

# 基于分布参数模型的混合线路故障测距新算法

刘伟, 陈皓

(四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065)

**摘要:** 通过研究基于分布参数模型的传统架空线路双端电气量测距方法, 针对混合输电线路电气参数不一致的问题, 提出了一种基于连接点电压比较分段故障定位的双端测距新方法。该算法基于混合输电线路分布参数模型, 通过双端电流、电压值及不同线路电气参数推算各连接点处电压并比较其幅值大小, 确定故障发生区段, 利用故障区段两端连接点电压、电流按传统单一输电线路双端电气量测距原理计算故障距离。理论分析和 ATP/MATLAB 仿真表明, 该方法能够准确确定电缆-架空线混合输电线路故障位置, 并适用于更为复杂的多段混合输电线路。

**关键词:** 混合输电线路; 分布参数模型; 相模变换; 故障测距

## A new fault location algorithm for hybrid transmission line based on distributed parameter model

LIU Wei, CHEN Hao

(School of Electrical Engineering and Information, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract:** By analyzing a traditional double-terminal method based on distributed parameter model of overhead line, a new double-terminal fault location algorithm based on the comparison of junction voltage dividing hybrid transmission line into parts to solve the discontinuity of parameters is proposed. The algorithm based on the distributed parameter model of hybrid transmission lines, uses the voltage and the current obtained from both hybrid line ends to acquire junction voltage and compare its magnitude to discriminate the fault happened in cable or overhead line, then uses the voltage and the current obtained from both fault line ends calculate the fault location the same as traditional double-terminal method. Theoretical analysis and the simulation of ATP/MATLAB show that the proposed scheme can accurately measure the hybrid transmission line fault location and be also applied to more complex hybrid transmission lines.

**Key words:** hybrid transmission line; distributed parameter model; phase-mode transformation; fault location

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)24-0076-05

## 0 引言

随着我国电力工业高速发展, 电力电缆线路已成为电力网络中不可缺少的输电设备。电力电缆线路与架空线路相比较, 具有不易受周围环境和污染影响、占地少、无干扰电波、送电可靠性高等优点。对大型工厂、发电厂、交通拥挤区、电网交叉区等城镇地区要求占地面积小的地方, 多采用电缆供电, 以减少电网对交通运输、城市建设的影响; 对跨度大的过江、过河线路, 为了避免架空线路对船舶通航或无线电干扰, 也多采用电缆供电。由于电缆成本较架空线高, 我国多采用电缆—架空线混合线路输电<sup>[1]</sup>。当线路发生故障时, 准确故障定位以便在故障发生于架空线路段时实现自动重合闸, 及时排除故障, 尽快恢复供电, 减少因停电造成的经济损

失。因而对电缆—架空线混合输电线路故障测距的研究具有重要意义。

目前电缆—架空线混合输电线路故障测距方法按所采用的稳态或暂态量可分为常规阻抗法测距和行波测距<sup>[2]</sup>。行波法需GPS辅助获得精确行波到达时间, 输电线路测距装置成本太高, 同时电压互感器(PT)、电流互感器(CT)以及保护装置等造成电压、电流行波的传输时延, 因此目前在应用上有一定的局限性。一般输电线路都装设有故障录波装置, 采用常规测距方法是一种经济可靠的方法。常规测距按照所采用的电气量的不同可分为单端法和双端法<sup>[3]</sup>, 单端法只采集线路一端的电压、电流值测距, 由于过渡电阻的影响, 需对算法做一些假设, 因此测距结果不理想。双端法克服了单端法在原理上的缺陷, 能够消除过渡电阻影响, 同时采用分布参数

模型消除分布电容的影响,仿真精度较好,因而具有良好的应用前景。

通过对单一架空线路或电缆线路双端测距原理研究,充分考虑分布电容及双端采集数据不同步性的影响,提出了一种基于分布参数模型的连接点电压比较分段故障定位新算法,准确地实现电缆—架空线混合线路故障测距。

### 1 传统架空线故障测距原理

传统基于分布参数模型的常规测距原理<sup>[4-7]</sup>是利用线路两端的电压、电流值分别估算出线路各点电压值,通过两端推算的电压幅值相等来计算故障距离。基于分布参数模型的故障测距方法,克服了基于集中参数模型时忽略分布电容影响的弊端,可提高测距精度。如图1所示均匀输电线路,设线路长度为 $L_{MN}$ , $L$ 、 $C$ 、 $R$ 、 $G$ 分别为单位长度的单相电感、电容、导线电阻、导线对地泄漏电导, $\omega$ 为系统的角频率,则输电线路的传播系数和特征阻抗分别为:

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \quad (1)$$

$$Z_C = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (2)$$

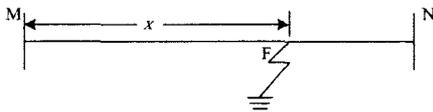


图1 均匀输电线路结构简图

Fig.1 Structure map of overhead line

分别以线路M、N端的电压、电流作为边界条件,可以推出以此端表示的线路任一点 $a$ 的电压、电流方程:

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_a \\ \dot{I}_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ch}(\gamma x) & Z_C \text{sh}(\gamma x) \\ \text{sh}(\gamma x)/Z_C & \text{ch}(\gamma x) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_M \\ \dot{I}_M \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_a \\ \dot{I}_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ch}(\gamma(L-x)) & -Z_C \text{sh}(\gamma(L-x)) \\ -\text{sh}(\gamma(L-x))/Z_C & \text{ch}(\gamma(L-x)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_N \\ \dot{I}_N \end{bmatrix} \quad (4)$$

若距M端 $x$ 处发生故障,则分别以M端、N端的电压,电流作为边界条件,可以推出分别由两端电气量表示的F点的电压:

$$\dot{U}_{MF} = \text{ch}(\gamma x)\dot{U}_M + Z_C \text{sh}(\gamma x)\dot{I}_M \quad (5)$$

$$\dot{U}_N = \text{ch}(\gamma(L_{MN}-x))\dot{U}_N - Z_C \text{sh}(\gamma(L_{MN}-x))\dot{I}_N \quad (6)$$

由于线路电压具有连续性,由两侧电流、电压推算的故障点电压应相等,考虑采样数据的非同步,引入不同步相角差 $\delta$ ,则有电压平衡方程:

$$\text{ch}(\gamma x)\dot{U}_M + Z_C \text{sh}(\gamma x)\dot{I}_M =$$

$$[\text{ch}(\gamma(L_{MN}-x))\dot{U}_N - Z_C \text{sh}(\gamma(L_{MN}-x))\dot{I}_N]e^{j\delta} \quad (7)$$

式(7)为复杂超越方程,通过实部、虚部分别对应相等求解 $x$ 和 $\delta$ 非常复杂,文献[8]提出分别建立正常状态网络全电量和故障分量网络故障分量电压平衡方程,通过两方程之比求得解为:

$$x = \frac{1}{4\alpha} \ln(A^2 + B^2) = \frac{1}{2\beta} \arctan(B/A) \quad (8)$$

其中:  $e^{2\gamma x} = A + jB$

### 2 混合输电线路故障测距新算法

#### 2.1 基于连接点电压比较分段故障定位算法

式(7)仅适用于均匀传输线路,对混合线路电缆线和架空线电气参数不同的情况不能直接使用。图2所示电缆—架空线混合输电线路,电缆线路段和架空线路段的长度 $L_{MJ}$ 、 $L_{NJ}$ ,其分布参数模型如图3所示,设电缆线路单位长度的单相电感、电容、导线电阻、导线对地泄漏电导分别为 $L_1$ 、 $C_1$ 、 $R_1$ 、 $G_1$ ,架空线路分别为 $L_2$ 、 $C_2$ 、 $R_2$ 、 $G_2$ ,系统的角频率为 $\omega$ ,则电缆线路及架空线路的传播系数和特征阻抗分别为:

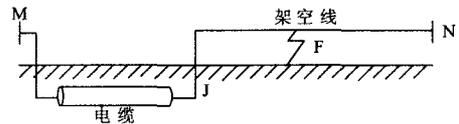


图2 电缆—架空线混合输电线路结构简图

Fig.2 Structure map of hybrid line of power cable and overhead line

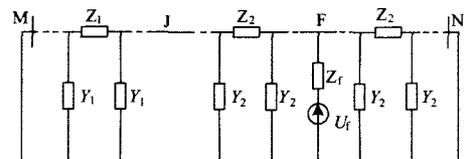


图3 电缆—架空线混合输电线路分布参数模型

Fig.3 Distributed parameter model map of hybrid line of power cable and overhead line

$$\gamma_1 = \alpha_1 + j\beta_1 = \sqrt{Z_1 \times Y_1} = \sqrt{(R_1 + j\omega L_1)(G_1 + j\omega C_1)} \quad (9)$$

$$\gamma_2 = \alpha_2 + j\beta_2 = \sqrt{Z_2 \times Y_2} = \sqrt{(R_2 + j\omega L_2)(G_2 + j\omega C_2)} \quad (10)$$

$$Z_{C1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Y_1}} = \sqrt{\frac{R_1 + j\omega L_1}{G_1 + j\omega C_1}}, Z_{C2} = \sqrt{\frac{Z_2}{Y_2}} = \sqrt{\frac{R_2 + j\omega L_2}{G_2 + j\omega C_2}} \quad (11)$$

采用电缆线路参数, 推出由 M 端电气量表示的混合线路连接处 J 点的电压。同理采用架空线路参数, 可以推出 N 端电气量表示的混合线路连接处 J 点的电压。

$$\dot{U}_{MJ} = \text{ch}(\gamma_1 L_{MJ}) \dot{U}_M + Z_{C1} \text{sh}(\gamma_1 L_{MJ}) \dot{I}_M \quad (12)$$

$$\dot{U}_{NJ} = \text{ch}(\gamma_2 L_{NJ}) \dot{U}_N - Z_{C2} \text{sh}(\gamma_2 L_{NJ}) \dot{I}_N \quad (13)$$

由式(12)和式(13)计算连接点电压。混合输电线路与传统单一输电线路类似, 以M端为入口参数计算出的输电线路全程电压模值曲线是一条单增曲线, FN段的迭代为伪计算。同理, 以N端为入口参数计算出的输电线路全程电压模值曲线也是一条单增曲线, FM段的值为伪值。两条曲线在故障发生点 F 发生真值和伪值的转变, 其交点即为故障点, 基于以上原理, 通过比较连接点电压幅值大小可确定故障位置区段<sup>[9]</sup>。

对图 2 所示简单混合线路, 考虑到存在的测量误差, 给定误差限  $\varepsilon$ 。故障发生在电力电缆和架空线路的连接点时, 存在如下关系:

$$\|\dot{U}_{MJ} - |\dot{U}_{NJ}|\| < \varepsilon \quad (14)$$

故障发生在电力电缆段时:

$$|\dot{U}_{MJ}| - \varepsilon > |\dot{U}_{NJ}| \quad (15)$$

故障发生在架空线段时:

$$|\dot{U}_{MJ}| + \varepsilon < |\dot{U}_{NJ}| \quad (16)$$

如图 3 所示, 通过连接点电压幅值比较可知故障发生在架空线路段, 则由 M 端推算的连接点 J 的电压、电流值为真, 以此电压、电流值和 N 端电流、电压为边界条件, 式(7)通过简单变型, 可计算故障点 F 到连接点 J 的距离  $L_{JF}$ , 从而得到故障点 F 到 M 端距离:

$$\text{ch}(\gamma_2 L_{JF}) \dot{U}_{MJ} + Z_{C2} \text{sh}(\gamma_2 L_{JF}) \dot{I}_{MJ} = [\text{ch}(\gamma_2 (L_{NJ} - L_{JF})) \dot{U}_N - Z_{C2} \text{sh}(\gamma_2 (L_{NJ} - L_{JF})) \dot{I}_N] e^{j\delta} \quad (17)$$

$$L_{MF} = L_{MJ} = L_{JF} = L_{MJ} + \frac{1}{4\alpha_2} \ln A_2^2 B_2^2 \quad (18)$$

其中:  $e^{2\gamma_2 L_{JF}} = A_2 + jB_2$

实际三相线路中各相之间存在耦合, 通过 Clarke、Karrenbauer、Wedpohl 等相模变换将存在耦合的相分量转换成相互独立的模分量, 考虑到零模分量受大地电阻率和接地情况等复杂因素影响, 采用线模分量通过式(8)计算故障距离。

## 2.2 测距算法的推广

对于更复杂的混合线路上述方法也适用, 如图 4 所示多段电缆-架空线复杂混合线路, 假设 F 点处发生故障。

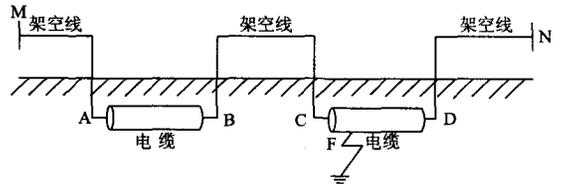


图 4 复杂混合输电线路结构简图

Fig.4 Structure map of complex hybrid transmission line

首先确定混合线路结构, MA、AB、BC、CD、DN 段线路长度分别为  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 、 $L_5$ 。根据各段线路电气参数。当线路发生故障时, 由 M 端电压、电流值按架空线路参数确定连接点 A 处的估算电压值  $\dot{U}_{MA}$ , 再由 A 点电压、电流值按电缆线路参数确定连接点 B 处的估算电压值  $\dot{U}_{MB}$ , 依此类推, 得到 C 点、D 点的电压值分别为  $\dot{U}_{MC}$ 、 $\dot{U}_{MD}$ 。同理, 从 N 端电流、电压值出发, 按不同线路参数可依次确定连接点处的电压分别为  $\dot{U}_{ND}$ 、 $\dot{U}_{NC}$ 、 $\dot{U}_{NB}$ 、 $\dot{U}_{NA}$ 。对测量所得的各电压幅值依次进行简单的比较分析, 从而确定故障发生区段。依图 4 所示, 通过测量比较有:

$$(|\dot{U}_{MA}| < |\dot{U}_{NA}|) \cap (|\dot{U}_{MB}| < |\dot{U}_{NB}|) \cap (|\dot{U}_{MC}| < |\dot{U}_{NC}|) \cap (|\dot{U}_{MD}| > |\dot{U}_{ND}|) \quad (19)$$

由式(19)判定故障点位于 CD 电缆段, 通过  $\dot{U}_{MC}$ 、 $\dot{I}_{MC}$  与  $\dot{U}_{ND}$ 、 $\dot{I}_{ND}$  来计算故障距离。设由 CD 电缆段电气参数确定的传播系数和特征阻抗分别为  $\gamma_4$ 、 $Z_{C4}$ , 测距公式(17)和(18)可变形为:

$$\text{ch}(\gamma_4 L_{CF}) \dot{U}_{MC} + Z_{C4} \text{sh}(\gamma_4 L_{CF}) \dot{I}_{MC} = [\text{ch}(\gamma_4 (L_4 - L_{CF})) \dot{U}_{ND} - Z_{C4} \text{sh}(\gamma_4 (L_4 - L_{CF})) \dot{I}_{ND}] e^{j\delta} \quad (20)$$

$$L_{MF} = \sum_{i=1}^3 L_i + L_{CF} = \sum_{i=1}^3 L_i + \frac{1}{4\alpha_4} \ln(A_4^2 + B_4^2) \quad (21)$$

其中:  $\gamma_4 = \alpha_4 + j\beta_4$ ,  $e^{2\gamma_4 L_{CF}} = A_4 + jB_4$

依次类推,当第  $n+1$  段线路故障时,设其长度为  $L_{n+1}$ 、故障点到第  $n$  个连接点的距离为  $L_{nF}$ ,传播系数为  $\gamma_{n+1}$ 、特征阻抗为  $Z_{C(n+1)}$ ,则测距公式可表示为:

$$\begin{aligned} & \text{ch}(\gamma_{n+1}L_{nF})\dot{U}_{sn} + Z_{C(n+1)}\text{sh}(\gamma_{n+1}L_{nF})\dot{I}_{sn} = \\ & [\text{d}(\gamma_{n+1}(L_{nH}-L_{nF}))\dot{U}_{n(m)} - Z_{C(n+1)}\text{sh}(\gamma_{n+1}(L_{nH}-L_{nF}))\dot{I}_{n(m)}]e^{j\delta} \quad (22) \\ & L_{MF} = \sum_{i=1}^n L_i + L_{nF} = \sum_{i=1}^n L_i + \frac{1}{4\alpha_{n+1}} \ln(A_{n+1}^2 + B_{n+1}^2) \quad (23) \end{aligned}$$

其中:  $\gamma_{n+1} = \alpha_{n+1} + j\beta_{n+1}$ ,  $e^{2\gamma_{n+1}L_{nF}} = A_{n+1} + jB_{n+1}$

### 3 仿真验证

对图2所示电缆—架空线混合输电线路,采用分布参数模型对500 kV单回线系统进行Matlab故障仿真,计算故障距离,并依据测距结果确定重合闸策略。仿真模型中电缆线路长度  $L_{Mf}=5$  km,正序分量  $Z_1=0.0242+j0.1344 \Omega/\text{km}$ ,  $C_1=0.2811 \mu\text{F}/\text{km}$ ,零序分量  $Z_0=0.4121+j0.4819 \Omega/\text{km}$ ,  $C_0=0.1529 \mu\text{F}/\text{km}$ ;仿真模型中架空线路长度  $L_{Nf}=150$  km,正序分量  $Z_2=0.0240+j0.2700 \Omega/\text{km}$ ,  $C_1=0.0131 \mu\text{F}/\text{km}$ ,零序分量  $Z_0=0.2230+j0.8699 \Omega/\text{km}$ ,  $C_0=0.0080 \mu\text{F}/\text{km}$ ;M侧系统电气参数  $R_{M1}=6.139 \Omega$ ,  $L_{M1}=1.0664 \text{ H}$ ,  $R_{M0}=3.49 \Omega$ ,  $L_{M0}=318.47 \text{ mH}$ ;N侧系统电气参数  $R_{N1}=17.56 \Omega$ ,  $L_{N1}=146.78 \text{ mH}$ ,  $R_{N0}=3.49 \Omega$ ,  $L_{N0}=318.47 \text{ mH}$ 。

故障点分别设置在距M点2 km的电缆线路故障和距M点100 km的架空线路故障,仿真采样步长为  $1 \mu\text{s}$ ,即采样频率为1 MHz,滤波算法采用全波傅氏滤波。线路发生故障时,采集两端电压、电流。图5、图6分别为100 km处A相接地短路故障时三相电流、电压经Karrenbauer相模变换后的波形图,由图提取故障时刻的电流、电压线模分量。由式(12)、式(13)计算连接点处电压,通过式(14)~(16)所给判据故障区段定位。若故障发生在电缆线路段,则用由N侧推算的连接点电压电流值与M侧电压电流值通过式(17)和式(18)计算故障距离;若故障发生在架空线路段,则用由M侧推算的连接点电压电流值与N侧电压电流值通过式(17)和式(18)计算故障距离。

表1为不同异步相角  $\delta$  对测距结果的影响,以A相接地故障为例,取过渡电阻  $R_f=100 \Omega$ 。 $\delta$ 由  $-180^\circ$ 到  $180^\circ$ ,涵盖了最严重的不同步情况。由表1可以看出,基于连接点电压比较分段故障定位的故障测距新算法测距最大绝对误差为0.3287 km,其相对

误差为0.33%,因而不同步相角  $\delta$  对测距影响小。

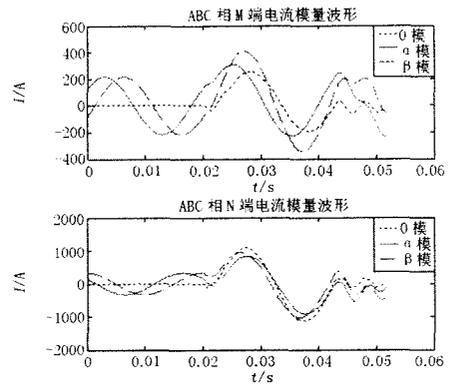


图5 100 km A相故障两端电流模分量  
Fig.5 Double-end model currents for phase A to ground fault at 100km

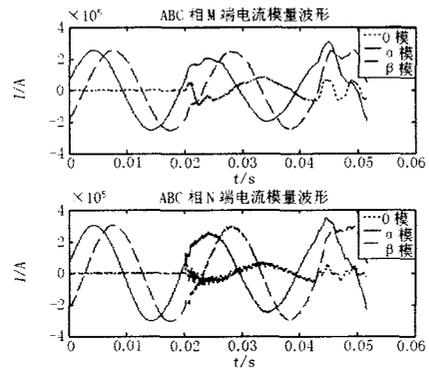


图6 100 km A相故障两端电压模分量  
Fig.6 Double-end model voltages for phase A to ground fault at 100km

表1 Ag故障时不同异步相角差对测距的影响

Tab. 1 The effect of different asynchronous time to fault location under the A-G fault

$\delta(^{\circ})$	故障距离/km	测距结果/km	测距误差/km
-180	2	1.902 5	-0.092 5
	100	100.142 1	0.142 1
-90	2	1.885 4	-0.114 6
	100	99.886 9	-0.113 1
-45	2	1.876 2	-0.123 8
	100	99.671 3	-0.328 7
0	2	1.924 7	-0.075 3
	100	100.097 3	0.097 3
45	2	2.106 8	0.106 8
	100	100.235 2	0.235 2
90	2	2.113 1	0.113 1
	100	100.135 8	0.135 8
180	2	2.122 5	0.122 5
	100	100.078 2	0.078 2

表2为不同故障类型对测距结果的影响,取不同异步相角  $\delta=45^\circ$ ,过渡电阻  $R_f=100 \Omega$ 。由表2可以

看出, 测距最大绝对误差为 0.235 2 km, 其相对误差为 0.24%, 因而故障类型对测距影响小。

表 2 不同故障类型对测距的影响

Tab. 2 Effect of different fault types to fault location

故障类型	故障距离/km	测距结果/km	测距误差/km
A 相短路	2	2.106 8	0.106 8
接地故障	100	100.235 2	0.235 2
BC 两相	2	1.821 6	-0.178 4
短路故障	100	99.794 6	-0.205 4
BC 两相短路	2	1.876 4	-0.123 5
接地故障	100	99.829 7	-0.170 3
ABC 三相	2	1.895 7	-0.104 3
短路故障	100	99.901 5	-0.098 5

表 3 为不同过渡电阻对测距结果的影响, 以 BC 相接地故障为例, 取不同步相角  $\delta=45^\circ$ , 过渡电阻  $R_f$  由 0  $\Omega$  到 100  $\Omega$ 。由表 3 可以看出, 测距最大绝对误差为 0.461 5 km, 其相对误差为 0.46%, 因而过渡电阻对测距影响小。

表 3 BC 短路接地故障过渡电阻对测距的影响

Tab. 3 The effect of different resistance to fault location under the BC-G fault

过渡电阻( $\Omega$ )	故障距离/km	测距结果/km	测距误差/km
0	2	2.152 6	0.152 6
	100	100.320 7	0.320 7
25	2	2.129 8	0.129 8
	100	99.538 5	-0.461 5
50	2	1.902 1	-0.097 9
	100	99.790 3	-0.209 7
100	2	1.876 4	-0.123 5
	100	99.829 7	-0.170 3

#### 4 结论

由于电缆—架空线混合输电线路电缆段和架空线路段阻抗不匹配, 不能直接用已有的架空输电线路的故障测距方法来测距。本文充分利用基于分布参数模型的传统架空线路双端测距原理, 在此基础上提出了采用基于分布参数模型连接点电压比较分段故障定位的双端测距新方法, 算法测距原理简单, 工程实用性强。仿真结果表明, 此法能够顺利解决复杂混合线路阻抗不匹配的问题, 采样不要求同步进行, 测距结果不受故障类型和过渡电阻的影响, 能够达到测距精度的要求。

#### 参考文献

[1] 束洪春, 彭仕欣, 赵兴兵. 一种配电网线—缆混合线

路故障选线新方法[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(11): 61-65.

SHU Hong-chun, PENG Shi-xin, ZHAO Xing-bing. A New Fault line Detection Method for Hybrid Transmission Lines of Distribution Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(11): 61-65.

[2] 于玉泽, 覃剑, 李功新, 等. 电缆—架空线混合线路故障测距方法综述[J]. 电网技术, 2006, 30(17): 64-69.

YU Yu-ze, QIN Jian, LI Gong-xin, et al. A Survey on Fault Location Methods for Hybrid Transmission Lines Consisting of Power Cables and Overhead Lines[J]. Power System Technology, 2006, 30(17): 64-69.

[3] 陈玥云, 覃剑, 王欣, 等. 配电网故障测距综述[J]. 电网技术, 2006, 30(18): 89-93.

CHEN Yue-yun, QIN Jian, WANG Xin, et al. A Survey on Fault Location for Distribution Network[J]. Power System Technology, 2006, 30(18): 89-93.

[4] 毛鹏, 张兆宁, 苗友忠, 等. 基于双端电气量的输电线路故障测距的新方法[J]. 继电器, 2000, 28(5): 24-28.

MAO Peng, ZHANG Zhao-ning, MIAO You-zhong, et al. A Novel Technique for Locating Transmission Line Fault Based on the Two-terminal Electrical Quantities[J]. Relay, 2000, 28(5): 24-28.

[5] 陈铮, 苏进喜, 吴欣荣, 等. 基于分布参数模型的高压输电线路故障测距算法[J]. 电网技术, 2000, 24(11): 31-33.

CHEN Zheng, SU Jin-xi, WU Xin-rong, et al. Fault Location Algorithm for High Voltage Transmission Line Based on Distributed Parameter[J]. Power System Technology, 2000, 24(11): 31-33.

[6] 黎颖, 卢继平, 李健. 基于在线计算线路分布参数的故障定位方法[J]. 高电压技术, 2007, 33(11): 185-189.

LI Ying, LU Ji-ping, LI Jian. Fault Location Based on On-line Computation of the Transmission Line Distributed Parameters[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(11): 185-189.

[7] Mahmoud Gilany, Mohamed Mamdouh Abdel Aziz. An Accurate Scheme for Fault Location in Combined Overhead Line with Underground Power Cable[A]. in:IEEE Power Engineering Society General Meeting[C]. 2005.

[8] 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, 2005, 29(10): 26-29.

(下转第132页 continued on page 132)

件的设定,包括整定元件的整定名、整定说明和单位,比如 SEL351 中,电流元件的一个整定元件,名称为 50P1P,是定时限过流元件,单位为 A。

(2)需要输送给测试仪的参数,有些直接在整定值中给出,有些则要通过计算得出,此时则由技术人员在管理软件中设定该整定的测试值公式。

(3)在实际测试时,现场人员只需在测试软件中,按照整定单给出各个整定元件的整定值即可。

据此,每套保护都对应一套在设定好的整定,测试时只需根据需要输入整定值,系统即可以按照公式计算后将整定值送往测试仪。

### 3 系统安全机制

本系统的设计充分考虑了系统的安全机制,从硬件方面,系统严格执行开机自检,确保一切正常后方可进行操作;在工作过程中,通过定时器监视串口通信的状态。软件方面,通过严格的用户权限管理、数据库自动备份机制以及数据库中数据的完整性管理机制充分保证了系统的数据库安全。

### 4 结束语

本系统是在对上海超高压的继电保护专业管理工作模式、流程进行全面分析的基础上进行开发的,系统已通过相关部门的鉴定。系统投入使用后,可以大大减轻工作人员的工作压力,提供继电保护检验的效率,也可为管理和决策分析提供真实、准确、实时的信息,基本达到了实用化的目标。

本文作者创新点在于:利用 PC 机控制 PLC 进

行自动接线,将继电保护测试中技术要求高不容易掌握的整定参数、模拟量设置等方面通过管理软件由专业技术人员实现,测试结果通过测试软件直接读取、分析,改变了目前继电保护测试中,需要工作人员不断地换接端子,通过人工识别并分析测试数据整理成存档报告,工作效率低等问题。

### 参考文献

- [1] 朱忠亭,张沛超,汪可友.基于自动测试的继电保护测试软件研究[J].继电器,2004,32(17):31-34. ZHU Zhong-ting, ZHANG Pei-chao, WANG Ke-you. Research on Protective Relay Test Software Based on Automatic Test[J].Relay,2004,32(17):31-34.
- [2] 张志顺,王步云.一种基于 VB6.0 的智能型继电保护测试装置[J].电子技术,2002,(1):7-8.
- [3] 王卫峰,姚正治,刘金刚.基于定时器控制的串口通信软件研究[J].微计算机信息,2008,1(1):254-255. WANG Wei-feng, YAO Zheng-zhi, LIU Jin-gang. Research of Serial Communication Software Based on Timer Controlling[J].Microcomputer Information,2008,1(1):254-255.

收稿日期:2009-01-13; 修回日期:2009-03-24

作者简介:

张丽娟(1977-),女,讲师,硕士研究生,主要从事嵌入式系统方面的研究;E-mail:zljismx@126.com

宗国萍(1983-),女,助理工程师,本科,主要从事继电保护测试方面的工作。

(上接第 80 页 continued from page 80)

- [9] 吴承恩,邵能灵,郁惟镛,等.超高压电缆-架空线混合线路故障测寻方法[J].电力系统自动化,2005,29(10):26-29.

WU Cheng-en, TAI Neng-ling, YU Wei-yong, et al. New Method of Fault Detection and Location for EHV Cables with Transmission Lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(10): 26-29.

收稿日期:2008-12-17; 修回日期:2009-02-23

作者简介:

刘伟(1984-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统及其自动化;E-mail:zixuan\_1101@163.com

陈皓(1962-),男,博士,副教授,研究方向为电力系统微机保护与控制。