

零序互感对线路接地距离保护的影响分析

朱景富

(河南省电力公司焦作供电公司, 河南 焦作 454150)

摘要: 以接地距离保护动作方程为蓝本, 运用电力系统故障计算软件这样的工具, 从分析双回线之间的零序互感对接地距离保护测量阻抗值的影响入手, 阐述了在接地距离保护整定计算中应计及线路零序互感的必要性, 并举例分析了零序互感对接地距离保护测量值大小的影响趋势。为了消除这一影响, 提出了含零序互感参量的用于精确测量的零序电流补偿系数概念, 整定计算接地距离保护定值时, 要考虑零序互感的影响, 按最不利条件, 并应把零序互感对接地距离保护测量阻抗的影响计算到保护定值中去。

关键词: 零序互感; 接地距离保护; 整定值

Zero-sequence mutual inductance on the ground distance elements impact analysis

ZHU Jing-fu

(Henan Jiaozuo Power Supply Company, Jiaozuo 454150, China)

Abstract: Taking the action equation of the ground distance elements as the prototype, this paper points out that mutual inductance value of zero-sequence is essential to settings of the ground distance elements, while using the power system failures calculation software, considering the impact of double lines between the zero-sequence mutual inductance to measurement of the ground distance elements. The effect of zero-sequence inductance mutual on distance measurement is illustrated. In order to eliminate the impact, the concept of zero-sequence mutual inductance parameters for the accurate measurement of the current compensation coefficient of zero sequence is brought out. In the end, this paper considers the impact of zero-sequence mutual inductance, on the assumption of the most adverse conditions, and adds the impact to measurement of ground distance elements up to the calculation of settings.

Key words: zero-sequence mutual inductance; ground distance elements; setting value

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)09-0113-03

0 引言

在线路保护装置中, 接地距离保护与相间距离保护一样, 都是实现测定被保护线路的正序阻抗。所不同的是为了使接地距离保护能正确地测量接地故障时的线路正序阻抗, 接地距离保护引入了零序电流补偿系数。这零序补偿系数对接地距离保护的 I、II、III段都使用相同的值, 而且不管被保护线路是否有与其它线路间存在零序互感都使用一样的值。即: $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1}$ 。式中: K 为零序电流补偿系数; Z_0 为本线路零序阻抗; Z_1 为本线路正序阻抗。

1 问题的提出

由于出线走廊日益狭窄, 电力线路同杆、并行、

多条越来越普遍, 电力线路间的零序互感不可避免。对于线路之间有零序互感的线路, 当发生接地故障时, 用于精确测量线路正序阻抗的零序电流补偿系数的值不但是本线路阻抗的函数, 而且还是线路之间零序互感助增(减)的函数。对同样的线路, 不同的零序互感助增(减)对应不同的零序补偿系数, 只有这样才能保证接地距离保护能正确测量本线路的正序阻抗。但是接地距离保护装置引入的零序电流补偿系数只仅仅计及本线路的参数, 而没有考虑线路之间零序互感因素, 所以, 在与其他线路之间有零序互感条件下, 接地距离保护是不能准确测量线路的正序阻抗。因此, 在整定接地距离保护时, 应把互感线路对接地距离保护测量阻抗的影响, 计算到保护定值中去。

以图 1 为例加以分析:

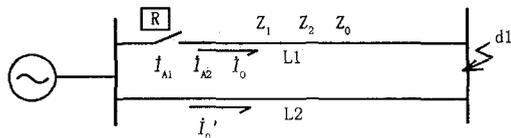


图 1 双回线有零序互感线路

Fig.1 Double-zero-sequence mutual inductance lines

1.1 双回线并列运行对接地距离保护范围的影响

1) 当 d1 点发生 A 相接地短路故障, 且 II 线停用时, A 相接地距离保护测量阻抗 Z_{CL} 。

$$U_{CL} = U_A = (U_{d1} + I_{A1}Z_1) + (U_{d2} + I_{A2}Z_2) + (U_{d0} + I_0Z_0) = U_{d1} + U_{d2} + U_{d0} + I_{A1}Z_1 + I_{A2}Z_2 + I_0Z_0 = I_{A1}Z_1 + I_{A2}Z_2 + I_0Z_0 + I_0Z_1 - I_0Z_1 = I_{A1}Z_1 + I_{A2}Z_2 + I_0Z_1 + I_0Z_0 - I_0Z_1 = I_AZ_1 + I_0(Z_0 - Z_1) \quad (1)$$

$$I_{CL} = I_A + 3KI_0 \quad (2)$$

$$Z_{CL} = \frac{U_{CL}}{I_{CL}} = \frac{U_A}{I_A + 3KI_0} = \frac{I_AZ_1 + I_0(Z_0 - Z_1)}{I_A + 3KI_0} = \frac{Z_1(I_A + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}I_0)}{I_A + 3KI_0} \quad (3)$$

令 $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_0}$ (4)

则可得 $Z_{CL} = Z_1$, 接地距离保护测量阻抗等于线路正序阻抗。式中: U_{CL} 、 I_{CL} 分别为接入接地距离保护的电压、电流; Z_{CL} 为保护测量阻抗; Z_1 为线路正序阻抗; Z_2 为线路负序阻抗, 等于正序阻抗; Z_0 为线路零序阻抗; K 为接地距离保护装置的零序电流补偿系数。

2) 当 d1 点发生 A 相接地短路故障, I、II 并列运行时, 保护安装处 A 相接地距离保护测量阻抗 Z_{CL} 。

$$U_{CL} = U_{d1} + U_{d2} + U_{d0} + I_{A1}Z_1 + I_{A2}Z_2 + I_0Z_0 + I_0'Z_m$$

$Z_1 = Z_2$ 则 $U_{CL} = I_{A1}Z_1 + I_{A2}Z_1 + I_0Z_0 + I_0'Z_m$

$$U_{CL} = I_AZ_1 + I_0(Z_0 - Z_1) + I_0'Z_m$$

设 $I_{CL} = I_A + 3K'I_0$

$$Z_{CL} = \frac{U_{CL}}{I_{CL}} = \frac{I_AZ_1 + I_0(Z_0 - Z_1) + I_0'Z_m}{I_A + 3K'I_0} = \frac{Z_1[I_A + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}I_0 + \frac{Z_m}{Z_1}I_0']}{I_A + 3K'I_0}$$

$$K' = \frac{Z_0 - Z_1 + Z_m \frac{I_0'}{I_0}}{3Z_1}$$

式中: K' 为精确测量正序阻抗的零序电流补偿系数; Z_m 为线路零序互感阻抗。

则有 $I_A + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}I_0 + \frac{Z_m}{Z_1}I_0' = I_A + 3K'I_0$

$$Z_{CL} = Z_1$$

从上式我们可以看到: 在有互感线路存在的情况下, 接地距离保护装置的零序补偿系数如果采用 K' 值, 就能够正确测量线路正序阻抗。采用 K 值的话, 就不能够正确测量线路正序阻抗。而保护装置的零序补偿系数恰恰就是采用的 K 值。因此我们可以得到:

$I_0' = 0$ 时, $K = K'$, $Z_{CL} = Z_1$, 保护测量阻抗等于线路正序阻抗。

I_0' 与 I_0 同方向时, $K < K'$, $Z_{CL} > Z_1$, 保护测量阻抗大于线路正序阻抗。

I_0' 与 I_0 反方向时, $K > K'$, $Z_{CL} < Z_1$, 保护测量阻抗小于线路正序阻抗。

1.2 互感阻抗对零序补偿系数的影响, 补偿系数又对接地距离保护的测量阻抗产生影响

由于并行线路间零序互感阻抗的存在, 会导致接地距离保护的测量阻抗变大或变小, 如果使接地距离保护的测量阻抗变小, 则该接地距离保护可能误动作。如果使接地距离保护的测量阻抗变大, 则该接地距离保护可能拒动作。因此, 我们在接地距离保护整定计算时, 应考虑这种情况。

2 实例分析

已知: 同塔双回 220 kV 线路, 22.445 km, CT: 1200/5, PT: 2200/0.1。

线路实测值:

正序: $1.5414 + j6.0263 = 6.22 \angle 75.7^\circ \Omega$

零序: $5.7 + j13.387 = 14.55 \angle 66.9^\circ \Omega$

零序互感: $3.0193 + j12.9802 = 13.15 \angle 76.9^\circ \Omega$

单回补偿系数: $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1} = 0.453 \angle -15.2^\circ$

双回补偿系数 (I_0' 与 I_0 同向且相等时的极限情况):

$$K' = \frac{Z_0 - Z_1 + Z_m \frac{I_0'}{I_0}}{3Z_1} = \frac{Z_0 - Z_1 + Z_m}{3Z_1}$$

$$1.156 \angle -5.1^\circ$$

$K' > K$, 接地距离保护灵敏度变小。

例 1: 线末短路 A 相接地短路: I 线

$$\dot{I}_A = 5229 \angle -82.9^\circ \text{ A}$$

$$3 \dot{I}_0 = 5229 \angle -82.9^\circ \text{ A}$$

$$U_A = 69 \angle -5.8^\circ \text{ kV}$$

$$\therefore Z_{CL} = \frac{U_A}{\dot{I}_A + 3K\dot{I}_0} \quad (5)$$

(一)

$$K = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} = 0.453 \angle -15.2^\circ \text{ 代入式 (5) 得}$$

$$Z_{CL} = \frac{U_A}{\dot{I}_A + 3K\dot{I}_0} = \frac{69000 \angle -5.8^\circ \text{ V}}{5229 \angle -82.9^\circ \times 1.442 \angle -4.7^\circ \text{ A}}$$

$$Z_{CL} = 9.15 \Omega \angle 81.8^\circ > 6.22 \Omega \angle 75.7^\circ$$

$$\text{相对误差: } \frac{9.15 - 6.22}{6.22} = 47.1\%$$

(二)

$$K' = \frac{Z_0 - Z_1 + Z_m \frac{\dot{I}'_0}{\dot{I}_0}}{3Z_1} = \frac{Z_0 - Z_1 + Z_m}{3Z_1} = 1.156 \angle -5.1^\circ$$

代入式 (5) 得

$$Z_{CL} = \frac{U_A}{\dot{I}_A + 3K'\dot{I}_0} = \frac{69000 \angle -5.8^\circ \text{ V}}{5229 \angle -82.9^\circ \times 2.1545 \angle -2.76^\circ \text{ A}} = 6.12 \Omega \angle 79.86^\circ \approx 6.22 \Omega \angle 75.7^\circ$$

K' 代入基本准确。因为在故障计算程序中, 互感没有考虑电阻分量, 所以计算值和角度略有差异。

现在以阻抗圆特性的接地距离保护为例, 对接地距离保护 II 段进行整定, 按线末 1.5 倍灵敏度:

$$\text{考虑零序互感影响: } Z_{dz} = \frac{1.5 \times 9.15}{\cos(81.8 - 75.7)} = 13.8 \Omega$$

(一次值)

不考虑零序互感影响: $Z_{dz} = 1.5 \times 6.22 = 9.33 \Omega$ (一次值)

按最不利条件, 取 $Z_{dz} = 13.8 \Omega$ (一次值)

$$Z_{dzj} = \frac{13.8 \times 240}{2200} = 1.5 \Omega \text{ (二次值)}$$

3 结论

以简单同杆并架双回线为例, 计算分析得出, 由于接地距离保护装置采用的零序补偿系数是 K , 没有考虑零序互感的影响。因而接地距离保护装置测量线路正序阻抗的准确性, 受零序互感的影响, 尤其对同杆并架双回线路, 由于互感阻抗相对比较大, 对保护的测量阻抗精度影响尤为严重。本例中其测量阻抗相对误差值达到 47%。由于保护装置测量到的接地阻抗变大, 如果在接地距离保护整定计算时没有计算零序互感的影响, 就有可能导致接地距离保护的拒动。

由以上分析还知道, 如果互感线路零序互感是增极性, 会导致接地距离保护的测量阻抗变大, 使保护灵敏度降低, 保护可能拒动; 如果互感线零序互感是减极性, 会导致接地距离保护的测量阻抗变小, 使保护灵敏度升高, 保护可能越级误动。因此, 我们在整定接地距离保护时, 应该以保护装置动作方程为基础, 计算各种运行方式下的接地故障, 把零序互感的影响精确计算到保护定值中去。只有这样按最不利条件下整定, 方可保证在各种运行条件下均能满足系统要求。

收稿日期: 2008-06-18; 修回日期: 2008-06-26

作者简介:

朱景富 (1956-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为电力系统继电保护整定计算。E-mail: zhujf163@163.com

(上接第 112 页 continued from page 112)

ZHOU Rong-bin. Application of Line Arresters[J]. Guangdong Electric Power, 2005:34-38.

[9] 邱雪花. 线路避雷器在输电线路中的应用与研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2007.

[10] 陈年彬. 采用避雷器防止 10 kV 架空线路绝缘导线雷击断线[J]. 中国电力, 2003, 36: 39-42.

CHEN Nian-bin, Application of Arrester Against Lightning-caused Breaking of Insulated Conductors on 10 kV Overhead Distribution Lines [J]. Electric Power, 2003,36:39-42.

收稿日期: 2008-06-17

作者简介:

邝嘉嘉 (1983-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统保护、控制与自动化; E-mail: huan.jiajia@mail.scut.edu.cn

曾海涛 (1976-), 男, 硕士研究生, 助理工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护;

黄少先 (1954-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为自动化仪表及计算机检测控制等。