

小电流接地系统距离保护新判据

钟岷秀¹, 刘天寿², 曾毅², 黎晓东³, 鞠玉峰³

(1. 重庆大学电气工程学院, 重庆 400039; 2. 贵州遵义供电局, 贵州 遵义 563000;

3. 重庆科源能源技术发展有限公司, 四川 重庆 400041)

摘要: 提出了小电流接地系统距离保护的新判据, 分析了小电流接地系统距离保护的动作为, 在小电流接地系统串连网络中两相异地点接地时, 只切除一个接地点。在并连网络中两相异地点接地时, 自适应切除一个接地点。解决了小电流接地系统中两相异地点接地时, 保护非选择性动作的问题。

关键词: 距离保护; 小电流接地系统; 判据

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)02-0010-03

0 引言

为满足中小型水电厂蓬勃发展的市场需要联合研制了一套 DPC-2D 微机式 35 kV 线路监控距离保护装置, 装置具有监测、控制、保护、远动功能。

本文提出了小电流接地系统距离保护新判据, 分析了距离保护动作行为。装置的保护为三段式相间距离和接地距离保护, 用零序电流开放接地距离保护并闭锁相间距离保护。在小电流接地系统的串连网络中发生两相异地点接地时, 采用故障相电压比值判据作为相间距离保护的动作为条件, 保证只切除一个接地点, 在并连网络中两相异地点接地时, 自适应逻辑保证只切除预定的或不重要用户回路上的一个接地点, 从而保证了距离保护在小电流接地系统中发生任何故障类型时都具有 100% 的选择性, 解决了在小电流接地系统中两相异地点接地时, 至少有 1/3 的机率保护非选择性动作, 切除两个接地点的问题^[1]。

本文对 DPC-2D 装置的测量、控制 (含操作回路) 信号、远动功能以及单相接地选线、低周减载、低压解列、三相一次检同期 无压重合闸等保护功能均不作介绍。

1 DPC-2D 距离保护的动作为判据

装置配置了三段相间距离、三段接地距离。距离继电器的动作为特性为方向阻抗继电器特性, 采用 0 接线方式, 采用故障前记忆电压作极化电压。

1.1 相间距离保护的动作为判据

$$Z_{PP} = \frac{U_{PP}}{I_{PP}} > Z_{PP, set} \quad (1)$$

$$I_0 < I_{0, set} \quad (2)$$

$$\frac{|U_{PX}|}{|U_{PY}|} > K_{V, set} \quad (3)$$

式中: Z_{PP} 为相间距离测量阻抗; U_{PP} 、 I_{PP} 为相间电压、相电流差; $Z_{PP, set}$ 为相间距离整定阻抗; I_0 、 $I_{0, set}$ 为零序电流、零序电流整定值, $I_{0, set}$ 应大于单相接地零序电流和最大不平衡电流; U_{PX} 、 U_{PY} 、 $K_{V, set}$ 故障相电压及比值定值, $U_{PX} > U_{PY}$, $K_{V, set}$ 值可选 1.5。

式 (2) 表示当零序电流小于定值, 开放相间距离保护, 否则闭锁。式 (3) 表示当不同地点发生两相对地短路, 且满足式 (3) 才开放相间距离保护。

在同一地点发生相间短路时, 无零序电流, $|U_{PX}| / |U_{PY}| = 1$, 满足式 (2)、(3), Z_{PP} 能正确测量, 保护动作为有选择性。

1.2 接地距离保护动作为判据

$$Z_P = \frac{U_P}{I_P + 3KI_0} > Z_{P, set} \quad (4)$$

$$I_0 > I_{0, set} \quad (5)$$

式中: Z_P 为接地距离测量阻抗; U_P 、 I_P 为故障相电压、电流; K 为零序补偿系数, $K = (Z_0 - Z_1) / 3Z_1$; I_0 、 $I_{0, set}$ 含义与式 (2) 相同; Z_0 、 Z_1 为线路单位长度阻抗。

式 (4)、(5) 表示, 当零序电流满足式 (5) 时才开放接地距离保护, 反之闭锁接地距离保护。

2 小电流接地系统串连网络中发生两相异地点接地时距离保护的动作为分析

如图 1 小电流接地系统串连网络两相异地点接地故障图, 在 ML 线路上 A 相 d_A 接地, NM 线路上 B 相 d_B 接地, 故障电流 $I_{AS} = -I_{BS}$ 为下面讨论方便, 我们用 I_A 、 I_B 代替 I_{AS} 、 I_{BS} 。

ML 线路 M 侧有零序电流 $I_0 = I_A / 3$

NM 线路 N 侧无零序电流 $I_0 = (I_A + I_B) / 3 = 0$ 。

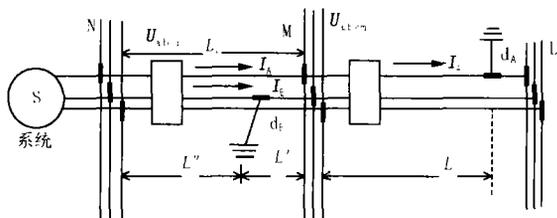


图 1 小电流接地系统串网络中
两相异地点接地故障图

Fig 1 Double ground fault with different places in series net of non-solid earthed power systems

2.1 ML线 M侧距离保护动作行为分析

根据式(1)、(2)、(3)相间距离不动作。

满足式(5)接地距离保护开放,对于故障相 A 的电压 U_{AM} ,测量阻抗 Z_{AM} 如下:

$$U_{AM} = Z_1 L (I_A + 3KI_0) \quad (6)$$

$$Z_{AM} = Z_1 L (I_A + 3KI_0) / (I_A + 3KI_0) = Z_1 L \quad (7)$$

式中: L 为接地点 d_A 到保护安装处 M 侧的距离; Z_{AM} 能正确测量故障点 d_A 到保护安装处的距离, $Z_{AM} < Z_{P \cdot Set}$ 就动作,切除 ML 线路,切除了一个距电源较远的接地点。

2.2 NM线路 N侧距离保护动作行为分析

因 N 侧零序电流为零, N 侧接地距离不动作,满足公式(2)条件,相间距离保护开放,下面分析相间距离的动作行为。对故障相 AB 的电压 $U_{AB \cdot N}$,测量阻抗 $Z_{AB \cdot N}$ 如下:

$$U_{AB \cdot N} = U_{AN} - U_{BN} = Z_1 (L + L') (I_A + 3KI_0) + Z_1 L I_A - Z_1 L I_B = Z_1 (L + L') (I_A + KI_A) + 2Z_1 L I_A \quad (8)$$

$$I_{AN} - I_{BN} = 2I_A$$

$$Z_{AB \cdot N} = \frac{Z_1 (L + L') (1 + K) I_A}{2I_A} + Z_1 L \quad (9)$$

L 、 L' 、 L 、 L_1 为线路长度,含义见图 1。

1) 对无架空地线线路: $Z_0 = 3.5Z_1$ $K=0.83$

$$Z_{AB \cdot N} = 0.915Z_1 (L + L') + Z_1 L \quad (10)$$

如: $L=0$ 、 $L'=0$ 最不利条件下

$$Z_{AB \cdot N} = 0.915Z_1 L = 0.915Z_1 L_1 > Z_{AB \cdot Set I}$$

$Z_{AB \cdot Set I}$ 为相间距离第一段整定阻抗, $Z_{AB \cdot Set I}$ 一般整定为 $0.8 \sim 0.85Z_1 L_1$ 。

上述表明此时 N 处距离保护不会动作,因此只有 M 处接地距离保护动作,切除一个接地点 d_A ,NM 线可继续运行,保证供电。

2) 对有架空地线(35 kV 一般都有)线路:

$$Z_0 = 2Z_1, K=0.33$$

$$Z_{AB \cdot N} = 0.67Z_1 (L + L') + Z_1 L \quad (11)$$

如: $L=0$ 、 $L'=0$ 最不利条件下, $Z_{AB \cdot N} =$

$$0.67Z_1 L = 0.67Z_1 L_1 \quad Z_{AB \cdot Set I} = 0.8 \sim 0.85Z_1 L_1$$

N 处相间距离保护满足式(1)、(2)条件,如无式(3)条件,N 处相间距离保护将动作,和 M 处接地距离保护同时动作,这就切除了二个接地点(非选择性动作),降低了供电可靠性。也证明了参考文献[2]的结论是不妥当的。

3) 讨论:

$$Z_{AB \cdot N} = 0.67Z_1 (L + L') + Z_1 L = 0.85Z_1 L_1$$

$$L=0 \text{ 时, } Z_{AB \cdot N} = 0.67Z_1 L' + Z_1 L = 0.85Z_1 L_1$$

$$0.67L' + L = 0.85L_1$$

因为 $L + L' = L_1$

当 $L < 0.454L_1$ 或 $L' < 0.546L_1$ 时,如无式(3)条件,N 侧相间距离保护将动作,M 侧接地距离动作,将发生非选择性动作切除了两个接地点。

在上述分析小电流接地系统串网络中两相异地点接地故障特征的基础上,提出一个新的判据,即公式(3)。

在串网络中,利用两相异地点接地时,故障相的电压比值判据来防止相间距离保护误动。在图 1 串网络 d_A 、 d_B 两点接地时,故障相电压特征如下:

$$U_{A \cdot N} = Z_1 (L + L') (I_A + 3KI_0) + Z_1 L I_A$$

$$U_{B \cdot N} = Z_1 L I_B$$

$$I_A = -I_B$$

$$Z_0 = 2Z_1 \quad K=0.33$$

当 $L=0$ 时,即 d_A 点在相邻下一线路 ML 的首端接地,而 d_B 点在 NM 线路上,按上述的分析 $L < 0.454L_1$ 或 $L' < 0.546L_1$ 时将发生非选择性动作,而此时按式(3)的电压比值为:

$$\frac{|U_{A \cdot N}|}{|U_{B \cdot N}|} = \frac{|Z_1 L (1 + K) I_A + Z_1 L I_A|}{|Z_1 L I_B|} = \frac{1.33L}{L} + 1$$

边界条件: $L = 0.454L_1$ 或 $L' = 0.546L_1$

$$\frac{|U_{A \cdot N}|}{|U_{B \cdot N}|} = \frac{1.33 \times 0.454L_1}{0.546L_1} + 1 = 2.106$$

当: $L > 0$ 、 $L' > 0.454$ 或 $L < 0.546$

$$\frac{|U_{A \cdot N}|}{|U_{B \cdot N}|} > 2.106$$

故本装置提出的新判据式(3)定为故障相电压 $|U_{PX}|$ 、 $|U_{PY}|$ ($|U_{PX}| > |U_{PY}|$) 的比值小于整定值 $K_{V \cdot Set}$ 就能防止上述 N 侧相间距离保护的误动作。

按上述故障电压分析, $K_{V \cdot Set}$ 选为 1.5,能保证在小电流接地系统两相异地点接地时相间距离保护正确动作。

综上,按式(1)~(5)判据,DPC-2D在图 1 网络

中能保证在任何类型故障时距离保护有 100% 的选择性。

3 并联线路发生两相异地点接地时动作行为分析及自适应切除逻辑

如图 2, 在一个变电站有几条出线的并行网络中, 发生两相异地点接地点时, 对有接地点的线路均有零序电流, 按式 (2) 闭锁相间距离保护, 但是按式 (5) 有接地点的两条线路接地距离保护将开放工作, 测量阻抗 Z_A 、 Z_B 为:

$$Z_A = Z_1 L, \quad Z_B = Z_1 L$$

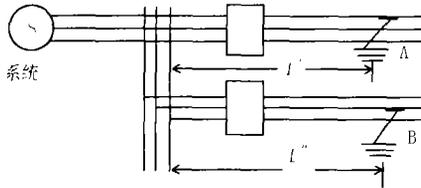


图 2 小电流接地系统并联网中两相异地点接地故障图

Fig 2 Double ground fault with different places in parallel net of non-solid earthed power systems

若一个接地点在 I 段、另一个接地点在 II 段保护范围内, 则只切除一个接地点, 正确动作。

若两个接地点都在 I 段或 II 段保护范围内将切除两条线切除两个接地点, 即发生非选择性动作。防止非选择性动作的措施如下:

将并联线路按用户重要等级排序, 1 级为最重要用户, 发生两相异地点接地时, 由用户等级低的接地距离保护动作去闭锁用户等级高的接地距离保护, 这样就只切除用户等级低的接地点 (线路)。

为达到这一要求按图 3 构成接地距离自适应跳闸逻辑, 闭锁逻辑由接地距离动作条件经开关量输出到高级用户的开关量输入。用户重要性等级最低的为 N 。

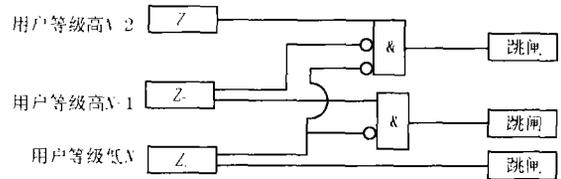


图 3 并联网中两相异地点接地自适应跳闸逻辑

Fig 3 Self-adaptation switching off logic of double ground fault with different places in parallel net

4 结论

本文提出的小电流接地系统距离保护判据, 能保证在小电流接地系统中发生任何类型故障时, 距离保护都具有选择性, 解决了小电流接地系统发生两相异地点接地时, 至少有 1/3 机率非选择性动作, 切除两个接地点的难题。

参考文献:

- [1] 贺家李, 宋从炬. 电力系统继电保护原理 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Principle of Relay Protection in Power System [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1985.
- [2] 李瑞生, 任志航, 王清建, 等. 小电流接地系统距离继电器动作行为分析 [J]. 继电器, 2004, 32(15): 23-25.
LI Rui-sheng, REN Zhi-hang, WANG Qing-jian, et al. Analyzing the Operation of Distance Protection in Non-solid Earthed Power Systems [J]. Relay, 2004, 32(15): 23-25.

收稿日期: 2005-05-31; 修回日期: 2005-09-07

作者简介:

钟岷秀 (1937 -), 男, 教授, 主要从事电力系统继电保护和综合自动化研究; E-mail: kynyznd@163.com

刘天寿 (1963 -), 男, 工程师, 主要从事电力系统继电保护和综合自动化研究;

曾毅 (1973 -), 男, 工程师, 主要从事电力系统继电保护和综合自动化研究。

A new criterion of distance protection for non-solid earthed power system

ZHONG Min-xiu¹, LU Tian-shou², ZENG Yi², LI Xiao-dong³, JU Yu-feng³

(1. Chongqing University, Chongqing 400041, China; 2. Zunyi Electric Power Bureau, Zunyi 563000, China;

3. Chongqing Keyuan Energy Technology Development Co., Ltd, Chongqing 400041, China)

Abstract: A new criterion of distance protection for non-solid earthed power systems is proposed. The operation of distance protection is analyzed. When double ground short circuit with different places in series net of non-solid earthed power systems, only one fault point is broken. When double ground short circuit with different places in parallel net, a ground point is cleared by self-adaptation mean. The problem of non-selection operation of relay protection in non-solid earthed power systems is solved.

Key words: distance protection; non-solid earthed power systems; criterion