

同杆双回线的六相序阻抗距离保护方案研究

孟远景¹, 鄢安河¹, 李瑞生², 胡家跃¹

(1. 河南省电力公司, 河南 郑州 450002; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 指出了传统距离保护应用于同杆双回线时所存在的一些问题, 如发生单回线接地故障时, 由于相邻线零序电流的影响, 会使测量阻抗的大小不能正确反映故障距离, 导致保护拒动或超越; 由于只使用单回线单侧电气量, 使距离保护不能正确地反映双回线的跨线不接地故障等, 提出了新型的同杆双回线的距离保护方案——基于六相序的距离保护方案, 分析了六相序距离保护应用于同杆双回线时保护特性及相应的问题, 并针对这些问题提出了改进方法。改进后的六相序距离保护可以很好地应用于同杆并架双回输电线路中, 作为差动保护的后备保护, 可以在单回线故障或跨线故障情况下正确地选择出故障线路。

关键词: 同杆双回线; 距离保护; 六相序阻抗距离保护

The study on six phase sequence distance relay protection scheme for double-circuit lines on the same pole

MENG Yuan-jing¹, YAN An-he¹, LI Rui-sheng², HU Jia-yue¹

(1. Electric Power of Henan, Zhengzhou 450002, China; 2. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper points out the existence of a series of problems about double-circuit lines on the same pole with the distance relay, such as measure resistance is influenced by adjacent line zero sequence compensation current on single-circuit line ground faults. A new distance relay protection scheme —— six phase sequence distance relay scheme is introduced in this paper. Some question of the scheme applied in double-circuit lines on the same pole is pointed, at the same time, a new modified six phase sequence distance relay scheme is introduced. The modified six phase sequence distance relay protection introduces adjacent line zero sequence current only on ground faults single-circuit line. It can reflect the cross-country fault and single-circuit lines faults. The scheme can be used as back up protection as the differential protection in high voltage double-circuit lines on the same pole.

Key words: double-circuit transmission lines on the same pole; distance relay protection; six phase sequence distance relay protection

中图分类号: TM773 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)06-0012-06

0 引言

近年来, 电力规划部门为节约输电走廊, 降低投资, 220 kV 及以上电压等级的线路愈来愈多的采用同杆并架方式, 同杆线路对于保护来说重要的问题就是线路发生跨线故障时保护如何识别区内故障相, 目前的同杆双回线的主保护采用光纤分相电流差动保护, 光纤通道故障时退出纵联保护, 采用横差保护作为主保护, 以零序保护与距离保护作为同杆双回线的后备保护。

距离保护是利用短路时电压、电流同时变化的特征, 反应故障点到保护安装处的距离而工作的继电保护装置, 同杆并架双回线的距离保护可以按两个单回线分别进行配置来构成, 在发生单回线接地故障时, 非故障回线中也将流过零序电流, 由于零

序互感的影响, 使得测量阻抗的大小不能正确反映故障距离, 会导致保护拒动或超越; 同时采用单回线单侧电气量的距离保护不能正确地反映双回线的跨线不接地故障。

为了更好地利用距离保护, 使距离保护能够有效地反映同杆双回线的各种故障, 就需要对传统的距离保护方法进行改进, 为此本文提出了一种新的距离保护方案——基于六相序的距离保护, 该保护方案解决了零序互感对距离保护的影响, 同时对于跨线故障也可以正确动作, 提高了距离保护的工作性能。

1 现有的同杆双回线距离保护及存在的问题

1.1 传统的阶段式距离保护

传统的阶段式距离保护是利用本回线的三相电

流与三相电压构成距离保护, 其保护定值的整定按单回线进行, 距离保护的動作特性是复合特性:

$$|Z_{cl}| < |Z_{set}| \quad \text{且} \quad -90^\circ < \arg \frac{Z_{cl}}{Z_{set}} < 90^\circ \quad (1)$$

式中: Z_{cl} 是指测量阻抗; Z_{set} 是指整定阻抗, 整定到全长的 85%, 其测量方程为

$$\dot{U}_\phi = Z_{cl} (\dot{I}_\phi + K\dot{I}_0) \quad (2)$$

其中: $K = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}$ 为零序电流补偿系数, 接地距离继电器的测量阻抗为

$$Z_{cl} = \dot{U}_\phi / (\dot{I}_\phi + K\dot{I}_0) \quad (3)$$

1.2 传统距离保护应用于同杆双回线时保护存在的问题

1.2.1 双回线内部接地故障时接地距离保护的動作特性(图 1)

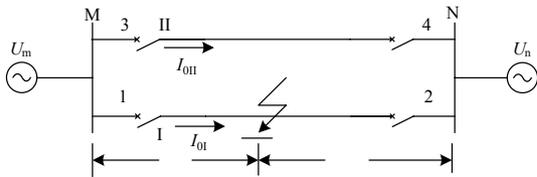


图 1 双回线内部接地故障

Fig.1 Parallel transmission line ground faults on the same pole

此时 M 侧故障相母线电压为:

$$\dot{U}_\phi = \alpha Z_1 (\dot{I}_{\phi I} + K\dot{I}_{0I}) + \alpha Z_m \dot{I}_{0II} \quad (4)$$

式中: $\dot{I}_{\phi I}$ 、 \dot{I}_{0I} 分别为线路 I 的故障相电流及零序电流; \dot{I}_{0II} 为线路 II 的零序电流; Z_1 、 Z_m 分别为单回线的正序阻抗及双回线间的零序互阻抗; α 为短路点距离占全线长度的比例。传统距离保护 I 中接地距离继电器的测量阻抗为

$$Z = \alpha Z_1 + \alpha \frac{\dot{I}_{0II}}{\dot{I}_{\phi I} + K\dot{I}_{0I}} Z_m \quad (5)$$

从式(5)可以看出, 若 \dot{I}_{0II} 和 \dot{I}_{0I} 方向相同, 则继电器的测量阻抗增大, 保护区缩短; 若 \dot{I}_{0II} 和 \dot{I}_{0I} 方向相反, 则继电器的测量阻抗减小, 保护超越动作。

在双回线一回线(如 II 回线)检修两端接地情况下, I 回线路末端发生接地故障时, 会出现 \dot{I}_{0II} 和 \dot{I}_{0I} 方向相反, 保护 I 的测量阻抗减小情况。

1.2.2 双回线内部发生单回线相间短路故障时相间距离保护的動作特性

假设图 1 中发生的是单相相间短路故障, 比如 IAB-G 故障, M 侧 A、B 相的母线电压为

$$\dot{U}_A = \alpha Z_1 (\dot{I}_{AI} + K\dot{I}_{0I}) + \alpha Z_m \dot{I}_{0II} + \dot{U}_F$$

$$\dot{U}_B = \alpha Z_1 (\dot{I}_{BI} + K\dot{I}_{0I}) + \alpha Z_m \dot{I}_{0II} + \dot{U}_F \quad (6)$$

保护 IAB 相间距离继电器的测量阻抗为

$$Z_{AB} = (\dot{U}_A - \dot{U}_B) / (\dot{I}_{AI} - \dot{I}_{BI}) = \alpha Z_1 \quad (7)$$

从式(7)可以看出, 传统相间距离继电器的测量阻抗是不受另一回线零序电流的影响, 可以准确反应故障距离, 正确动作。

1.2.3 双回线内部发生跨线故障时距离保护的動作特性

当双回线内部发生跨线接地故障时, 由于跨线接地故障的两回线故障相的 M 侧母线电压计算方法同单回线接地故障, 每回线的接地距离继电器的测量阻抗发生变化, 接地距离继电器保护动作。

当双回线内部发生跨线不接地故障时, 故障相的 M 线电压取决于故障相电流及两回线的零序电流, 由于各回线的距离保护得不到另一回线的电流信息, 故相间距离保护不能反映跨线不接地故障。

2 同杆双回线的六相序距离保护方案

2.1 基于六相序阻抗的距离保护方案的提出

基于六相序的距离保护就是把同杆并架双回线以一个整体来设计距离保护装置, 利用双回线中六个电流和保护安装处的电压来计算测量阻抗或者是计算距离而构成的保护, 从而使其动作性能不受双回线线间互感的影响。基于六相序的距离保护在故障线路中能正确的反应故障距离, 能准确的测量跨线不接地故障距离, 这是传统距离保护所无法做到的。六相序距离保护由本侧的 3 个电压和两回线中的 6 个电流构成 6 个单相接地阻抗测量元件、6 个相间阻抗测量元件和 6 个线间阻抗测量元件, 一共 18 个测量阻抗, 它们为:

单相: IA、IB、IC、IIA、IIB、IIC

相间: IAIB、IBIC、ICIA、IIAIB、IIBIC、IICIA

线间: IAIIB、IBIIC、ICI IA、IIAIB、IIBIC、IICIA

基于六相序的距离保护的基本思想为:

首先由式(8)计算单位长度上的压降。

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_{IAu} \\ \dot{U}_{IBu} \\ \dot{U}_{ICu} \\ \dot{U}_{IIAu} \\ \dot{U}_{IIBu} \\ \dot{U}_{IICu} \end{bmatrix} = \frac{1}{L} \begin{bmatrix} Z_S & Z_P & Z_P & Z_M & Z_M & Z_M \\ Z_P & Z_S & Z_P & Z_M & Z_M & Z_M \\ Z_P & Z_P & Z_S & Z_M & Z_M & Z_M \\ Z_M & Z_M & Z_M & Z_S & Z_P & Z_P \\ Z_M & Z_M & Z_M & Z_P & Z_S & Z_P \\ Z_M & Z_M & Z_M & Z_P & Z_P & Z_S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_{IA} \\ \dot{I}_{IB} \\ \dot{I}_{IC} \\ \dot{I}_{IIA} \\ \dot{I}_{IIB} \\ \dot{I}_{IIC} \end{bmatrix} \quad (8)$$

式中: \dot{U}_{IAu} 、 \dot{U}_{IBu} 、 \dot{U}_{ICu} 、 \dot{U}_{IIAu} 、 \dot{U}_{IIBu} 、 \dot{U}_{IICu} 分别是指

I、II回线单位长度上A、B、C的压降； Z_s 是自阻抗， Z_p 是同一线的相间互阻抗， Z_M 为线间互阻抗等于线间零序互感 Z_m 的三分之一； L 代表线路全长； $\dot{I}_{IA}, \dot{I}_{IB}, \dot{I}_{IC}, \dot{I}_{IIA}, \dot{I}_{IIB}, \dot{I}_{IIC}$ 分别是指I、II回线中A、B、C相电流。

I回线单相测量阻抗表达式为：

$$L_{IA} = \dot{U}_{MA} / \dot{I}_{IAu} \quad (9)$$

将矩阵表达式代入式(9)整理后得

$$L_{IA} = L \cdot (\dot{U}_{MA} / (\dot{I}_{IA} + K\dot{I}_{0I} + K^*\dot{I}_{0II})) / Z_1 \quad (10)$$

其中： K^* 为另一回线的零序补偿系数 $K^* = 3Z_M / Z_1 = Z_m / Z_1$ 。

相间测量阻抗表达式为，以I回线B相与I回线C相为例：

$$L_{IBIC} = (\dot{U}_{MB} - \dot{U}_{MC}) / (\dot{I}_{IBu} - \dot{I}_{ICu}) \quad (11)$$

将矩阵表达式代入后整理得

$$L_{IBIC} = L \cdot (\dot{U}_{MB} - \dot{U}_{MC}) / (\dot{I}_{IBu} - \dot{I}_{ICu}) / Z_1 \quad (12)$$

线间测量阻抗表达式为，以I回线B相与II回线C相为例：

$$L_{IBIIC} = (\dot{U}_{MB} - \dot{U}_{MC}) / (\dot{I}_{IBu} - \dot{I}_{IICu}) \quad (13)$$

将矩阵表达式代入后整理得

$$L_{IBIIC} = L \cdot (\dot{U}_{MB} - \dot{U}_{MC}) / (\dot{I}_{IB} - \dot{I}_{IIC} + (K - K^*)(\dot{I}_{0I} - \dot{I}_{0II})) / Z_1 \quad (14)$$

2.2 基于六相序阻抗的距离保护方案的性能分析

2.2.1 邻线近端故障，本线的测量元件会失去方向性(图2)

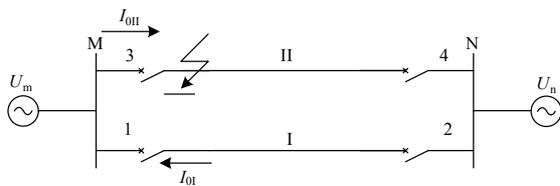


图2 邻线近端故障示意图

Fig.2 Situation of near faults on adjacent line

图2给出了II回线出口接地故障的示意图，对于保护1而言 \dot{I}_{0I} 是反向的，对于保护3而言 \dot{I}_{0II} 是正向的， \dot{I}_{0I} 和 \dot{I}_{0II} 是反向的，并且 \dot{I}_{0I} 和 \dot{I}_{0II} 的幅值很大。如果这时是基于六相序的距离保护，由于 \dot{I}_{0II} 是正向的，且数值很大，很可能使得保护1中 $|K^*\dot{I}_{0II}| > |\dot{I}_{0I} + K\dot{I}_{0I}|$ ，从而使 $\dot{U}_\phi / (\dot{I}_{0I} + K\dot{I}_{0I} +$

$K^*\dot{I}_{0II})$ 失去方向性而判断为正方向而误动作。

2.2.2 邻线的非故障相超越动作

为便于理论分析，取双回线为单电源侧供电方式，如图3所示。

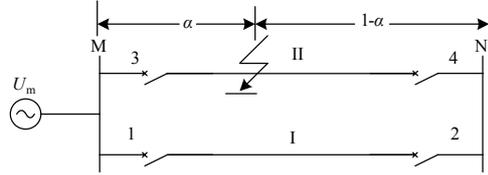


图3 单电源侧供电内部故障示意图

Fig.3 Situation of internal faults on one side power supply

II回线接地故障，研究I回线保护1的动作情况。母线处的电压为：

$$\dot{U}_\phi = (\dot{I}_{\phi I} + K\dot{I}_{0I})(2 - \alpha)Z_1 + \alpha Z_m \dot{I}_{0II} \quad (15)$$

六相序距离保护的测量阻抗为：

$$Z_{C1} = \dot{U}_\phi / (\dot{I}_{\phi I} + K\dot{I}_{0I} + K^*\dot{I}_{0II}) \quad (16)$$

代入相关的公式计算整理的：

$$\frac{Z_{C1}}{(2 - \alpha)Z_1} = 1 - \frac{K^*\dot{I}_{0II}}{\dot{I}_{\phi I} + K\dot{I}_{0I} + K^*\dot{I}_{0II}} \left(\frac{2 - \alpha}{\alpha} - \frac{\alpha}{2 - \alpha} \right) \quad (17)$$

通过式(17)可以看到测量距离比实际距离偏小，保护有可能超越误动作，扩大动作范围，不符合继电保护的选择性的要求。

2.2.3 故障线路跳闸不同时，非故障线接地距离继电器超越(图4)

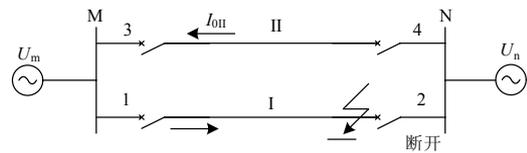


图4 故障线路一侧跳开示意图

Fig.4 Situation of one side protection trip on faults line

图4为在线路I靠近保护2处故障示意图，由于处于保护2的I段范围内，保护2快速跳闸。此时两回线的零序电流发生了反向。保护1和4都是基于六相序的距离保护，保护1仍能正确测量，结果处于II段范围内，由于保护2快速已经跳开，保护4失去了邻线的电流补偿，由于两回线零序电流方向相反，保护4的测量阻抗有可能减小，也有可能以II段时间跳闸，于是保护1和4都以II段时限跳闸，扩大停电范围。但是如果是传统的距离保护，都会因为零序电流方向相反测量距离缩短，而保护1的I段很可能纵续动作相继跳闸，保护不会失去选择性。

3 同杆双回线的六相序距离保护方案的改进

3.1 改进的基于六相序阻抗的距离保护方案的提出

通过以上的分析可以看出, 采用基于六相序阻抗的距离保护方案由于利用到邻线的三相电流量保护可以有效的反应同杆双回线的各种跨线故障, 这是采用单回线电气量的距离保护所不具备的, 但基于六相序阻抗的距离保护方案在实际使用中还存在着 2 中所述的诸多问题, 因此还不可能在实际工程中得到应用。通过对 2 中所述的基于六相序阻抗的距离保护方案的性能分析的几种故障类型中六相序的距离保护方案失效的原因分析中可以发现在这几种情况下保护方案失效都是因为保护各相测量阻抗中包含有邻线零序电流, 邻线零序电流造成本线测量距离比实际距离偏小或偏大, 从而使得距离保护范围超越误动作或使距离保护范围缩短造成的, 依靠简单地缩短或增加距离保护的整定范围来解决该问题是不可行的。

通过对双回线路的零序等效电路分析可以发现: 虽然双回线发生单相接地故障时, 接地故障相流过邻线的零序补偿电流, 但邻线正常相并不流过接地故障线路的零序补偿电流, 在每相测量阻抗中都引入邻线零序补偿电流而造成邻线的保护误动作, 为此对上述六相序阻抗的距离保护方案进行了改进, 提出了改进型六相序阻抗的距离保护方案。

3.2 改进型六相序阻抗距离保护方案

改进型六相序的距离保护也是把同杆并架双回线以一个整体来设计距离保护, 利用双回线中六个电流和保护安装处母线电压来计算测量阻抗从而构成距离保护。改进后的输电线路单位长度的电压降表达式为:

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_{IAu} \\ \dot{U}_{IBu} \\ \dot{U}_{ICu} \\ \dot{U}_{IIAu} \\ \dot{U}_{IIBu} \\ \dot{U}_{IICu} \end{bmatrix} = \frac{1}{L} \begin{bmatrix} Z_S & Z_P & Z_P & \delta Z_M & \delta Z_M & \delta Z_M \\ Z_P & Z_S & Z_P & \delta Z_M & \delta Z_M & \delta Z_M \\ Z_P & Z_P & Z_S & \delta Z_M & \delta Z_M & \delta Z_M \\ \delta Z_M & \delta Z_M & \delta Z_M & Z_S & Z_P & Z_P \\ \delta Z_M & \delta Z_M & \delta Z_M & Z_P & Z_S & Z_P \\ \delta Z_M & \delta Z_M & \delta Z_M & Z_P & Z_P & Z_S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_{IA} \\ \dot{I}_{IB} \\ \dot{I}_{IC} \\ \dot{I}_{IIA} \\ \dot{I}_{IIB} \\ \dot{I}_{IIC} \end{bmatrix} \quad (18)$$

式中: 各个量的定义同六相序距离保护方案, δ 为线间零序互感补偿系数, 取

$$Z_S = (Z_0 + 2Z_1)/3, Z_P = (Z_0 - Z_1)/3$$

在 $\delta=0$ 时, 就得到传统距离保护的接地距离测量阻抗表达式(3); 在 $\delta=1$ 时, 就得到进入邻线零序补偿电流的距离保护的接地距离测量阻抗表达式

$$Z_{cl} = \dot{U}_\phi / (\dot{I}_\phi + K * \dot{I}_0 + \frac{Z_m}{Z_1} * \dot{I}_{0II}), \delta \text{ 定义为}$$

$$\delta = \begin{cases} 0 & |\dot{U}_\phi / (\dot{I}_\phi + K * \dot{I}_0)| > |Z_{set}| \\ 1 & |\dot{U}_\phi / (\dot{I}_\phi + K * \dot{I}_0)| < |Z_{set}| \\ 0 & |\dot{U}_\phi / (\dot{I}_\phi + K * \dot{I}_0)| < |Z_{set}|, |\dot{U}_\phi / (\dot{I}_\phi + K * \dot{I}_0)| < |Z_{set}| \end{cases} \quad (19)$$

即双回线中若其中一相的测量阻抗小于整定值时, 该相的 δ 取 1, 若其测量阻抗大于整定值, 该相的 δ 取 0, 若有两相以上的相的测量阻抗小于整定值, 这些相的 δ 都取 0, 考虑到接地相的测量阻抗中含有邻线零序补偿电流, 其测量阻抗整定值按线路全长的 90% 进行整定。

采用改进型六相序阻抗距离保护方案对同杆双回线进行接地距离保护时, 首先采用不考虑邻线零序补偿电流的接地距离测量阻抗表达式 (即传统接地距离判据) 进行单相接地初步判断, 若其中一相满足接地判据而其它相不满足该判据, 再取 $\delta=1$ 进行精确判断; 在出现两相及两相以上满足接地初步判据时, 取 $\delta=0$ 不再进行进一步判断, 直接判多相接地; 对于跨线不接地故障或同一回线的线间短路故障, 取 $\delta=0$, 即不考虑邻线零序补偿电流的影响。

改进型六相序阻抗距离保护方案仅将单相接地故障时所在相的测量阻抗中引入邻线零序补偿电流, 邻线 (如 II 回线) 非故障相的测量阻抗中不引入故障回线 (I 回线) 的零序补偿电流, 当双回相发生跨线接地故障时, 每回线上流过的邻线零序电流补偿效应互相抵消, 可以按不考虑邻线零序补偿电流的情况来处理。该方案在同杆双回线发生单回线故障及双回线跨线故障情况下保护均能可靠动作, 可以应用于 220 kV 以上的同杆双回线保护中。

3.3 改进型六相序阻抗距离保护的判据

由于改进型六相序阻抗距离保护方案的测量阻抗能够真实地反映实际接地阻抗, 不会出现保护范围增大或减小现象, 其接地保护判据为:

$$\left| \dot{U}_\phi / \left(\dot{I}_\phi + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} * \dot{I}_0 \right) \right| < |Z_{set1}| \quad (20)$$

$$\left| \dot{U}_\phi / \left(\dot{I}_\phi + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} * \dot{I}_{0I} + \frac{Z_m}{Z_1} * \dot{I}_{0II} \right) \right| < |Z_{set}| \quad (21)$$

$$-90^\circ < \arg(\dot{U}_\phi / \left(\dot{I}_\phi + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} * \dot{I}_{0I} + \frac{Z_m}{Z_1} * \dot{I}_{0II} \right) Z_{set}) < 90^\circ \quad (22)$$

式 (20)、(21)、(22) 三者与门输出, Z_{set1} 整定为线路全长的 90%, Z_{set} 整定为线路全长的 85%。

改进型六相序跨线故障及单回线相间短路故障的保护判据仍为:

$$\left| (\dot{U}_{\phi_i} - \dot{U}_{\phi_j}) / (\dot{I}_{li} - \dot{I}_{lj}) \right| < |Z_{set}| \quad (23)$$

$$-90^\circ < \arg(\dot{U}_{\phi_i} - \dot{U}_{\phi_j}) / (\dot{I}_{li} - \dot{I}_{lj}) Z_{set} < 90^\circ \quad (24)$$

式(23)、(24)与门输出, Z_{set} 整定为线路全长的85%, δ 取0、1。

4 仿真分析与论证

仿真模型依据河南嵩山-获嘉 500 kV 同杆双回线路搭建 ATP 模型, 结合 MATLAB 软件程序, 进行仿真分析。

系统参数: 电压等级: 500 kV, 线路长度 58.1 km, M 侧系统阻抗 $Z_{SM}=0.03655+j10.4676 \Omega$, N 侧系统阻抗 $Z_{SN}=0.5387+j15.4256 \Omega$; 正序电阻 $0.041 \Omega/\text{km}$, 正序感抗 $0.3228 \Omega/\text{km}$, 正序并联容抗 $0.01266 \text{ M}\Omega/\text{km}$; 零序电阻 $0.2536 \Omega/\text{km}$, 零序感抗 $0.9244 \Omega/\text{km}$, 零序并联容抗 $0.0073 \text{ M}\Omega/\text{km}$, 零序耦合互电阻 $0.0282 \Omega/\text{km}$, 零序耦合互电抗 $0.1632 \Omega/\text{km}$ 。简图如图 5。

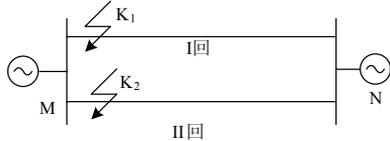


图 5 500 kV 同杆双回线路仿真模型

Fig.5 Simulation model of 500 kV double-circuit lines on the same pole

图 6 为在 IAIBC_G 10 km 处故障时 (此时两回线零序方向相反), 观察到的 I 回线 A 相距离继电器的仿真结果。

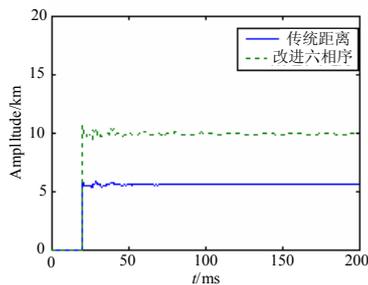


图 6 IAIBC_G I 回线 A 相距离继电器的仿真结果

Fig.6 Simulation result of A phase distance relay faults on line I IAIBC_G

图 7 为在 IAIIA_G 10 km 处故障时 (此时两回线零序方向相同), 观察到的 I 回线 A 相距离继电器的仿真结果。

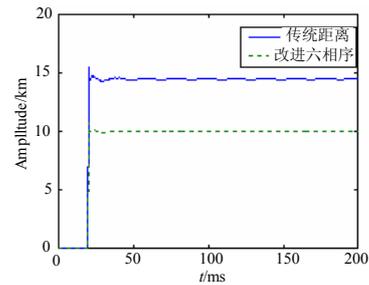


图 7 IAIIA_G I 回线 A 相距离继电器的仿真结果

Fig.7 Simulation result of A phase distance relay faults on line I IAIIA_G

图 8、9 为在 IA_G 出口 1 km 故障 (此时两回线零序方向相反), 观察到的 II 回线 A 相距离继电器的仿真结果。

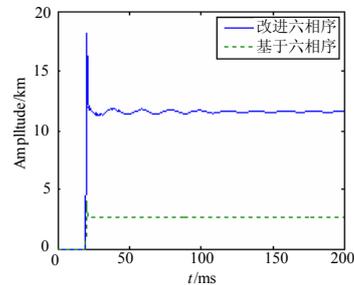


图 8 IA_G II 回线 A 相距离继电器的幅值

Fig.8 Amplitude of A phase distance relay faults on line II IA_G

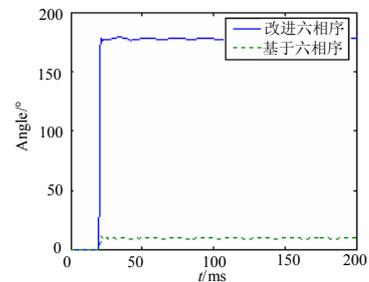


图 9 IA_G II 回线 A 相距离继电器的相位

Fig.9 Phase angle of A phase distance relay faults on line II IA_G

从以上仿真结果可以看出, 改进型六相序距离保护在发生跨线故障情况下能够正确地测量故障点距离, 而传统距离保护的测量距离存在着较大误差, 在发生一回线出口接地故障, 六相序距离保护的另—回线非故障相可能会由于失去方向性而误动; 但是改进型六相序距离保护不会。

5 结论

本文提出了将双回线路看成一个整体的基于六相序阻抗的距离保护的改进方案, 该方案阻抗矩阵表达式中引入了线间零序互感补偿系数 δ , 对于

发生单相接地故障的线路 δ 取 1, 非故障线路 δ 取 0, 改进型六相序阻抗距离保护方案的测量阻抗能够真实的反应实际短路阻抗, 不会出现保护范围缩短或增长现象, 同时可以反应双回线的跨线接地故障。仿真结果表明了改进型六相序阻抗距离保护方案的正确性。

参考文献

- [1] 俞波. 超高压同杆并架双回线路微机保护的研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2003.
YU Bo. Research on Microprocessor-based Protective Relay for EHV Double Circuit Lines on Same Tower[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2003.
- [2] 鄢安河, 李夏阳, 姚晴林, 等. 正序电压极化的横差保护选择元件的动作研究[J]. 继电器, 2008, 36(8): 6-10.
YAN An-he, LI Xia-yang, YAO Qing-lin, et al. Research on Selectors of Transverse Differential Protection Using Positive Sequence Polarizing Voltage[J]. Relay, 2008, 36(8): 6-10.
- [3] 张太升, 鄢安河, 赵一, 等. 同杆双回线的新型继电保护方案研究[J]. 继电器, 2008, 32(2): 25-28, 39.
ZHANG Tai-sheng, YAN An-he, ZHAO Yi, et al. The Study of a New Relay Protection Scheme for Double Circuit Lines on the Same Pole[J]. Relay, 2008, 32(2): 25-28, 39.
- [4] 陈生贵. 电力系统继电保护[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2003. 91-103.

社, 2003. 91-103.

CHEN Sheng-gui. Electric Power System Relay Protection[M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2003. 91-103.

- [5] 李瑞生, 王强, 文明浩, 等. WXH-803 光纤电流差动保护的研究[J]. 继电器, 2004, 32(2): 43-46.
LI Rui-sheng, WANG Qiang, WEN Ming-hao, WANG Er-han. Study of WXH-803 Current Differential Protection Based on Optical Fibre[J]. Relay, 2004, 32(2): 43-46.
- [6] 朱晓彤, 郑玉平, 张俊洪, 等. 同杆并架双回线跨线不接地故障的距离保护[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(19): 63-66, 70.
ZHU Xiao-tong, ZHENG Yu-ping, ZHANG Jun-hong, et al. Distance Protection of Double-circuit Line on the Same Pole when Phase to Phase Fault Occurs[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(19): 63-66, 70.

收稿日期: 2009-04-16; 修回日期: 2009-05-13

作者简介:

孟远景(1957-), 女, 教授级高级工程师, 从事电网技术、电力系统调度、生产的研究和管理工作;

鄢安河(1952-), 男, 高级工程师, 从事电网技术、电力系统调度、生产的研究和管理工作;

李瑞生(1966-), 男, 教授级高级工程师, 从事继电保护方面的研究。E-mail: ruishengl@xjgc.com

(上接第 11 页 continued from page 11)

- [9] Milanovic J V, Gupta C P. Probabilistic Assessment of Financial Losses Due to Interruptions and Voltage Sags—Part II: Practical Implementation[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2006, 21(2): 935-932.
- [10] 肖先勇, 王希宝, 薛丽丽, 等. 敏感负荷电压凹陷敏感度的随机估计方法[J]. 电网技术, 2007, 31(22): 30-33.
XIAO Xian-yong, WANG Xi-bao, XUE Li-li, et al. A Method to Stochastically Estimate Voltage Sag Sensitivity of Sensitive Equipments[J]. Power System Technology, 2007, 31(22): 30-33.
- [11] Bonatto B D, Niimura T, Dommel A H W. Fuzzy Logic Application to Represent Load Sensitivity to Voltage Sags[A]. in: Proceedings 8th International Conference on Harmonics and Quality of Power[C]. 1998. 60-64.
- [12] Thasananutari T, Chatratana S. Stochastic Prediction of Voltage Sags in an Industrial Estate[A]. in: Industry Applications Conference, 2005. Fourtieth IAS Annual Meeting. Conference Record [C]. 2005. 1489-1496.
- [13] Myo Thu Aung, Milanovic J V. Stochastic Prediction of Voltage Sag by Considering Probability of the Failure of the Protection System[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2006, 21(1): 322-329.
- [14] Myo Thu Aung, Milanovic J V. Stochastic Prediction of Voltage Sag by Considering Probability of the Failure of

the Protection System[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2006, 21(1): 322-329.

- [15] 董玉革. 机械模糊可靠性设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000
- [16] Bollen M H J, Sabin D D, Thallam R S. Voltage-sag Indices—Recent Developments in IEEE P1564 Task Force[A]. in: CIGRE/IEEE PES International Symposium[C]. 2003. 34-41.
- [17] Thallam R S, Heydt G T. Power Acceptability and Voltage Sag Indices in the Three Phase Sense. Presented at the Panel Session on Power Quality: Voltage Sag Indices[A]. in: IEEE PES Summer Meeting[C]. 2000. 905-909.
- [18] IEEE-30 Bus Test System[J/OL]. http://www.ee.washington.edu/research/pstca/pf30/pg_tca30bus.htm

收稿日期: 2009-03-28; 修回日期: 2009-05-13

作者简介:

陈平(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电能质量; E-mail: nicolas.chen@163.com

杨洪耕(1949-), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事电能质量分析与控制方面的教学和研究工作;

肖先勇(1968-), 男, 副教授, 硕士生导师, 长期从事电能质量及其控制教学与研究。