

一种混合输电线路故障测距新方法

王涛, 李澄

(无锡供电公司, 江苏 无锡 214400)

摘要:针对近年来只增不减的电缆数引起的混合线路故障测距的问题,提出了一种基于线路百分比计算的混合输电线路故障测距方法。该方法采用更为精确可靠且有利于计算的分布参数模型,通过分别计算每个区段的线路百分比确定故障位置,求解故障距离时采用不需要双端数据同步的序分量法,双端量法可有效地克服单端量法易受系统运行方式和两侧参数的影响。仿真与计算结果表明该方法可靠有效,测距精度高,在现今电缆线日渐增多的电网中具有良好的工程应用价值。

关键词:混合线路;故障阻抗计算;区段百分比;线路百分比

中图分类号: TM77

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2015)05-0017-04

在电力系统中,输电线路发生故障的频率最高,快速准确查找故障点有利于及时恢复供电和保障系统安全可靠运行^[1],输电线路在穿越城市公共密集场所等地方一般敷设电缆线,采用电缆线不但可以减小电击可能性和提高供电可靠性,而且占地少、维护工作量小。由架空线和电力电缆线组成的混合输电线路发生故障时,故障点的查找较为困难。混合线路的模型^[2]与单一架空线或者单一电力电缆线不同,单一架空线^[3]多采用传统的故障分析法、行波法以及智能法实现故障测距,单一电力电缆线故障测距则主要采用智能电桥法、二次脉冲法、高压闪络法、行波法以及新兴的阻抗谱法^[4]等。已知电缆的波阻抗较架空线的波阻抗小得多,且传播常数也不相同,其产生的混合线的波速变动性和波阻抗非连续性是影响故障测距的关键。因此,由若干条架空线和若干条电缆线组成的多段制混合线故障测距较为复杂。目前,国内外关于混合线故障测距大部分是采用判别混合线中的故障区段^[5-7],然后利用单一故障区段内波速一致和波阻抗连续的特性采用传统的双端量法实现故障测距。此外,亦有学者提出了无需判别故障区段测距新方法,有采用分段递推计算沿线电压分部并结合全局一维搜索法^[8]和相位测距算法^[9]。文中提出了一种混合输电线路故障测距新方法,在两段制混合线上采用双端非同步故障测距原理计算混合线的线路故障百分比,由此判断故障区段并得到故障距离,仿真结果表明该方法可靠有效。

1 测距原理

1.1 双端量法测距原理

经完全换位的单回输电线路发生短路故障时如图1所示,以母线S、R为两端点的线路全长为L。两端母线电压、电流分别为 U_S, I_S, U_R, I_R ,定义D为线路故障百分比,则故障点F距离始端S距离为 $d=DL$,故

障阻抗为 Z_F 。线路采用更为精确的分布参数模型,线路传播常数 γ 和波阻抗 Z_C 。

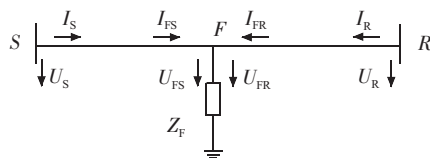


图1 输电线路故障

依据均匀传输线方程的正弦稳态求解方法,采用积分常数表示分别从始端S侧和末端R侧推算至故障点F处的电压 U_{FS}, U_{FR} 和电流 I_{FS}, I_{FR} :

$$U_{FS} = A_S e^{-\gamma d} + B_S e^{\gamma d} \quad (1)$$

$$I_{FS} = \frac{A_S}{Z_C} e^{-\gamma d} - \frac{B_S}{Z_C} e^{\gamma d} \quad (2)$$

$$U_{FR} = A_R e^{-\gamma(L-d)} + B_R e^{\gamma(L-d)} \quad (3)$$

$$I_{FR} = \frac{A_R}{Z_C} e^{-\gamma(L-d)} - \frac{B_R}{Z_C} e^{\gamma(L-d)} \quad (4)$$

式中: A_S, B_S 分别为由始端S侧确定的均匀传输线正弦稳态解积分常数,且有 $A_S = (U_S + Z_C I_S)/2, B_S = (U_S - Z_C I_S)/2$; A_R, B_R 分别为由末端R侧确定的均匀传输线正弦稳态解的积分常数,且有 $A_R = (U_R + Z_C I_R)/2, B_R = (U_R - Z_C I_R)/2$ 。

积分常数 A_R 和 B_R 在 Z_C 确定时仅与 U_R, I_R 有关,而 U_R, I_R 在非同步测量时需要校正为 U'_R 和 I'_R ,且 $U'_R = U_R e^{j\delta}, I'_R = I_R e^{j\delta}$ (其中, δ 为偏移的非同步角)。于是,校正后的从末端R侧推算至故障点F处的电压 $U'_{FR} = U_{FR} e^{j\delta}$ 和电流 $I'_{FR} = I_{FR} e^{j\delta}$ 。从始端S侧推算至故障点F处的电压 U_{FS} 与校正后的从末端R侧推算至故障点F处的电压 U'_{FR} 相等,且都等于故障点电压 U_F ,即 $U_{FS} = U_F = U'_{FR} = U_{FR} e^{j\delta}$;从始端S侧推算至故障点F处的电流 I_{FS} 与经同步校正后从末端R侧推算至故障点F的电流 I'_{FR} 之和等于故障电流 I_F ,即 $I_F = I_{FS} + I'_{FR} =$

$I_{FS} + I_{FR} e^{j\delta}$ 。在故障点 F 处,由故障点电压 U_F 和故障电流 I_F 可计算故障导纳 Y_F 为:

$$Y_F = \frac{I_F}{U_F} = \frac{I_{FS} + I'_{FR}}{U_F} = \frac{I_{FS}}{U_F} + \frac{I'_{FR}}{U_F} = \frac{I_{FS}}{U_{FS}} + \frac{I'_{FR}}{U'_{FR}} = \frac{I_{FS}}{U_{FS}} + \frac{I_{FR} e^{j\delta}}{U_{FR} e^{j\delta}} \quad (5)$$

依据基本电路知识,非零导纳的倒数即为阻抗,且注意到 $e^{j\delta} \neq 0$ 恒成立,可得故障阻抗 Z_F :

$$Z_F = \frac{1}{Y_F} = f(D) \quad (6)$$

线路以金属性短路故障为主,即 Z_F 的其虚部为零,可以得到双端量法的测距方程:

$$\text{Im}f(D) = 0 \quad (7)$$

此时,求解一元方程(7)中未知量 D ,即可求得故障测距 $d = DL$ 。

1.2 两段制混合线故障测距原理

由一段架空线和一段电力电缆线连接而成的单接点两段制混合线,如图2所示,度分别为 L_S 和 L_R 的架空线和电力电缆线连接于 P 点,该两段制混合线的全长为 L 。混合线的线路阻抗不均匀,其故障测距不能直接运用均匀传输线方程计算,需要对故障发生在架空线上或电缆线上分别讨论。实现两段制混合线故障测距步骤如下:

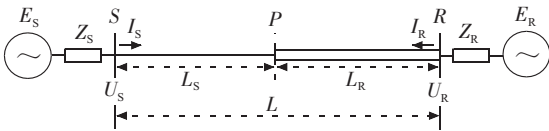


图2 混合输电线路单线

步骤1.当故障发生在接点 P 的左侧,即 L_1 发生故障时,如图3所示。

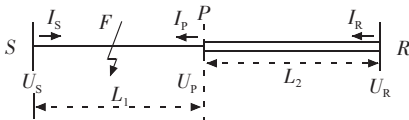


图3 L_1 故障

假设故障发生在架空线上,电缆线没有发生故障。已知架空线单位长度阻抗 Z_{10} 和单位长度导纳 Y_{10} ,其传播常数 $\gamma_1 = \sqrt{Z_{10} Y_{10}}$,特性阻抗为 $Z_{C1} = \sqrt{Z_{10}/Y_{10}}$,电缆线单位长度阻抗 Z_{20} 和单位长度导纳 Y_{20} ,其传播常数 $\gamma_2 = \sqrt{Z_{20} Y_{20}}$,特性阻抗为 $Z_{C2} = \sqrt{Z_{20}/Y_{20}}$,接点 P 处的电压 U_P 和电流 I_P 可由末端母线 R 侧测量电压 U_R 和电流 I_R 按照均匀传输线方程推算得:

$$U_P = U_{PR} = A_{2R} e^{-\gamma_2 L_2} + B_{2R} e^{\gamma_2 L_2} \quad (8)$$

$$I_P = I_{PR} = \frac{A_{2R}}{Z_{C2}} e^{-\gamma_2 L_2} - \frac{B_{2R}}{Z_{C2}} e^{\gamma_2 L_2} \quad (9)$$

假设架空线上的故障点 F 距离始端 S 的长度占 L_1 的百分比为 D_1 ,即故障距离为 $D_1 L_1$ 。依据新方法可计算得 D_1 ,故障点距离始端 S 处的距离占线路全长百分比 D_{1S} :

$$D_{1S} = \frac{D_1 L_1}{L} \quad (10)$$

此时,故障距离 $d_1 = D_{1S} L$ 。

步骤2.当故障发生在接点 P 的右侧,即 L_2 发生故障时,如图4所示。

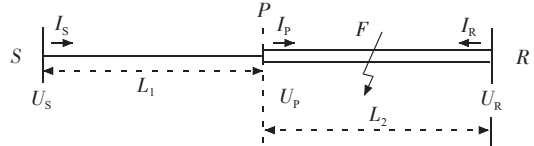


图4 L_2 故障

假设故障发生在电缆线上,即在距离连接点 P 的距离占线路 L_2 的百分比为 D_2 处,架空线没有发生故障。线路 L_1 和 L_2 具体参数同上步骤1中所述,接点 P 处的电压 U_P 和电流 I_P 可由末端母线 R 侧测量电压 U_R 和电流 I_R 按照均匀传输线方程推算得:

$$U_P = U_{PS} = A_{S1} e^{-\gamma_1 L_1} + B_{S1} e^{\gamma_1 L_1} \quad (11)$$

$$I_P = I_{PS} = \frac{A_{S1}}{Z_{C1}} e^{-\gamma_1 L_1} - \frac{B_{S1}}{Z_{C1}} e^{\gamma_1 L_1} \quad (12)$$

参照上述方法求解得:

$$D_{2S} = \frac{D_2 L_2 + L_1}{L} \quad (13)$$

此时,故障距离 $d_2 = D_{2S} L$ 。

步骤3.判断故障区段:架空-电缆混合线路发生故障时,依据上述原理计算可知,当满足 $0 \leq D_1 < 1$ 且 $D_2 < 0$ 时,故障必然发生在电缆线上;当满足 $D_1 > 1$ 且 $0 \leq D_2 < 1$ 时,故障必然发生在架空线上;当满足 $D_1 = 1$ 且 $D_2 = 0$ 时,故障必然发生在架空线和电缆线的连接点 P 上,见表1。

表1 故障点位置判别表

计算结果	故障点位置
$0 \leq D_1 < 1$ 且 $D_2 < 0$	在 L_1 上
$D_1 > 1$ 且 $0 \leq D_2 < 1$	在 L_2 上
$D_1 = 1$ 且 $D_2 = 0$	在连接点 P 上

1.3 $N(N \geq 3)$ 段制混合线故障测距

实际上,混合输电线路通常由多段架空线及多段电力电缆线构成,即如图5所示的 N 段制混合线。 N 段混合线的每段线路长度 $L_i (i=1, 2, \dots, N)$,必然含有 $P_j (j=1, 2, \dots, N)$ 个连接点,每段均由架空线或者电缆线组成,因此每段线路的阻抗不相同,每段线路传播常数 γ_i 和波阻抗 Z_{Ci} ,每段线路长度 L_i 。

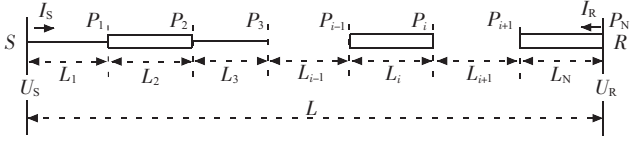


图5 N段制混合线

首先,假设故障发生在第三段线路 L_3 上,该故障区段两端以 P_2 和 P_3 为端点,故障区段百分比 D_3 ,因为线路段 L_1, L_2 为正常运行线路,可从始端 S 侧推算至 L_3 的 P_2 端的电压 U_{P_2} 和电流 I_{P_2} :

$$\begin{bmatrix} U_{P_2} \\ I_{P_2} \end{bmatrix} = \mathbf{M}_1 \mathbf{M}_2 \begin{bmatrix} U_S \\ I_S \end{bmatrix} \quad (14)$$

其中,线路段 L_1, L_2 的推算矩阵 $\mathbf{M}_1, \mathbf{M}_2$ 分别为:

$$\mathbf{M}_1 = \begin{bmatrix} \operatorname{ch}\gamma_1 L_1 & Z_{C1} \operatorname{sh}\gamma_1 L_1 \\ \frac{\operatorname{sh}\gamma_1 L_1}{Z_{C1}} & \operatorname{ch}\gamma_1 L_1 \end{bmatrix}, \mathbf{M}_2 = \begin{bmatrix} \operatorname{ch}\gamma_2 L_2 & Z_{C2} \operatorname{sh}\gamma_2 L_2 \\ \frac{\operatorname{sh}\gamma_2 L_2}{Z_{C2}} & \operatorname{ch}\gamma_2 L_2 \end{bmatrix}$$

从末端 R 侧推算至 L_3 的 P_3 端的电压 U_{P_3} 和电流 I_{P_3} :

$$\begin{bmatrix} U_{P_3} \\ I_{P_3} \end{bmatrix} = \mathbf{M}_4 \mathbf{M}_5 \mathbf{L} \mathbf{M}_i \mathbf{L} \mathbf{M}_{N-1} \mathbf{M}_N \begin{bmatrix} U_R \\ I_R \end{bmatrix} \quad (15)$$

其中,各线路段 L_i 的推算矩阵 \mathbf{M}_i 为:

$$\mathbf{M}_i = \begin{bmatrix} \operatorname{ch}\gamma_i L_i & Z_{Ci} \operatorname{sh}\gamma_i L_i \\ \frac{\operatorname{sh}\gamma_i L_i}{Z_{Ci}} & \operatorname{ch}\gamma_i L_i \end{bmatrix}, (i=4, 5, 6, \dots, N)$$

此时,对于故障线路 L_3 可利用双端电气量 $U_{P_2}, I_{P_2}, U_{P_3}, I_{P_3}$ 按照前述双端非同步故障测距新原理求解故障距离,解得故障点 F 的故障区段百分比 D_3 ,故障线路百分比 D_{3S} 为:

$$D_{3S} = \frac{D_3 L_3}{L} + \eta_3 \quad (16)$$

其中: $\eta_3 = 1/L(L_1 + L_2)$,此时,故障距离 $d_3 = D_{3S}L$ 。

参照前述原理可知,当线路区段 L_i 发生故障时,在该故障点的故障区段百分比为 D_i ,故障线路百分比为 D_{iS} :

$$D_{iS} = \frac{D_i L_i}{L} + \eta_i \quad (17)$$

其中:

$$\eta_i = \frac{1}{L} \sum_{n=1}^{i-1} L_n \quad (18)$$

因此,故障距离 $d_i = D_{iS}L$ 。故障段线路两端 $i-1$ 和 i 的电压电流分别为 $U_{P_{i-1}}, I_{P_{i-1}}$ 和 U_{P_i}, I_{P_i} ,可以从整条线路始末两端电压电流 U_S, I_S 和 U_R, I_R 推算得到:

$$\begin{bmatrix} U_{P_{i-1}} \\ I_{P_{i-1}} \end{bmatrix} = \left(\prod_{n=1}^{i-1} \mathbf{M}_n \right) \begin{bmatrix} U_S \\ I_S \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$\begin{bmatrix} U_{P_i} \\ I_{P_i} \end{bmatrix} = \left(\prod_{n=i+1}^N \mathbf{M}_n \right) \begin{bmatrix} U_R \\ I_R \end{bmatrix} \quad (20)$$

式(19)、(20)即为 N 段混合线故障测距的双端测量变换矩阵方程。

故障区段线路 L_i 的判别。如何确定故障段线路的 D_i 和 D_{iS} 是测距的关键,理论上只有一对 D_i 和 D_{iS} 符合实际故障点。因此提出准确的故障区段搜索算法,算法的程序流程图如图6所示。

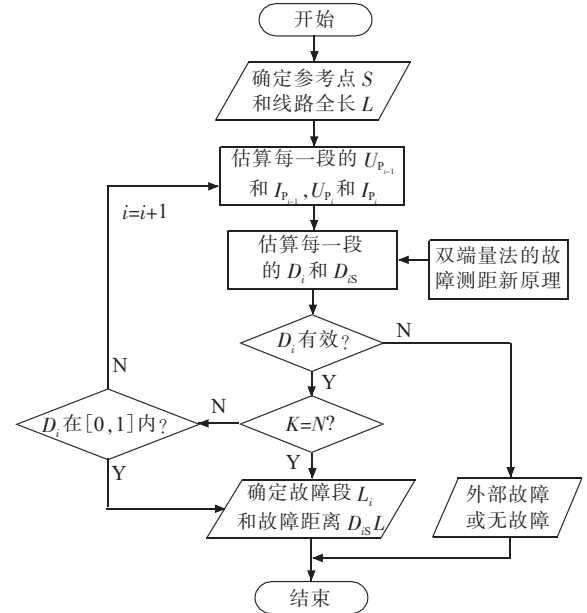


图6 新方法的算法程序流程

第一步,选定线路全长 L 作为基准值;故障点在第 i 段上,距离始端 S 侧 d_i 距离,则 $d_i = D_{iS}L$;

第二步,按照式(19)、(20)计算各段的 $U_{P_{i-1}}, I_{P_{i-1}}$ 和 U_{P_i}, I_{P_i} ,并求得 D_i 和 D_{iS}

第三步,参照两段制混合线故障测距原理, N 段混合线故障测距又有如下3个步骤:

(1) 判断 D_i 是否是一个有效值,若否,则为外部故障或者没有故障;

(2) 当 $i=1, \dots, N-1$ 时,计算 D_i 并判断是否在 $[0, 1]$ 之内,依据双端故障测距原理可以判别 D_i 所在的线路就是故障线路,且距离始端 S 侧的故障距离 $d_i = D_{iS}L$;

(3) 令 $i=N$,线路最后一段 L_N 为故障线路,此时 D_N 就是准确的求解,故障距离为 $d_N = D_{NS}L$ 。

2 算例

采用PSCAD和MATLAB分别进行故障仿真和数值计算来验证提出的新方法。搭建一条长为140 km的500 kV的四段制混合线路,系统模型如图7所示,两侧系统和混合线各区段主要参数见表2和表3。

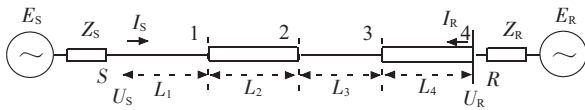


图7 混合线路系统模型

表2 两侧系统参数

两侧系统	S	R
电压/kV	500∠30°	500∠0°
正序阻抗/Ω	0.238+j5.72	0.238+j6.19
零序阻抗/Ω	2.738+j10	0.833+j5.118

表3 线路基本参数

区段	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
长度/km	3	36	90	11
正序阻抗/(Ω·km ⁻¹)	0.016+j0.084	0.038+j0.281	0.048+j0.282	0.061+j0.284
正序电容/(nF·km ⁻¹)	456.9	13.1	13.4	12.6
零序阻抗/(Ω·km ⁻¹)	0.059+j0.065	0.248+j0.834	0.380+j0.989	0.362+j1.046
正序电容/(nF·km ⁻¹)	456.9	7.12	7.17	6.7

仿真采样频率为2 kHz,为克服衰减直流分量的影响,所有测量数据都经数字模拟滤波器进行滤波,且采用全波傅氏滤波算法以得到基本相量。仿真后的数据经MATLAB编程计算得到故障距离 d ,此时的测距绝对误差 Δ :

$$\Delta\% = \frac{|d - d_T|}{L} \times 100\% \quad (21)$$

其中, d_T 为实际故障距离。

2.1 测距结果

设置区段 L_1 单相接地、 L_2 两相接地、 L_2 两相短路、 L_4 三相短路时的故障点 d_T ,故障阻抗 Z_F 为50 Ω,利用新原理计算各区段故障百分比 D_i ,判别故障区段的结果如表4所示。

表4 故障区段判别结果

L_i	d_T /km	故障类型	D_i				i
			D_1	D_2	D_3	D_4	
L_1	0.6	AG	0.203	-1.025	-2.403	-9.330	1
L_2	15	ABG	3.290	0.414	-1.217	-8.226	2
L_3	68	AB	4.824	2.893	0.755	-1.663	3
L_4	6	ABC	7.263	3.867	1.136	0.545	4

从表4中可看出,当单相接地故障时,计算得到的 D_1 为0.203,在 $[0,1]$ 之内,且 D_2, D_3, D_4 均不在 $[0,1]$ 之内,按照前述混合线故障测距新原理可知区段 L_1 发生故障。据此,当两相接地故障时,计算得到的 D_2 为0.414,且 D_1, D_3, D_4 均不在 $[0,1]$ 之内可知故障区段为 L_2 ,同样地,对于 L_3 和 L_4 分别发生两相相间和三相故障时,其对应的 D_3 和 D_4 计算结果为0.775和0.545,且其余区段故障百分比均不在 $[0,1]$ 之内。因此,新方法

在不同短路故障类型下的故障区段判别准确度可靠。

2.2 误差分析

由新原理计算得到的故障区段百分比 D_i ,结合表4中的结果可以求得故障距离 d_i 和测距绝对误差 Δ ,如表5所示。

表5 测距结果与误差

L_i	d_T /km	D_{S_i}	d_i /km	$\Delta/\%$	
				新原理	传统原理
L_1	0.6	0.004	0.609	0.006	0.038
L_2	15	0.128	17.904	0.068	0.102
L_3	68	0.764	106.960	0.029	0.099
L_4	6	0.964	134.995	0.004	0.053

从表5中可以看出,新测距原理的最大绝对误差为0.068%,最小绝对误差为0.004%,较传统的采用故障分析法的混合线故障测距结果的最大绝对误差0.102%和最小绝对误差0.038%相比,测距绝对误差有显著提高。

3 结束语

文中提出了一种多段制混合输电线路故障测距新方法。首先基于输电线路分部参数模型推导了单线双端故障测距新原理。其次,在两段制混合线上利用故障区段判别法得到故障区段后利用双端测距原理实现。最后,在多段制混合线上采用百分比计算法判别得到故障区段,并结合前述双端故障测距新方法实现测距,文中提出的混合线故障测距方法具有普遍应用性。从仿真实验中可以看出,该方法解决了混合线的波速变动和波阻抗不连续的问题,测距简单易行,不需要同步测量,能适用于各种短路故障类型,具有一定的工程实际应用价值。

参考文献:

- [1] 葛耀中. 新型继电保护和故障测距的原理与技术[M]. 第二版. 西安:西安交通大学出版社,2007:256-257.
- [2] LUNDQUIST E J, NAGEL J R, WU S, et al. Advanced Forward Methods for Complex Wire Fault Modeling[J]. IEEE Sensors Journal, 2013, 13(4): 1172-1179.
- [3] HUANG Q, ZHEN W, PONG P W. T. A Novel Approach for Fault Location of Overhead Transmission Line With Noncontact Magnetic-Field Measurement[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2012, 27(3): 1186-1195.
- [4] SHI G H, KANOUN O. Wire Fault Location in Coaxial Cables by Impedance Spectroscopy[J]. IEEE Sensors Journal, 2013, 13(11): 4465-4473.
- [5] LIVANI H, EVRENOSGLU C Y. A Machine Learning and Wavelet-Based Fault Location Method for Hybrid Transmission Lines[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2014, 5(1): 51-59.
- [6] 李园园, 沈军, 朱晓彤, 等. 区域电网电缆—架空线混合线路

参考文献:

- [1] 姚颖蓓, 缪源诚, 庄侃沁, 等. 华东特高压交流工程投产初期 500 kV 短路电流控制策略研究[J]. 华东电力, 2014(12): 2775-2778.
- [2] 姚颖蓓, 缪源诚, 陈浩, 等. 淮沪特高压投产后电磁环网问题研究[J]. 华东电力, 2014(1): 30-32.
- [3] 刘建坤, 胡亚山, 赵静波, 等. 特高压接入对江苏电网的影响展望[J]. 江苏电机工程, 2010, 29(1): 1-3.
- [4] 马恒瑞. 特高压联网后电网限流措施和分区原则的研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
- [5] 李亚东. 大型受端电网限制短路电流措施研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
- [6] 黄弘扬, 徐政, 林晔. 基于故障限流器的直流多馈入受端系统动态分区技术[J]. 中国电机工程学报, 2012, 19: 58-64, 186.
- [7] 董宸, 周霞, 李威, 等. 提升特高压电网输电能力的方法[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(5): 1-4.
- [8] 朱笔能, 张莹. 浅析电网分区间负荷的快速转移[J]. 科技资讯, 2011(4): 126-127.
- [9] 肖帅. 基于 PSO 的特高压落点选择与故障限流器优化配置算法[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [10] 黄坚, 吴奕. 500 kV 主变出串运行带来的影响分析及对策[J]. 电力安全技术, 2010, 12(3): 45-46.

作者简介:

陈倩(1992), 女, 江苏高邮人, 硕士在读, 研究方向为电力系统及其自动化;

汤奕(1977), 男, 江苏溧阳人, 副教授, 主要研究方向为电力系统稳定分析与控制、新能源并网控制技术、智能需求侧响应。

Research on the Jiangsu Short-circuit Current Limiting Strategy During UHV Construction Period

CHEN Qian, TANG Yi

(School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Early production and operation of the Huainan-Shanghai UHV project will form a 1000 kV/500 kV/220 kV electromagnetic loop network along the Jiangsu UHV, which has an impact on the short-circuit current of power grid. BPA short-circuit current calculation result shows that after UHV's access to the Jiangsu power grid, the short-circuit current of the 500 kV bus in Shipai and the 220 kV bus in load intensive subsystem of western Suzhou increases in different degrees. According to the phenomenon, a short-circuit current suppression measures based on the strategy of dynamic partitioning including unlocking the electromagnetic loop network and load transfer is proposed, along with the analysis of actual examples. Case analysis verifies the reliability of the proposed current limiting measures, and provides a reference value for reducing the short-circuit current in engineering practice.

Key words: Jiangsu UHV; three-level electromagnetic loop network; short-circuit current; zoning control strategy

(上接第 20 页)

- 故障区间判别方法及实现[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(2): 64-68.
- [7] NIAZY I, SADEH J. A New Single Ended Fault Location Algorithm for Combined Transmission Line Considering Fault Clearing Transients Without Using Line Parameters[J]. Electrical Power and Energy Systems, 2013, 44: 816-823.
- [8] 杨军, 伍咏红, 江文波, 等. 基于双端故障信息的高压电缆架空线混合线路故障测距方法[J]. 电网技术, 2010, 34(1): 208-213.
- [9] 曾惠敏, 林富洪. 高压电缆—架空线混合线路相位测距法[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(9): 82-87.

作者简介:

王涛(1992), 男, 江苏宜兴人, 本科, 从事配电网运行与检修方面的工作;

李澄(1987), 男, 江苏江阴人, 硕士, 从事电力系统继电保护与故障测距方面的研究工作。

A New Method of Fault Location for Hybrid Transmission Line

WANG Tao, LI Cheng

(Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214400, China)

Abstract: In recent years, the number of the hybrid transmission line fault location problems raises due to the increasing numbers of cable lines. This paper proposes a new hybrid transmission line fault location method based on the percentage of line calculation. A more reliable and accurate calculation method based on distributed parameter model is proposed. The fault location is determined by calculating the percentage of each line segment, in which sequence component method is used to solve the fault distance without double-ended synchronization data. The two-terminal-data method can effectively overcome the disadvantage of single-terminal-data method which is easily affected by power system operation states and parameters. Simulation results show that the proposed method for fault location is reliable, effective, and accurate. The proposed method is promising in engineering applications with the growing number of cables.

Key words: hybrid transmission line; fault impedance calculation; percentage of segment; percentage of line