

同杆并架输电线路跨线故障识别元件

索南加乐, 刘 东, 谢 静, 焦在滨, 陈 勇, 孟祥来

(西安交通大学电气工程学院, 陕西省西安市 710049)

摘要: 通过对线路发生单纯性故障与跨线故障情况下的正、负序故障分量阻抗关系和正、负序故障分量电流幅值关系的分析, 提出了一种判别电力系统发生跨线故障的判别元件。单纯性故障时, 正负序阻抗角相等、正负序阻抗幅值相等、正序故障分量电流幅值不小于负序电流幅值; 而当发生跨线故障时, 以上关系不再成立, 由此便可以得到系统发生跨线故障的判据。该判别元件原理简单, 动作灵敏度高, EMTP 仿真和现场录波数据验证了该判别原理的准确性。

关键词: 故障选相; 同杆并架输电线路; 跨线故障; 线路保护; 故障分量

中图分类号: TM773; TM755

0 引言

当前, 电网建设已进入了以高电压、远距离、大容量为标志的新阶段, 区域性大电网已形成, 全国联网也将在不久的将来实现。建设同杆并架多回输电线路对提高单位传输线路走廊宽度下的输电容量, 解决超高压输电线路走廊紧张问题是一个很有效的解决方法。同杆并架双回线是其中较典型的形式, 由于其工程造价低、占用走廊宽度小、建设周期短、运行维护简单、经济效益显著, 因此得到了广泛的应用。另外, 大型发电厂及变电所由于其出线走廊的限制, 大多也都采用同杆结构。

同杆并架输电线路故障的主要特点是有跨线故障, 而当系统发生跨线故障时, 往往会影响到方向元件、距离元件及选相元件的正确动作^[1-9]。例如, 2005 年 5 月 1 日, 山西省新马 I 回、II 回同杆并架双回线发生 I B II C 跨线故障, 两侧纵联距离保护未快速动作, 其原因就是由于方向元件的误判使保护被闭锁。再如从 1997 年到 2000 年的 4 年间, 黑龙江电网就发生了多起跨线故障导致继电保护误动^[2]。因此, 对同杆并架输电线路跨线故障继电保护方案进行研究, 有着重要的理论价值, 也是生产实际的迫切需要^[6-9]。

1 跨线故障对方向、距离及选相元件的影响

目前应用于超高压同杆并架输电线路的保护主要有分相式电流纵联差动保护、纵联方向及纵联距离保护。分相式纵联保护具有天然的选相跳闸能力, 但其需要有光纤通道, 这里不进行讨论。现仅对

跨线故障对方向及距离纵联保护的影响进行简单的分析。系统示意图如图 1 所示。

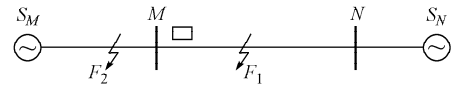


图 1 系统示意图
Fig. 1 Fault system model

当发生区内故障时, 有

$$\begin{cases} \Delta \dot{U}_{Mi} = -Z_{Mi} \Delta \dot{I}_{Mi} \\ \Delta \dot{U}_{Ni} = -Z_{Ni} \Delta \dot{I}_{Ni} \end{cases}$$

而当发生区外故障时, 有

$$\begin{cases} \Delta \dot{U}_{iM} = -Z_{Mi} \Delta \dot{I}_{Mi} \\ \Delta \dot{U}_{Ni} = (Z_{Mi} + Z_{Li}) \Delta \dot{I}_{Ni} \end{cases}$$

式中: $\Delta \dot{U}_{Mi}$, $\Delta \dot{I}_{Mi}$, $\Delta \dot{U}_{Ni}$, $\Delta \dot{I}_{Ni}$ 分别为 M 侧和 N 侧的电压、电流故障分量; Z_{Mi} , Z_{Ni} , Z_{Li} 分别为 M, N 侧系统阻抗及线路阻抗。

方向元件就是根据以上特征来判方向的。当发生跨线故障时, 保护安装处测量到的故障分量是两故障源叠加的结果, 因而以上关系可能遭到破坏, 使得方向元件会误判为区外故障而闭锁保护, 使保护拒动。

对于突变量距离保护中的阻抗元件, 其动作方程为:

$$|\Delta U_{op}| > U_z$$

式中: U_{op} 为工作电压; U_z 为整定门槛。

对于相间故障, 有

$$U_{op\varphi\varphi} = U_{\varphi\varphi} - I_{\varphi\varphi} Z_{zd}$$

式中: Z_{zd} 为整定阻抗。

对于接地故障, 有

$$U_{op\varphi} = U_{\varphi} - (I_{\varphi} + kI_0) Z_{zd}$$

在跨线故障时,保护安装处得到电压、电流是两故障源叠加作用的结果,因此,无论是利用相间故障算法还是接地故障算法都有可能误动作(见许继电气股份有限公司, WXH-801/802 数字式微机线路保护装置, 2003)。

由于单相重合闸及选相跳闸的需要,故障选相成为(超)高压输电线路继电保护中的一个关键环节,而且一些保护元件如距离元件的正确动作及故障测距,也必须事先知道准确的故障相别。目前常用的选相元件主要有相电流差突变量选相、阻抗选相、电压选相、零负序电流选相、序电压选相等。对于区内、外单纯性故障,上述各选相元件都具有不错的选相效果;而当系统发生跨线故障时,以上元件皆存在不足,以致难以选出正确的故障相^[6-12]。

基于以上跨线故障对保护的选相元件、方向元件及选相元件影响的分析,可以得出如下结论:当系统发生跨线故障时,方向元件可能拒动、距离元件可能误动、选相元件可能误选相。因此有必要找到跨线故障判别元件,来防止方向元件和距离元件的拒动或误判,同时配合选相元件给出正确的故障相别以供某些保护及故障测距使用。

目前的继电保护装置中,没有专门的跨线故障判别元件。文献[6]中给出了一种跨线故障判别元件,该选相元件利用电压选相元件的结果,通过两故障相分别与健全相构成的工频变化量方向元件来进一步区分区内故障相别,但该元件只能用于出口或近端的不对称跨线故障。文献[8]中提出了用模糊控制的方法来防止跨线故障时的误选相,但并没有给出具体的方法。文献[9]中提出了一种由故障电压比较、故障相电流相位判别构成的综合选相元件,配合相电流差突变量及零序、负序选相元件,来识别跨线故障及转换性故障的发生,但其需要使用分相式通道,并在判断两侧选相结果后才跳闸。文献[12,13]中分别给出了基于六序故障分量的同杆双回线在跨线故障情况下的故障选相和准确故障定位方法,该方法在理论上是完善的,基本解决了同杆双回线中跨线故障的故障选相和定位问题,但由于需要引入双回线路的电气量,与目前保护装置按单元配置的原则不符,故无法应用到现场运行的保护装置中去。文献[14]中分析了转换性故障情况下无通道保护的动作性能,由分析可知,当故障的转换时间大于无通道保护对对端断路器动作的确认时间时,无通道保护无法正常工作。

本文提出了一种跨线故障判别元件,它综合利用了正负序阻抗之间相位及幅值关系、正负序故障分量电流幅值关系来判断系统是否发生了跨线故

障。该判别元件原理简单,动作灵敏度高,且不受负荷电流、过渡电阻及电力系统振荡的影响。

2 跨线故障特征分析

本文中用于说明原理的系统示意图如图 1 所示, M 侧为保护安装处。下面的分析都是以 A 相作为基准相进行的。

2.1 单纯性故障特征分析

2.1.1 正负序阻抗之间的关系

图 2 给出了在保护区内、区外发生单纯性故障时正、负、零序故障分量的等效序网图。图中, $i=1, 2, 0$, 分别表示正、负、零序分量。

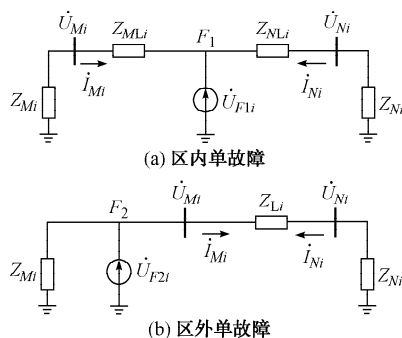


图 2 单纯性故障时各序故障分量等效图
Fig. 2 Sequences fault networks during simple fault

令 $Z_1 = \frac{\Delta \dot{U}_1}{\Delta \dot{I}_1}$, $Z_2 = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2}$, $Z_0 = \frac{\dot{U}_0}{\dot{I}_0}$, 分别表示正、

负、零序故障分量阻抗。

当系统发生区内或区外单纯性故障时,由于故障源仅位于故障点处,且线路正、负序阻抗基本相等,因此正、负序故障网络是相同的。这样在网络的任意一点处都有:

$$Z_1 = Z_2 \quad (1)$$

由式(1)可以分别得到单纯性故障时正负序阻抗幅值关系及相角关系:

$$\begin{cases} \arg Z_1 = \arg Z_2 \\ \left| \frac{\Delta \dot{U}_1}{\Delta \dot{I}_1} \right| = \left| \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \right| \end{cases} \quad (2)$$

2.1.2 正负序故障分量电流之间的关系

当发生单纯性故障时,对于单相接地和两相相间短路故障,在故障源处有: $I_2 = \Delta I_1$; 对于两相接地和三相短路故障有: $I_2 < \Delta I_1$ 。因而,对于单纯性故障有如下关系:

$$I_2 \leq \Delta I_1 \quad (3)$$

若假定系统正、负序分支系数相等,则在保护安装处也存在同样的关系。

由以上分析可以得出,当系统发生区内单纯性

故障时,以下关系一定成立:

1)由式(2)中的阻抗角关系变形得到的单纯性故障时正负序阻抗角关系式:

$$\arg \frac{Z_1}{Z_2} = 0 \quad (4)$$

2)由式(2)中的幅值关系经变换得到的关系式:

$$\left| \frac{\dot{U}_2}{\Delta \dot{U}_1} \right| = \left| \frac{\dot{I}_2}{\Delta \dot{I}_1} \right| \quad (5)$$

3)式(3)给出的正负序故障分量电流关系式。

2.2 跨线故障特征分析

图3给出了系统发生跨线故障时正、负、零序故障分量的等效序网图。

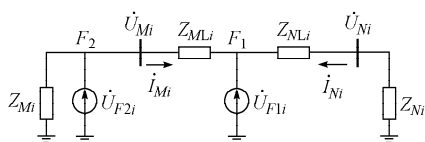


图3 跨线故障时各序故障分量等效图

Fig. 3 Sequences fault networks during duplicate fault

2.2.1 正负序阻抗之间的关系

当发生跨线故障时,由于故障源位于保护的两侧,且两故障源电势的相角不同(如区内、外不同相发生不对称跨线故障时,两故障源电势相差 120° ;发生对称跨线故障时,两故障源电势相差 180°),保护测量到的电气量是两侧故障源叠加的结果,因而以上单故障时正、负序阻抗幅值及相角之间的关系式(2)将不再成立。

2.2.2 正负序故障分量电流之间的关系

对于正、负序故障分量电流关系,当系统发生近端跨线故障时,至少有一相电流要反向,从而三相电流形成逆序关系,因而负序电流将大于正序故障电流,即

$$I_2 > \Delta I_1 \quad (6)$$

另外,当发生出口处的对称跨线故障时,正、负序电压将会变得很小,即 $U_1 \approx U_2 \approx 0$,以致无法得到正负序阻抗关系。但使得正、负序电压变得很小的原因只可能有2种:或者是区内或区外的出口处三相短路,或者就是出口处的对称跨线故障。显然,仅使用电压量是无法区分出口三相短路和对称跨线故障的,因此可以考虑引入电流量来对其进行区分。出口三相短路时,负序电流仅仅是由于暂态不平衡量引起的,因此非常小,且历时较短;而对称跨线故障时,则有非常大的负序电流。由此便可以区分三相短路和对称跨线故障。例如,可以采用以下辅助判据作为出口对称跨线故障的依据:

$$\begin{cases} U_1 < k_v U_n \\ I_2 > k_A I_1 \end{cases} \quad (7)$$

式中: U_1 为正序电压; U_n 为额定电压; I_1, I_2 分别为正负序电流分量。

$U_1 < k_v U_n$ 表示发生了三相短路或对称跨线故障。由于该条件仅需要判别是否发生了出口处的对称故障(包括三相短路和对称跨线故障),而出口对称跨线故障时, U_1 仅由暂态不平衡量引起,一般情况下其值小于 $0.1 U_n$,故 k_v 可选取得较小,例如取为 $0.2 \sim 0.3$ 。由 $I_2 > k_A I_1$,则可以排除三相短路的可能,其中 k_A 的选取仅需避开三相短路时由暂态信号所产生的负序不平衡量即可,考虑到一定的裕度后, k_A 可取为 $0.4 \sim 0.6$ 。因此当式(7)中的2个条件同时成立时,同样判为发生了跨线故障,且为对称跨线故障。

由以上分析可以得出,当系统发生跨线故障时,单纯性故障情况下的故障特征将不复存在,由此便可以得到跨线故障的判据。

3 跨线故障判据

由式(4)可以得到跨线故障的判据1:

若

$$\left| \arg \frac{Z_1}{Z_2} \right| > \theta \quad (8)$$

则判为发生了跨线故障。其中 θ 为整定门槛值,为了区分单纯性故障和跨线故障,而在单纯性故障时正负序阻抗角之差为0,考虑到电流互感器传变及故障时的暂态信号对相位计算的影响, θ 可取为 $40^\circ \sim 60^\circ$ 。

由式(5)可以得到跨线故障的判据2:

若

$$\left| \frac{\dot{U}_2}{\Delta \dot{U}_1} \right| > k \left| \frac{\dot{I}_2}{\Delta \dot{I}_1} \right| \text{ 或 } \left| \frac{\dot{I}_2}{\Delta \dot{I}_1} \right| > k \left| \frac{\dot{U}_2}{\Delta \dot{U}_1} \right| \quad (9)$$

则认为是发生了跨线故障。其中 k 为比例系数,可取为 $1.2 \sim 1.5$ 。

由式(6)可以得到跨线故障判据3:

若

$$I_2 > k_1 \Delta I_1 \quad (10)$$

则认为是发生了跨线故障。其中 k_1 为比例系数,可取为 $1.2 \sim 1.5$ 。

由式(7)可得到发生出口处对称跨线故障时的辅助判据:若式(7)成立,则认为发生了出口处的对称跨线故障。

以上3个判据及辅助判据有各自的适用范围,一般情况下,式(8)和式(9)都具有不错的效果。但

对于出口处的对称性跨线故障,由于正、负序电压很小,即 $U_1 \approx U_2 \approx 0$,无法得到阻抗关系,判据 1 和判据 2 均无法使用。因此在 U_2 小于设定门槛值时不应启动判据 1 和判据 2。对于判据 3,主要用于近端及出口故障。而辅助判据则主要作为出口处发生对称跨线故障时的判别元件。

系统非全相运行时,相当于保护区内已经发生了单纯性故障,若此时又发生了区外故障,则本文所提出的跨线故障判别元件会误判为发生了跨线故障,故当系统非全相运行时,应将该元件退出。对于非全相运行时再发生区内故障,可由发展性故障判别元件来判别^[15]。

4 数字仿真

本文使用图 4 所示的 250 km,500 kV 双端电源、双回输电线路系统为模型进行仿真,用 EMTP 进行电力系统仿真,并用 MATLAB 进行故障判据仿真。

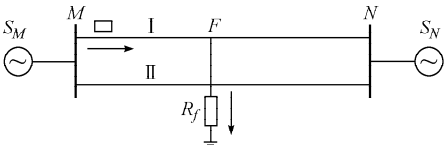


图 4 跨线故障系统模型

Fig. 4 Simulation system model under cross-country fault

保护装设于 M 端,被保护线路为第 I 回线路。母线 M 端和 N 端背侧的系统参数分别为: $Z_{M1} = j60.00 \Omega$, $Z_{N1} = j45.20 \Omega$, $Z_{M0} = j46.80 \Omega$, $Z_{N0} = j22.01 \Omega$ 。线路分布参数的单位长度的参数为: $Z_1 = (0.027 + j0.303) \Omega/\text{km}$, $C_1 = 14.19 \text{ nF}/\text{km}$, $Z_0 = (0.195 + j0.695) \Omega/\text{km}$, $C_0 = 20.03 \text{ nF}/\text{km}$ 。

仿真中两端电源等效电势相角差为 30° ,采样频率为 1 kHz,滤波数据窗长度为 20 ms。下面给出在两处不同故障点发生各种类型跨线故障时的仿真结果。

当跨线故障发生在距 M 端 50 km 处时,仿真结果如表 1 所示。

当 M 端出口处发生跨线故障时,仿真结果如表 2 所示。

从表 1 和表 2 中可以看出,判据 1 对不对称跨线故障具有良好的判别效果;判据 2 对除了对称跨线故障以外的所有类型故障均具有较高的灵敏度;判据 3 及辅助判据则对于出口对称和不对称跨线故障有较高的灵敏度。

表 1 距 M 端 50 km 处跨线故障的仿真结果
Table 1 Results of the simulations when cross country fault occurred 50 km away from M end

实验项目		$\arg \frac{Z_1}{Z_2}$	$\frac{\Delta U_{21}}{\Delta I_{21}}$	$\frac{I_2}{\Delta I_1}$
区内	区外			
AG	BG	-63.3	0.45	1.27
AG	CG	63.5	0.50	1.27
BG	AG	73.0	0.43	1.32
BG	CG	-63.1	0.55	1.25
CG	AG	-63.4	0.43	1.28
CG	BG	69.3	0.45	1.31
ABG	CG		0.19	0.68
ACG	BG		0.19	0.69
BCG	AG		0.18	0.68
AG	BCG		0.08	1.75
BG	ACG		0.08	1.72
CG	ABG		0.08	1.78

注: $\Delta U_{21} = U_2 / \Delta U_1$; $\Delta I_{21} = I_2 / \Delta I_1$; 实验项目中的区内和区外分别表示跨线故障时 I 回线和 II 回线上的故障相别,下同。

表 2 M 端出口处跨线故障的仿真结果
Table 2 Results of the simulations when cross country fault occurred at the M end

实验项目		$\arg \frac{Z_1}{Z_2}$	$\frac{\Delta U_{21}}{\Delta I_{21}}$	$\frac{I_2}{\Delta I_1}$	$\frac{U_1}{U_n}$	$\frac{I_2}{I_1}$
区内	区外					
AG	BG	-65.5	0.39	1.41	0.36	1.45
AG	CG	76.8	0.38	1.49	0.35	1.43
BG	AG	77.1	0.36	1.45	0.37	1.50
BG	CG	-68.0	0.40	1.35	0.37	1.46
CG	AG	-66.5	0.39	1.37	0.36	1.39
CG	BG	77.0	0.37	1.45	0.37	1.50
ABG	CG			0.70	0	0.70
ACG	BG			0.70	0	0.70
BCG	AG			0.71	0	0.70
AG	BCG			2.00	0	2.20
BG	ACG			2.00	0	2.10
CG	ABG			2.00	0	2.00

5 现场录波数据验证

下面用山西省新马双回线跨线故障的录波数据对本文提出的判据进行验证。2005 年 5 月 1 日,山西省新马线 I 回,II 回同杆并架双回线发生 I B II C 跨线故障。其系统接线图如图 5 所示,线路长度为 21 km。

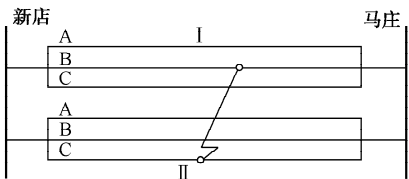


图 5 新马线系统接线

Fig. 5 Xin-Ma system model

故障发生在 $t=0$ 时刻,采样频率为 1 200 Hz,即每周期采样 24 点,原始数据如图 6 所示。

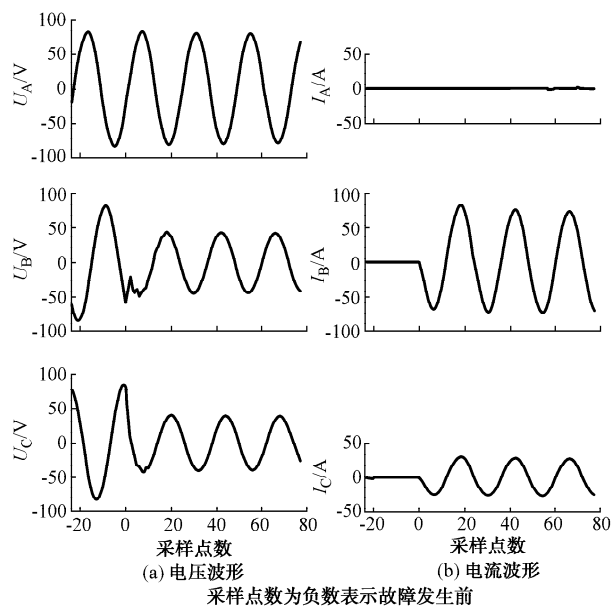


图 6 原始电压、电流波形

Fig. 6 Initial voltage and circuit waveform

针对以上录波数据,利用本文所提出的判据进行验证,验证结果如图 7 所示。

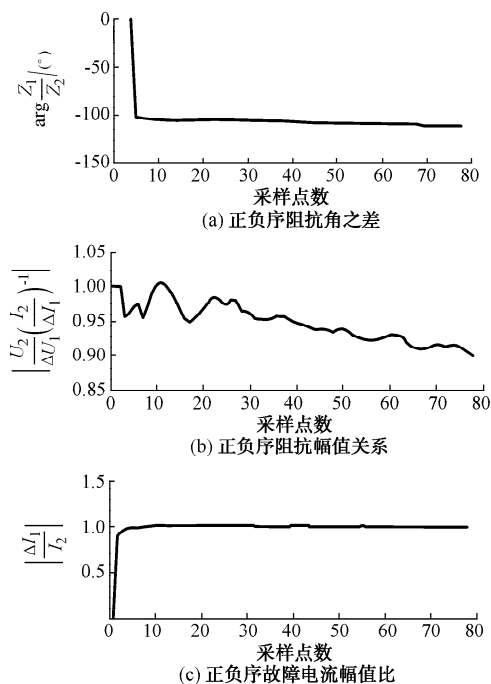


图 7 录波数据仿真结果

Fig. 7 Result of simulation for fault data

由于故障的特殊性,本文提出的判据 2 和判据 3 不会动作,但从图 7(a)中可以清楚看出,用本文提出的判据 1 可以准确判断跨线故障的发生,并且具

有较高的灵敏度。

6 跨线故障处理策略

本判别元件主要与方向元件、距离元件和选相元件配合使用以防止保护的误动、拒动和误选相。

6.1 与方向元件的配合

当发生跨线故障时,方向元件可能会拒动。假如能准确判断出跨线故障的发生,那么说明保护正方向一定有故障存在,此时就可以采取相应的措施,如开放方向元件,以防止保护的拒动。跨线故障判别元件与方向元件配合使用的一种方案为:跨线故障判别元件与方向元件“或”门输出作为正方向故障的判据。

6.2 与距离元件的配合

对于距离保护,在发生跨线故障时,距离元件可能误动。在目前的保护装置中,为防止其在跨线故障时误动作,往往采取一些如提高整定值的措施,这样必然使得保护对区内单纯性故障的灵敏度降低。当采用了跨线故障识别元件后,就可以有效提高保护对区内单纯性故障的灵敏度;当系统发生单纯性故障时,使用灵敏度高、只适用于单纯性故障的距离元件,提高灵敏度;而当发生跨线故障时,使用灵敏度低、但不受跨线故障影响的距离元件。

6.3 与选相元件的配合

当系统发生跨线故障时,选相元件可能会误选相。目前防止误选相的方法同样是以牺牲区内单纯性故障情况下选相元件灵敏度为代价的。使用了跨线故障识别元件后,就可以根据系统是否发生跨线故障而自适应地选择不受跨线故障影响的、不灵敏的选相元件和只适用于单纯性故障的高灵敏度选相元件。

7 结语

本文通过对线路发生单纯性故障与跨线故障情况下正、负序故障分量阻抗的相角和幅值关系以及正、负序故障分量电流幅值之间的关系分析,提出了一种判别电力系统发生跨线故障的识别元件。该判别元件原理简单,动作灵敏度高,且不受负荷电流、过渡电阻及电力系统振荡的影响。通过与方向元件、距离元件和选相元件的配合,可以防止保护拒动或误动,并有效提高配置于双回输电线路的保护在区内单纯性故障情况下的灵敏度。

参考文献

- [1] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术. 西安: 西安交通大学出版社, 1996.
- GE Yaozhong. New type of protective relaying and fault location their theory and techniques. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1996.

- [2] 白铮,田伟,肖荣国. 几例 WXB-11 型微机保护转换性故障误动分析. 继电器, 2002, 28(5): 47-50.
BAI Zheng, TIAN Wei, XIAO Rongguo. Some examples of mal-operation of WXB-11 microprocessor based protection at transitional fault. Relay, 2002, 28(5): 47-50.
- [3] 唐海军,杨承卫. 一起多重性转换性故障的调查与分析. 继电器, 2004, 32(24): 69-71.
TANG Haijun, YANG Chengwei. Investigation and analysis of a multiplex translating fault. Relay, 2004, 32(24): 69-71.
- [4] TALBOT P D, BO Z Q, DENNING L, et al. Real-time simulation of critical evolving fault condition on a 500 kV transmission network for testing of high performance protection relays// Proceedings of 2000 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting; Vol 3, Jan 23-27, 2000, Singapore. Piscataway, NJ, USA; IEEE, 2000: 1923-1927.
- [5] SU Bin, DONG Xinzhou, SUN Yuanzhang, et al. Impact of evolving fault on fault phase selector based on differential superimposed phase currents// Proceedings of 2003 IEEE Power Engineering Society General Meeting; Vol 4, Jul 13-17, 2003, Toronto, Canada. Piscataway, NJ, USA; IEEE, 2003: 2140-2144.
- [6] 毛鹏,董肖红,杜肖功,等. 输电线路复故障情况下选相元件研究. 电力系统自动化, 2005, 29(1): 53-56.
MAO Peng, DONG Xiaohong, DU Xiaogong, et al. Study of faulted phase selector element for duplicate faults of transmission lines. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(1): 53-56.
- [7] 孔伟彬,朱晓彤,张俊洪,等. 同杆双回线上零序功率方向继电器的误判问题. 电力系统自动化, 2002, 26(22): 45-48.
KONG Weibin, ZHU Xiaotong, ZHANG Junhong, et al. Wrong judgment of zero sequence directional relay on double-line on the same pole. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(22): 45-48.
- [8] 余波,范伟,李轶群,等. 保护在同杆双回线动模试验中的动作分析. 电力自动化设备, 2002, 22(11): 11-15.
YU Bo, FAN Wei, LI Yiqun, et al. Performance analysis of line protection in dynamic simulation of double lines on same tower. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(11): 11-15.
- [9] 余波,杨奇逊,李营,等. 同杆并架双回线路保护选相元件研究. 中国电机工程学报, 2003, 23(4): 38-42.
YU Bo, YANG Qixun, LI Ying, et al. Research on fault phase selector of protective relay for double circuit lines on the same tower. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(4): 38-42.
- [10] 许庆强,索南加乐,宋国兵,等. 一种电流故障分量高压线路保护选相元件. 电力系统自动化, 2003, 27(7): 50-54.
XU Qingqiang, SUONAN Jiale, SONG Guobing, et al. A fault phase selector for transmission line protective relaying using current fault components. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(7): 50-54.
- [11] 索南加乐,王树刚,张超,等. 一种反应环流电流的平行双回线保护选相元件. 电力系统自动化, 2004, 28(15): 47-52.
SUONAN Jiale, WANG Shugang, ZHANG Chao, et al. New fault phase selector for double-circuit lines protective relaying based on differential fault current components. Automation of Electric Power, 2004, 28(15): 47-52.
- [12] 索南加乐,葛耀中,陶惠良,等. 同杆双回线的六序选相原理. 中国电机工程学报, 1991, 11(6): 1-9.
SUONAN Jiale, GE Yaozhong, TAO Huiliang, et al. The micro-processor based fault phase indicator for the double circuit line on the same tower using six sequence components. Proceedings of the CSEE, 1991, 11(6): 1-9.
- [13] 索南加乐,葛耀中. 同杆双回线跨线故障的准确故障定位方法. 中国电机工程学报, 1992, 12(3): 1-9.
SUONAN Jiale, GE Yaozhong. A new accurate fault locating method of the fault between two lines on the double circuit line on the same tower. Proceedings of the CSEE, 1992, 12(3): 1-9.
- [14] 施慎行,董新洲,周双喜,等. 转换性故障下无通道保护动作性能分析. 电力系统自动化, 2004, 28(11): 6-8.
SHI Shenxing, DONG Xinzhou, ZHOU Shuangxi, et al. Performance analysis of adaptive non-communication relay protection operation under evolved fault condition. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(11): 6-8.
- [15] 许庆强. 高压输电线路方向比较式纵联保护新原理与新技术的研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2005.
XU Qingqiang. Study on new principles and technique of the direction comparison pilot protection for HV transmission line [D]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University, 2005.

索南加乐(1960—),男,教授,博士生导师,主要从事电力系统继电保护的的教学与科研工作. E-mail: suonan@263.net

刘东(1982—),男,硕士研究生,主要从事电力系统继电保护的研究。

谢静(1983—),女,硕士研究生,主要从事电力系统继电保护的研究。

Cross Country Fault Identifier for Power System Transmission Line on a Same Pole

SUONAN Jiale, LIU Dong, XIE Jing, JIAO Zaibin, CHEN Yong, MENG Xianglai

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

Abstract: Based on the analysis on the relationship of the positive and the negative sequence impedance, also the positive and negative fault component current under simple and duplicate fault conditions, a cross-country fault identifier is proposed. Under the circumstance of simple fault on double circuit transmission lines, the positive-sequence impedance is equal to the negative-sequence impedance, and the positive fault component current is equal to or greater than the negative circuit. But the relationships above do not exist under the duplicate fault. Based on this criterion, the cross-country fault identifier is designed. EMTP simulations and fieldwork data test results show that the cross-country fault identifier is correct and reliable.

Key words: fault phase selection; power system transmission line on the same pole; cross-country fault; line protection; fault component