

横联差动电流方向保护闭锁措施的研究

赵一¹, 罗建¹, 鄢安河², 张太升²

(1. 重庆大学电气工程学院, 重庆 400044; 2. 河南电力调度通信中心, 河南 郑州 450052)

摘要: 横联差动电流方向保护是双回线的专用保护, 当平行双回线只有单回线运行时必须闭锁横差保护, 由于某种原因使线路本侧或对侧断路器跳开时横差保护也不应该误动。横差保护需附加若干闭锁措施才能保证不误出口。从双回线路横差保护的基本动作原理出发, 结合动作判据, 探讨了大电流接地系统同杆双回线横差保护在各种情况下闭锁的原因, 并提出了一些闭锁措施, 为保护的正确动作提供了理论依据。

关键词: 同杆双回线; 横联差动电流方向保护; 大电流接地系统; 判据; 闭锁

The lock method study of transverse differential current direction protection

ZHAO Yi¹, LUO Jian¹, YAN An-he², ZHANG Tai-sheng²

(1. School of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. Henan Power Dispatch & Communication Center, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Transverse differential current direction protection is a special protection for double-circuit lines on the same pole. Transverse differential protection must be locked when there is one line operating on the parallel double-circuit lines. It should not be misoperation when the breaker is tripping off for some reasons. Transverse differential protection need additional lock measures to guarantee from error outlet. According to the principle and action criterion of transverse differential protection, this paper conducts an investigation in all kinds of reasons of lock on high-current grounded system and brings forward some lock methods. This offers a theoretical basis to guarantee the protection's exact action.

Key words: double-circuit lines on the same pole; transverse differential current direction protection; high-current grounded system; criterion; lock

中图分类号: TM773 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)07-0006-04

0 引言

横差保护是双回线的专用保护, 其中横差电流方向保护可以应用于电源侧和无电源侧, 适应性较强, 是目前普遍采用的横差保护类型。其原理是: 在平行线外部短路时, 如果两回线的参数相同, 则两回线的电流相等, 差动电流为零; 在内部短路时有差动电流出现, 根据差动电流的方向选出故障线。

横差保护是速动保护, 不反应外部短路, 所以在动作时限上不需与相邻保护相配合, 也不需像线路纵差保护那样的光纤通道。由于保护装置中具有功率方向元件, 平行线路中任何一回线路发生故障时, 由功率方向元件来正确判别选择, 并快速切除故障线路。实际运行中较简单可靠, 但是也不是任何情况均适用的, 双回线只有单回线运行时必须闭锁横差保护, 由于某种原因使线路本侧或对侧断路器跳开时横差保护也不应该误动。本文从横联差动

电流方向保护的原理出发, 主要探讨大电流接地系统同杆双回线横差保护在各种情况下闭锁的有关原因和措施。

1 横联差动电流方向保护的基本原理

为分析闭锁措施提供理论依据, 本文先从横差保护的基本原理和判据入手来进行论述。双回线路模型如图 1。

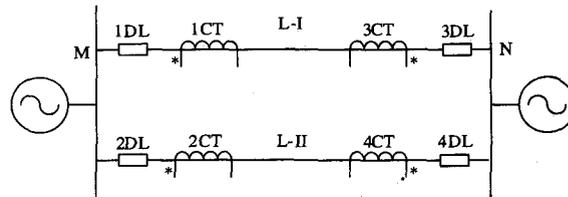


图 1 同杆双回线路系统图

Fig.1 Systematic diagram of double-circuit line

横差电流方向保护由几个主判据元件组成: ① 电流比率制动差动元件(简称为差动元件), 其作用是判别双回线的内部及外部短路; ② 差电流方向元件(又称为选择元件)其作用是双回线内部短路时选择出故障线路。在 A、B、C 三相中至少同时有一个同名相的差动元件和选择元件都动作时, 横差保护才出口。

(1) 差动元件动作方程

$$|I_I - I_{II}| \geq k |I_I + I_{II}| \quad (1)$$

$$|I_I - I_{II}| \geq I_{opset} \quad (2)$$

式中: k 为制动系数, I_I 为横差保护测量的 I 回线的相电流, I_{II} 为横差保护测量的 II 回线的相电流, I_{opset} 为最小差流定值。

(2) 选择元件动作方程

所用功率方向继电器采用正序电压极化的功率方向继电器, 选择元件包含三个功率方向继电器, 最灵敏角为 60° 。动作方程为:

$$150^\circ > \arg \frac{U_{I\phi}}{I_{I\phi} - I_{II\phi}} > -30^\circ \quad (3)$$

其中: $U_{I\phi}$ 为正序电压, $I_{I\phi}$ 为本线路相电流; $I_{II\phi}$ 为邻线路的相电流。 ϕ 分别代表两条线路的 A、B、C 三相。

选本线的动作区为 $[-30^\circ, 150^\circ]$, 选邻线动作区为 $[150^\circ, 330^\circ]$ 。

2 横差保护的若干闭锁

2.1 在单回线运行时应闭锁横差保护

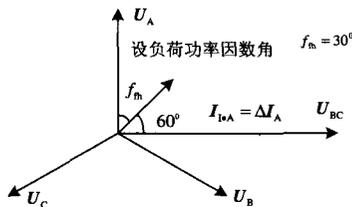


图 2 单回线正常运行时电压电流相量图

Fig.2 Voltage and current phasor diagram when single line normal running

横差保护是双回线的专用保护, 单回线运行时需要闭锁。原因如下:

假设 I 回线运行、II 回线停运, 式(1)显然满足, 差动元件动作, 以 A 相为例, B、C 相同理, 如图 2。

$$\phi_{IA} = \arg \frac{U_{IA}}{\Delta I_A} = \arg \frac{U_{IA}}{I_{IA} - I_{IIA}} = 30^\circ$$

满足式(3)的选本线范围, 所以健全线 I 将被跳开。为了避免这种情况需要闭锁横差保护。

闭锁方法: 采用双回线本侧两个断路器 1DL、2DL 的辅助接点去起动横差保护出口的“与”门。1DL、2DL 的接点都闭合时输出为 1, 辅助于差动元件和选择元件的动作, 横差保护出口, 若其中任何一个主触头断开, 横差保护被闭锁, 原理如图 3 所示。考虑到阻抗元件闭锁, 一回线的测量阻抗小于整定阻抗(分别设为 Z_K 和 Z_{set}), 另一回线的测量阻抗大于整定阻抗, 证明是单回线运行, 这也可以作为一个判据。

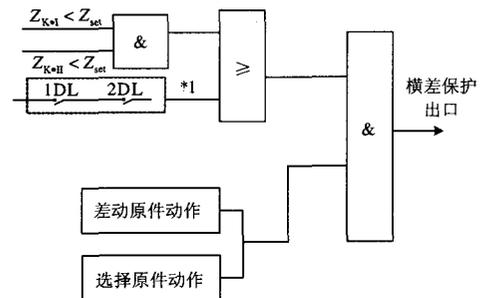


图 3 单回线运行闭锁横差保护框图

Fig.3 Block diagram of locking transverse differential protection when one line operating

2.2 对一回线发跳闸命令后禁止再向另一回线发跳闸命令

在故障线路相继动作时, 非故障线路会误跳。横差保护出口动作, 发出跳开故障线路本侧断路器的命令, 同时还应发出禁止向本侧另一回线(健全线)的断路器发出跳闸命令, 即将其闭锁。理由如下:

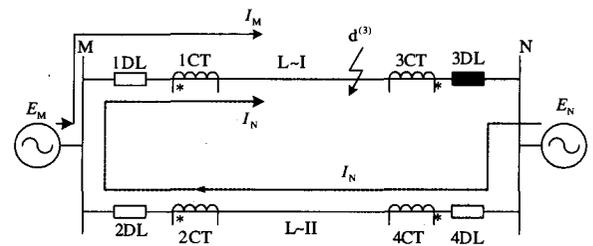


图 4 靠近 L-I 的 N 侧发生三相短路后的系统图

Fig.4 System diagram when there is a three-phase short-circuit on L-I next to N side

如图 4, 双回线路在 L-I 靠近 N 端发生三相短路, 横差保护发出跳线路本侧 3DL 的命令, 当 3DL

跳开后, 流过 1CT 的电流 $I_{1CT} = I_M + I_N$, 流过 2CT 的电流 $I_{2CT} = -I_N$ 。则 $I_{1CT} - I_{2CT} = I_M + 2I_N$, 其值较大; 而 $I_{1CT} + I_{2CT} = I_M$, 其值较小。故 $|I_{1CT} - I_{2CT}| \geq k |I_{1CT} + I_{2CT}|$ (k 取 0.15~0.5, 下同), M 侧三相的差动元件动作。

M 侧的三相选择元件能准确判断出短路点在 L-I 内部, 则 M 侧横差保护出口相继动作将 1DL 跳开, 这个结论是正确的。

但是在 3DL 跳开后, 流过 3CT 的电流 $I_{3CT} = 0$, 流过 4CT 的电流 $I_{4CT} = I_N$, 显然 $|I_{3CT} - I_{4CT}| \geq k |I_{3CT} + I_{4CT}|$, N 侧三相的差动元件动作。

不妨设线路阻抗角为 70° , 则 N 侧三相选择元件的测量角为 250° , 位于 $[150^\circ, 330^\circ]$ 范围内, 向量分析见图 5。

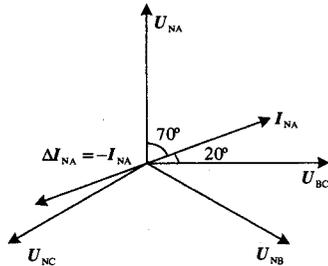


图 5 3DL 跳开后, N 侧 A 相选择元件的测量角分析图

Fig.5 N side measurement angle of A-phase selection element, when 3DL tripping off

图 5 中, I_{NA} 为图 4 的 3DL 跳开后的短路电流 I_N 的 A 相电流。则 $\arg \frac{U_{NA}}{\Delta I_{NA}} = 250^\circ$, 按照选择

元件动作方程, 在选邻线动作区 $[150^\circ, 330^\circ]$ 内, 故判断出短路点在 L-II 线。

上面是以 A 相选择元件为例分析, 若分析 B、C 相, 所得结论相同, 在此略去。

根据以上分析, 由于选择元件错误地判断出短路点在 L-II 线路上, 将 4DL 跳开, 1DL 与 4DL 相继跳闸, 很明显 4DL 是误跳。防止这种误跳的办法是: 在短路初始时刻, N 侧横差保护出口动作发出跳开 3DL 的命令, 同时再发出另一个禁止 4DL 跳闸命令。

2.3 双回线任一线路的任何相别断线时横差保护误跳的情况

不妨令 L-I 线路一相或两相断线, 如图 6 所示, 在此假设为一相断线(以 A 相为例)。

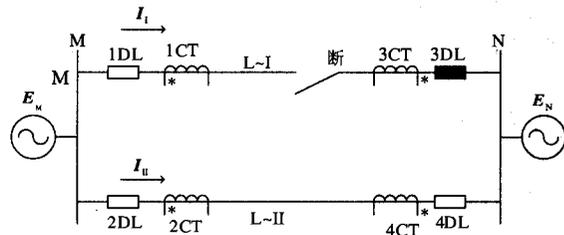


图 6 L-I 断线时的系统图

Fig.6 System diagram when L-I break

L-I 的 A 相电流 $I_{I.A} = I_{I.C.A}$ (L-I 的 A 相线路充电电容电流), L-II 的 A 相电流 $I_{II.A} = I_{II.fh.A}$ (L-II 的 A 相负荷电流)。设负荷功率因数角 $\varphi_{fh} = 30^\circ$, A 相差动元件的动作方程:

$$|I_{I.A} - I_{II.A}| > k |I_{I.A} + I_{II.A}|$$

$$\Leftrightarrow |I_{I.C.A} - I_{II.fh.A}| > k |I_{I.C.A} + I_{II.fh.A}| \quad (4)$$

见图 7, 方程(4)满足, 则 A 相差动元件动作。

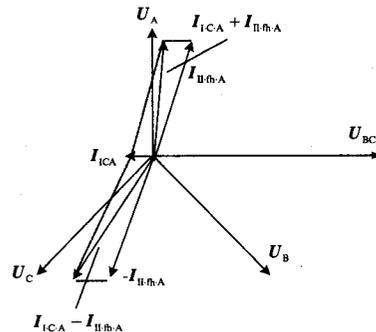


图 7 L-I 的 A 相断线时电流电压相量图

Fig.7 Current and voltage phase phasor diagram when A phase breaking happens on L-I

由图 7 看出, A 相选择元件的测量角大概是 240° 左右, 位于 $[150^\circ, 330^\circ]$ 范围内, 选择元件误判健全线 L-II 为故障线路, 横差保护误跳 2DL, 将 L-II 跳开。

为了防止双回线任一线路的任何相别断线时横差保护误跳非故障线路, 可采用 CT 断线闭锁。任一相差流大于 $0.1I_n$ 时启动 CT 断线判别程序, 从而将横差保护跳健全线相的出口闭锁。

2.4 双回线接到两段母线上的情况

双回线分别与两段母线相连, 当母线故障时, 如果母联开关先动, 则可能使得横差保护误动。

双回线对端分别接于两段母线上, 且两段母线间有母联断路器 DL_m , 如图 8, 设双回线正常运行时 DL_m 处于闭合状态, 当二段母线发生短路时(以

三相短路为例),对两侧横差保护而言为外部短路,两侧横差保护都不动作,其他相关保护将 2DL 及 DL_母跳开,由于分段联络断路器和线路断路器跳闸时间的差别,2DL、DL_母一般不会同时跳。将出现下面两种情况:

- (1) 2DL 先跳, DL_母尚未跳时。此时的双回线变成 L-I 单回线带区外故障,为了避免误切 L-I 线路,同 2.1 所述, M、N 两侧的横差保护被闭锁。
- (2) DL_母先跳, 2DL 尚未跳时, 近端横差保护也要误切健全的 L-I 线路。分析如下:

N 侧 L-I 的 A 相电流为: $I_{I.N.A} = -I_{I.fh.A}$ (L-I 的 A 相负荷电流); N 侧 L-II 的 A 相电流为: $I_{II.N.A} = -I_{II.d.A}$ (L-II 的 A 相短路电流)。

则 N 侧 A 相差动元件动作方程判据:

$$|I_{I.N.A} - I_{II.N.A}| > k |I_{I.N.A} + I_{II.N.A}|$$

可以化为:

$$|-I_{I.fh.A} + I_{II.d.A}| > k |-I_{I.fh.A} - I_{II.d.A}| \quad (5)$$

式(5)满足, 则 N 侧 A 相差动元件动作。

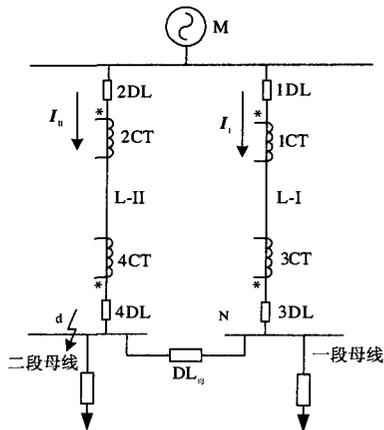


图 8 双回线 N 侧有母联断路器

Fig.8 Bus-connected circuit breaker on N side

由图 9, N 侧选择元件的测量角为:

$$\phi = \frac{U_{NA}}{I_{I.N.A} - I_{II.N.A}} = \frac{U_{NA}}{-I_{I.fh.A} + I_{II.d.A}} = 80^\circ \text{ 左右}$$

符合选本线条件的动作条件[-30°, 150°], 所以位于 N 的选择元件选择 L-I 为故障线路, 并将 3DL 跳开。由于本推导的前提是二段母线三相短路, 此时明显属于误跳。

这种情况下需要延时等母联开关的位置(接到闭锁横差保护开入), 可由控制字选择投入横差保护延时 40~60ms 出口。

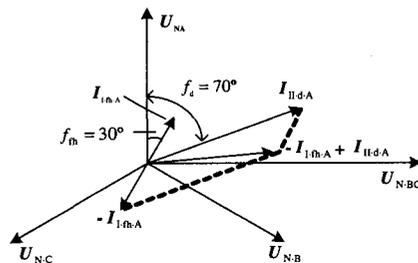


图 9 N 侧横差保护误动分析图

Fig.9 N side transverse protection misoperation diagram

可行的实现方法如图 10。

当 DL_母闭合时, 其辅助常开接点也闭合, “与”门不闭锁, N 侧横差保护快速跳开 3DL。当 DL_母断开时, 其辅助常开接点也断开, “与”门被闭锁, N 侧横差保护延时 $t=40\sim60\text{ms}$ 跳开 3DL, 这就保证了 3DL 跳闸在 2DL 跳闸之后。这样, 2DL 先跳开后, N 侧横差保护返回, 3DL 也不会误跳。

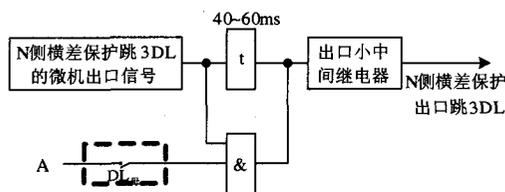


图 10 防止 3DL 误跳的方法框图

Fig.10 Method of preventing 3DL misoperation

图 10 中, 若 A 侧虚线框内换成 “N 侧母联保护微机出口信号” 加 “非” 门的形式, 同样能达到目的, 简图略。

另外, 在母联断路器断开使双回线解列运行时, 为了防止横差保护误动, 可以在正常运行时检查两回线的同名相电流是否相等, 如不相等说明对侧母联线断开, 应退出横差保护。

2.5 复合电压闭锁元件

包括负序电压和低电压闭锁措施, 整定原则是在躲过正常运行的最低电压和躲过电压互感器不平衡负序电压的基础上, 保证线路末端故障时有足够的灵敏度。如果线路不是很长, 灵敏度能满足要求, 建议投入此元件。

满足以下任一条件, 复压元件动作:

- a) 任一相间电压 < 低电压定值;
- b) 负序电压 > 负序电压定值。

“复压闭锁投” 控制字投入时, 在低电压元件或负序电压元件动作时开放横差保护。

(下转第 14 页 continued on page 14)

- al. Abrupt Change Detection with Wavelet for Small Current Fault Relaying[J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(10): 78-82.
- [5] 吴军基, 杨敏, 杨伟, 等. 暂态高频分量能量法小电流接地故障选线[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(6): 14-17. WU Jun-ji, YANG Min, YANG Wei, et al. Fault Line Detection Using Transient High Frequency Energy for Small Current Grounding System[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(6): 14-17.
- [6] Zhao J, Smith C D, Varlow B R. Substation Monitoring by Acoustic Emission Techniques[J]. IEE Proceedings on Science, Measurement and Technology, 2001, 148(1): 28-34.
- [7] 徐玉秀, 侯荣涛, 杨文平. 广义分形维数在旋转机械故障诊断中的应用研究[J]. 中国机械工程, 2003, 14(21): 1812-1815. XU Yu-xiu, HOU Rong-tao, YANG Wen-ping. Application of General Fractal Dimension to Coupling Fault Diagnosis[J]. China Mechanical Engineering, 2003, 14(21): 1812-1815.
- [8] 盛永刚, 许耀, 李志宏, 等. 气体吸附法测定二氧化硅干凝胶的分形维数[J]. 物理学报, 2005, 54(1): 221-228. SHENG Yong-gang, XU YAO, LI Zhi-hong, et al. Determination of Fractal Dimensions of Silicom Dioxide Xerogel by Means of Gas Absorption[J]. Acta Physica Sinica, 2005, 54(1): 221-228.
- [9] 杜干, 张守宏. 基于多重分形的雷达目标的模糊检测[J]. 自动化学报, 2001, 27(2): 174-179. DU Gan, ZHANG Shou-hong. Fuzzy Detection of Radar Targets Based on Multifractal Analysis[J]. Acta Automatica Sinica, 2001, 27(2): 174-179.
- [10] Muzy J F, Bacry E, Ameodo A. Wavelet and Multifractal Formalism for Singular Signals: Application to Turbulence Data[J]. Physical Review Letters, 1991, 67(2): 3515-3518.
- [11] Bacry E, Muzy J F, Ameodo A. Singularity Spectrum of Fractal Signals From Wavelet Analysis: Exact Result[J]. Journal of Statistical Physics, 1993, 70(3): 635-675.

收稿日期: 2007-08-22; 修回日期: 2007-10-10

作者简介:

杜延辉(1981-), 男, 硕士研究生, 主要从事信号分析和电力系统继电保护研究; E-mail: duyanhui2008@tom.com

张勤(1968-), 女, 副教授, 主要从事铁道电气化自动化及变电站综合自动化研究;

何岩(1981-), 男, 硕士研究生, 主要从事变电站综合自动化研究。

(上接第9页 continued from page 9)

2.6 PT 断线闭锁

PT 断线一般可以分为一次侧断线和二次侧断线, 无论是哪一侧的断线, 都将会使 PT 二次回路的电压异常, 影响继电保护装置的正确动作。

在大电流接地系统中, 满足下面条件即可判断 PT 断线:

a) 三相电压和不为零, $U_A + U_B + U_C > 7V$,

用于检测一相或两相断线;

b) 三相电压均小于 8 V, 且双回线任一相电流 $> 0.04I_n$ (I_n 为每一条线路的额定电流), 或者双回线任一断路器在合位, 用于检测三相失压。

以上条件满足瞬时闭锁横差保护。

3 结论

本文详细分析了横联差动电流方向保护的基本原理和大电流接地系统下的动作判据, 并以此展开, 对横差保护的闭锁措施做了定性的研究, 如在单回线运行的情况、双回线先跳一回线后的情况、双回线接到两段母线上且母线故障时的情况、任一线路的任何相别断线的情况下的闭锁措施, 以及复压闭

锁、PT 断线闭锁等, 为同杆双回线的横差保护实现提供了理论依据。

参考文献

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术(第三版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005. 270-277. ZHU Sheng-shi. Principle and Technology of Relay Protection in HV Network, Third Edition[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005. 270-277.
- [2] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1996. GE Yao-zhong. New Type of Protective Relaying and Fault Location Their Theory and Techniques[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1996.

收稿日期: 2007-09-11; 修回日期: 2007-10-09

作者简介:

赵一(1982-), 男, 硕士, 从事电力系统方面的研究; E-mail: zhaoyicqu@163.com

罗建(1960-), 男, 副教授, 主要从事继电保护的研究和教学工作;

郝安河(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。