |A_5| + j \arg A_5) \\ Z_{c1} = \frac{A_1}{\ln \gamma_1 l_1} \end{cases} \quad (18)$$

式中  $A_5$  为  $A_4 \pm \sqrt{A_4^2 - 1}$  中实、虚部均大于零的那个;  $A_4 = 2/[A_3^{-2} - (A_1/A_2)^2] - 1$ 。

## 1.3 环网的参数估计

设图 3 中  $M, N$  端为可测端,  $M, N$  间线路 I 的参数估计与 1.1 节单回线相同。

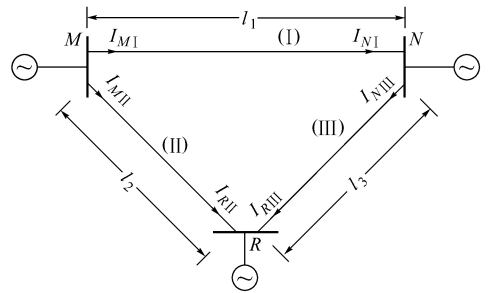


图 3 环网故障系统图

Fig. 3 Schematic drawing of a circular network

$M, R$  和  $N, R$  间的参数估计可列出如下方程:

$$e^{j\theta_{dK}} = \frac{\dot{U}_{MPK}^{(1)} \cosh \gamma_{11} l_1 - \dot{I}_{M1PK}^{(1)} Z_{1c1} \sinh \gamma_{11} l_1}{\dot{U}_{NPK}^{(1)}} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} & \dot{U}_{MPK}^{(1)} - \dot{I}_{M1PK}^{(1)} Z_{1c1} \frac{\sinh \gamma_{11} l_2}{\cosh \gamma_{11} l_2} = \\ & \dot{U}_{NPK}^{(1)} \frac{\cosh \gamma_{11} l_3}{\cosh \gamma_{11} l_2} + \dot{I}_{N1PK}^{(1)} Z_{1c1} \frac{\sinh \gamma_{11} l_3}{\cosh \gamma_{11} l_2} \end{aligned} \quad (20)$$

令

$$\begin{aligned} Z_{c1} &= Y_1 \\ \tanh \gamma_{11} l_2 &= Y_2 \\ \frac{\cosh \gamma_{11} l_3}{\cosh \gamma_{11} l_2} &= Y_3 \\ \frac{Z_{c1} \sinh \gamma_{11} l_3}{\cosh \gamma_{11} l_2} &= Y_4 \end{aligned}$$

得  $F_K(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) = 0$  (21)

$M, N$  端 4 次交换信息, 可解出  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$ , 进而得到线路 II 和线路 III 的参数。110 kV 以上电压等级长度 100 km 以上的架空输电线路一般要求完全换位, 只有线路长度或电压不高的线路才不换位<sup>[4]</sup>。当线路不换位或不完全换位时, 其相模变换阵不仅与线路参数有关, 而且一般为复系数矩阵, 也可推导出相应的参数估计公式<sup>[7]</sup>。

2 仿真算例

线路参数改变的算例如表 1、表 2 和图 4 所示, 对应线路为 500 kV, 300 km 三段换位线路, 所有算例均对应单相接地故障(故障过渡电阻为 50 Ω)。图 4 是线路参数发生改变但在双端测距计算时不考虑参数变化时测距的误差变化, 即测距误差的差值, 图 4(a)~图 4(d)分别对应 4 种基于分布参数电路模型的双端故障测距算法: 算法 1(GPS 同步)、算法 2(模等法)、算法 3 和算法 4(分式型)<sup>[7]</sup>, 其中算法 3 和算法 4 是笔者提出的两种新算法<sup>[8]</sup>。第 1 组参数改变对应线路单位长度阻抗减小 2%, 线路单位长度导纳增加 10%; 第 2 组参数改变对应线路单位长度阻抗增加 10%, 线路单位长度导纳增加 18%。参数估计计算算例结果如表 3、表 4, 利用参数估计计及参数变化的测距误差变化分布曲线如图 5, 其中估计参数测距所采用的参数为估计参数均值, 实际参数为表 1 或表 2 中改变前的参数值(两者相等)。

表 1 第 1 组参数变化值

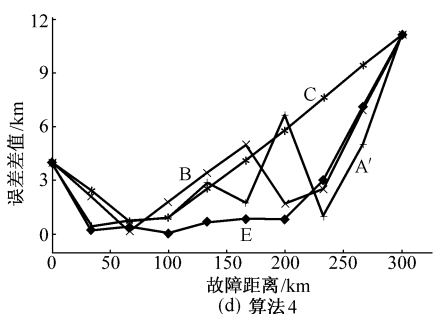
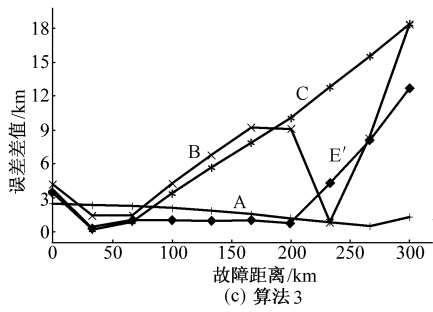
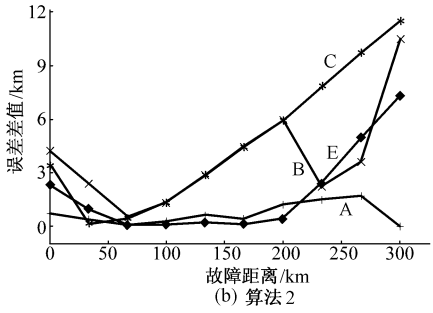
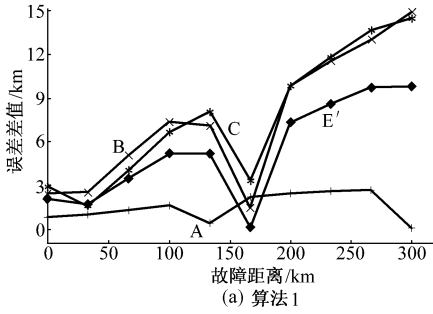
Table 1 Varying parameters of the first group

|      | Re( $\gamma_1$ )      | Im( $\gamma_1$ )       | Re( $Z_{c1}$ ) | Im( $Z_{c1}$ )         |
|------|-----------------------|------------------------|----------------|------------------------|
| 改变前值 | $5.36 \times 10^{-5}$ | $1.06 \times 10^{-3}$  | 260.0 Ω        | -13.000 Ω              |
| 改变后值 | $5.56 \times 10^{-5}$ | $1.10 \times 10^{-3}$  | 245.0 Ω        | -12.300 Ω              |
| 两者之差 | $2.05 \times 10^{-6}$ | $4.08 \times 10^{-5}$  | -14.6 Ω        | 0.733 Ω                |
| 相对误差 | $3.82 \times 10^{-2}$ | $8.41 \times 10^{-18}$ | -0.0561        | $1.87 \times 10^{-18}$ |

表 2 第 2 组参数变化值

Table 2 Varying parameters of the second group

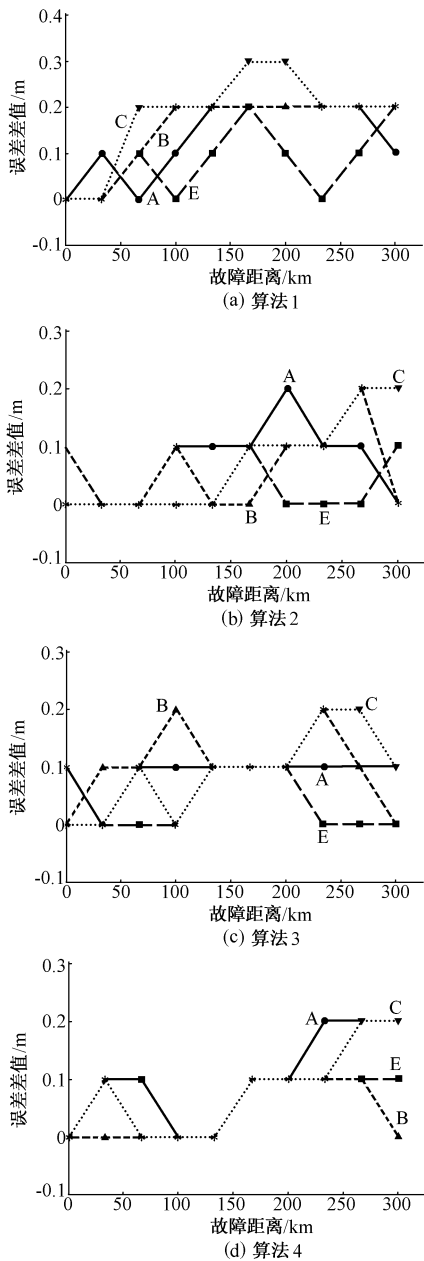
|      | Re( $\gamma_1$ )      | Im( $\gamma_1$ )       | Re( $Z_{c1}$ ) | Im( $Z_{c1}$ )          |
|------|-----------------------|------------------------|----------------|-------------------------|
| 改变前值 | $5.36 \times 10^{-5}$ | $1.06 \times 10^{-3}$  | 260.00 Ω       | -13.000 Ω               |
| 改变后值 | $6.10 \times 10^{-5}$ | $1.21 \times 10^{-3}$  | 251.00 Ω       | -12.600 Ω               |
| 两者之差 | $7.46 \times 10^{-6}$ | $1.48 \times 10^{-4}$  | -8.97 Ω        | 0.450 Ω                 |
| 相对误差 | $1.39 \times 10^{-1}$ | $3.44 \times 10^{-19}$ | -0.0344        | $-2.52 \times 10^{-18}$ |



A, B, C 分别对应第 1 组参数变化的 A, B, C 三相  
A' 对应第 1 组参数变化的 A 相  
E, E' 分别对应第 1 组(第 2 组)参数变化时三相误差变化平均值

图 4 参数改变前后测距误差变化分布图  
Fig. 4 Locating error distribution  
with parameter changing (pre-change & post-change)

从图 4、图 5 可以看出, 线路参数的变化是影响双端测距精度的一个重要误差源, 本文提出的半实时参数在线估计方法, 对削弱这一影响双端测距精度的误差源是很有效的。表 3 和表 4 的估计精度略高(参数的估计值几乎与实际值相等), 这是由于未考虑正常运行时双端电压和电流的测量误差, 工程上实际应用时误差将比表 3 和表 4 的误差大些。



A, B, C 分别对应 A 相、B 相、C 相; E 对应三相误差变化平均值

图 5 估计参数与实际参数测距误差变化分布图  
Fig. 5 Locating error distribution versus the actual and estimating parameters

表 3 半实时在线自适应参数估计表 ( $\gamma_1$ )  
Table 3 Adaptive on-line estimation of the line parameter in half a real time ( $\gamma_1$ )

| 估计序号 | M 端有功功率<br>$P_M/\text{GW}$ | N 端有功功率<br>$P_N/\text{GW}$ | $10^4\text{Re}(\gamma_1)$<br>估计值 | $100\text{Im}(\gamma_1)$<br>估计值 | $10^{10}\text{Re}(\gamma_1)$<br>绝对误差 | $10^{18}\text{Im}(\gamma_1)$<br>绝对误差 |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1    | 0.0577                     | 0.0573                     | 0.536                            | 0.106                           | -0.431                               | 0                                    |
| 2    | 0.1150                     | 0.1140                     | 0.536                            | 0.106                           | -0.431                               | -0.867                               |
| 3    | 0.1530                     | 0.1520                     | 0.536                            | 0.106                           | -0.431                               | 0.216                                |
| 4    | 0.2850                     | 0.2790                     | 0.536                            | 0.106                           | -0.431                               | 0                                    |
| 5    | 0.3690                     | 0.3570                     | 0.536                            | 0.106                           | -0.431                               | -0.216                               |
| 均值   | 0.1960                     | 0.1920                     | 0.536                            | 0.106                           | 0.431                                | 0.260                                |

3 自适应线路参数在线估计可行性分析

根据现场实际电流、电压数据的频谱<sup>[7]</sup>和文献[9,10]对现场数据的分析及电力系统谐波分布,对现场电压、电流波形进行模拟滤波分析。滤波均采用一阶差分加全周期傅氏算法,也可采用递归算法<sup>[11]</sup>和其他滤波技术<sup>[12,13]</sup>。研究表明,每周期采样点数和采样信号的有效数字位数是影响(抽取基波分量)滤波效果的 2 个重要因素。固定采样信号有效数字位数时,滤波误差随每周期采样点数增加而减小,每周期采样点个数(采样频率)直接影响对混频现象的抑制;固定每周期采样点个数(采样频率)时,滤波误差随采样信号有效数字位数的增加而减小,采样信号有效数字位数直接影响抽取基频信号的幅值和相角精度。当模拟信号最高次谐波小于 19 时,采用每周周期 24 个采样点(1.2 kHz)、3 位有效数字(12 位 A/D)就可得到足够精度的测量信号<sup>[9]</sup>。而满足这种要求的硬件设备(A/D)目前已相当低廉。可见线路参数在线估计可以低廉的成本在现场实现。

4 结论

提出了自适应半实时线路参数在线估计算法和技术。该算法实现简单、方便,无需增加新的硬件投入,可以较有效地削弱线路参数变化对双端测距精度的影响。该方法的核心内容是取变化的线路长度为固定的杆塔间的水平距离,而把所有影响线路参数变化的因素当做一个整体,全部归为参数的变化;

表 4 半实时在线自适应参数估计表 ( $Z_{c1}$ )  
Table 4 On-line adaptive estimation of the line parameter in half a real time ( $Z_{c1}$ )

| 估计序号 | M 端有功功率<br>$P_M/\text{GW}$ | N 端有功功率<br>$P_N/\text{GW}$ | $\text{Re}(Z_{c1})$<br>估计值 / $\Omega$ | $\text{Im}(Z_{c1})$<br>估计值 / $\Omega$ | $\text{Re}(Z_{c1})$<br>绝对误差 / $\Omega$ | $\text{Im}(Z_{c1})$<br>绝对误差 / $\Omega$ |
|------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 1    | 0.0577                     | 0.0573                     | 260                                   | -13.0                                 | $-5.68 \times 10^{-14}$                | $-4.49 \times 10^{-13}$                |
| 2    | 0.1150                     | 0.1140                     | 260                                   | -13.0                                 | $-2.84 \times 10^{-13}$                | $-2.00 \times 10^{-13}$                |
| 3    | 0.1530                     | 0.1520                     | 260                                   | -13.0                                 | $-5.68 \times 10^{-14}$                | $3.44 \times 10^{-13}$                 |
| 4    | 0.2850                     | 0.2760                     | 260                                   | -13.0                                 | $-1.13 \times 10^{-13}$                | $5.86 \times 10^{-14}$                 |
| 5    | 0.3690                     | 0.3570                     | 260                                   | -13.0                                 | 0.00                                   | $-6.75 \times 10^{-14}$                |
| 均值   | 0.1960                     | 0.1920                     | 260                                   | -13.0                                 | $1.02 \times 10^{-13}$                 | $2.24 \times 10^{-13}$                 |

根据每天 24 h 系统负荷在峰、腰、谷间变化的工程实际,在线得出自适应半实时线路参数估计值。该方法不仅对穿越地形复杂、气候恶劣地区(特别是高寒覆冰地区)输电线路的双端测距,而且对各种架空输电线路的双端测距,都具有较重要意义。

### 参考文献

- 1 Marti J R. Accurate Modeling of Frequency-Dependent Transmission Line in Electromagnetic Transient Simulations. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1982, 101(1):147~157
- 2 Bo Z Q, Aggarwal R K, Johns A T, et al. A New Approach to Phase Selection Using Fault Generated High Frequency Noise and Neural Networks. IEEE Trans on Power Delivery, 1997, 12(1):106~115
- 3 叶一麟,蔡德礼(Ye Yilin, Cai Deli). 系统参数变化对输电线路故障测距精度的影响(The Influence of the Variation of System Parameter on the Accurate of Transmission Line Fault Location). 重庆大学学报(Journal of Chongqing University),1984(4):70~78
- 4 Wiszniewski A. New Algorithm of Calculating Current and Voltage Phasors for Fast Protection. IEE Proc, 1987, 134(1):81~82
- 5 胡帆,刘沛,程时杰(Hu Fan, Liu Pei, Cheng Shijie). 高压输电线路故障测距算法仿真研究(Investigation of the High Voltage Transmission Line Fault Location by Digital Simulation). 中国电机工程学报(Proceedings of the CSEE),1995, 15(1):67~72
- 6 黄志明(Huang Zhiming). 我国超高压输电线路的建设和发展(The Construction and Development of EHV Transmission Line in China). 中国电力(Electric Power),1996,29(12):9~12
- 7 全玉生(Quan Yusheng). 高压架空输电线路故障测距新算法的研究:[博士学位论文](Investigation of New Algorithms for Fault Location of HV Over-Head

- Transmission Line, Thesis). 西安:西安交通大学(Xi'an: Xi'an Jiaotong University),1999
- 8 全玉生,王晓蓉,杨敏中,等(Quan Yusheng, Wang Xiaorong, Yang Minzhong, et al). 工频双端故障测距算法的鲁棒性问题和算法研究(Two New Algorithms and Their Robustness of Double-Terminal Fault Location for HV Transmission Line). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2000, 24(10)
- 9 岳嵘(Yue Rong). 基于工频量的故障测距方法的研究:[硕士学位论文](Investigation of Algorithms for Fault Location Based on Power-Frequency Parameter, Thesis). 西安:西安交通大学(Xi'an: Xi'an Jiaotong University),1997
- 10 梁合庆,蔡德礼(Liang Heqing, Cai Deli). 关于高性能数字滤波器的研究(The Investigation of the High Quality Digital Filter). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),1985,9(6):23~29
- 11 Eichhorn K Fr, Lobos T. Recursive Real-Time Calculation of Waveforms of Signal. IEE Proc-C, 1991, 38(6):469~470
- 12 Sarkar T K, Chen Huanqun, Dianat S A. Accurate Spectral Estimation from Unequally Spaced Samples of Exponentially Damped Sinusoidal Signals. IEEE Trans on Instrumentation and Measurement, 1987, IM-36(1):32~36
- 13 Jenq Yih-chyun. High-Precision Sinusoidal Frequency Estimator Based on Weighted Least Square Method. IEEE Trans on Instrumentation and Measurement, 1987, IM-36(1):124~127

全玉生,男,博士,副教授,主要研究方向为电力系统故障分析。

杨敏中,男,硕士研究生,主要研究方向为电力设备故障诊断及信号测量处理。

王晓蓉,女,博士研究生,主要研究方向为电力设备故障诊断和在线监测。

### ADAPTIVE ON-LINE ESTIMATION OF PARAMETERS FOR TRANSMISSION LINE IN DOUBLE-TERMINAL FAULT LOCATION

Quan Yusheng<sup>1</sup>, Yang Minzhong<sup>1</sup>, Wang Xiaorong<sup>1</sup>, Yan Zhang<sup>1</sup>, Li Xiaobing<sup>2</sup>, Yu Zheng<sup>2</sup>, Kang Linxian<sup>2</sup>  
Tong Ke<sup>3</sup>, Liu Xiaofeng<sup>3</sup>, Hou Chenglin<sup>4</sup>

(1. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

(2. Dispatching Center of Northwest Power Network, Xi'an 710004, China)

(3. Northeast China Institute of Electric Power Engineering, Jilin 132012, China)

(4. Work Area of Line of Fuxin Electric Power Company, Fuxin 123000, China)

**Abstract:** A new technique of on-line (adaptive) estimation for the parameters of the transmission line is put forward. The whole length of the transmission line is assumed as the horizontal distance between the towers, and all factors affecting the location parameters are taken account of by the variation of the location parameters of transmission line. Thus with the aid of the communication device equipped on the double-terminal (or multi-terminal) transmission line, the location parameters will be estimated adaptively and at quasi-real-time. With this technique and the apparatus already available in the double-terminal fault location, the precision of location could be greatly immune from the external interference from the variation of line parameters, especially from the variation caused by tough climate or severe cold in some areas where the lines pass through.

**Keywords:** HV transmission line; double-terminal location; on-line parameters estimation