

基于母联断路器为跳闸对象的保护方案综述

李新¹, 熊炬¹, 董泉¹, 鲁大勇²

(1. 信阳供电公司, 河南 信阳 464000; 2. 濮阳供电公司, 河南 濮阳 457000)

摘要: 概要介绍了母联断路器在系统中的作用及在与母联断路器相关位置发生系统故障时继电保护应有的动作行为, 针对母联安全性问题提出了相应的保护解决方案, 包括母联死区保护、母联充电保护、母联失灵保护、母联 CT 断线保护等。介绍不同母线接线方式下的死区保护方案及异常情况特殊保护处理方法; 针对传统方案和遵循“六统一”设计的系统, 分别阐述了充电保护方案及不同的失灵保护方法。在母联失灵保护方案中谈到了六统一设计规范下一种因跳母联不经电压闭锁而有可能误启动母联失灵的的概率事件。论述了母联 CT 断线后母线保护的运行方式自适应的调整方案。

关键词: 母联断路器; 母联死区保护; 母联充电保护; 母联失灵保护; 母联 CT 断线

Summary of relay scheme which trips bus-tie

LI Xin¹, XIONG Ju¹, DONG Quan¹, LU Da-yang²

(1. Xinyang Power Supply Company, Xinyang 464000, China; 2. Puyang Power Supply Company, Puyang 457000, China)

Abstract: This paper summarizes the function of bus-tie circuit breaker in the system and the necessary action of relay when system fault occurs at the place relative to the bus-tie circuit breaker. It introduces the solutions of the security of bus-tie including dead band protection of bus-tie, charging protection of bus-tie, bus-tie failure protection, bus-tie CT breaking protection, etc. It introduces the actions in dead band with different bus connections, and the special solutions of dead band protection when it is abnormal. Aiming to the traditional charging protection scheme and the new “Six Unite” charging protection scheme, the charging protection scheme and different failure protection schemes are elaborated. One kind of probable bus-tie breaker failure action logic because of bus-tie tripping without voltage interlock in the bus-tie breaker failure scheme is mentioned. At last, it points out bus protection’s adjusting scheme when bus-tie CT break occurs.

Key words: bus-tie circuit breaker; bus-tie dead band protection; bus-tie charging protection; bus-tie breaker failure scheme; CT breaking of bus-tie

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)22-0242-05

0 引言

电力系统中最简单的母线接线方式是单母线方式, 这种接线方式简单、清晰, 但存在母线故障时所有的配电装置全部停电的缺陷。因此, 由单母线发展出了分段母线(两段制及以上), 将母线从中间分开, 分开处装设可跳闸的母联/分段断路器, 满足供电可靠性的需求^[1-2]。

在母联/分段母线接线方式中, 母联断路器是两条母线电气联系的纽带, 一般情况下母联断路器是合闸状态, 即母线并列运行; 母联断路器是分闸状态, 即母线分列运行。并列运行时, 如果一段母线上发生故障, 瞬时切除该段母线的元件, 满足电力系统继电保护“速动性”的要求, 考虑到不将

故障波及到另一条母线上, 要求继电保护能够快速跳开母联断路器, 并列运行的两段母线解列运行, 满足电力系统继电保护“选择性”的要求。

母联断路器的使用, 使得继电保护的动有了选择性, 提高了供电可靠性, 但它也有一些负面的影响:

1) 保护发出动作跳令后, 如果母联断路器因操动机构发生拒动、二次控制回路解环等原因造成断路器不能正常跳开, 必须通过母联失灵保护(一般带有 200 ms 以上延时)切除另外一条与之相联的母线上元件, 切除时间较慢, 会对系统绝缘带来一定冲击。

2) 母联断路器需要配置隔离刀闸, 并列/分列运行操作复杂, 且易发生刀闸接地刀未解除时合闸的操作故障^[3]。

3) 母联合闸运行时, 两条母线通过母联交换功率, 当母联 CT 的二次回路断线时, 鉴于母联上功率方向的不确定性, 继电保护的動作一定会失去选择性。下面介绍与母联断路器相关的保护方案设计。

1 母联死区故障

1.1 母联死区位置

母联和 CT 之间发生故障时为死区故障, 这个位置的故障是一条母线的区内故障, 另一条母线的区外故障。如图 1 所示。

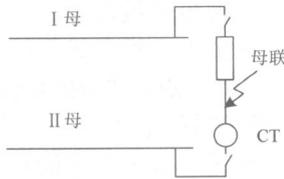


图 1 母联死区位置

Fig.1 Bus-tie blind position

1.2 双母线死区逻辑

I 母差动保护动作后, 即使保护正确跳开母联, II 母上的电源仍继续向故障点提供故障电流, 由于在 II 母和 CT 之间无断路器可以跳闸, 所以对这种母联死区故障必须加速 II 母跳闸切除 II 母上的连接元件。具体的加速措施为: 在母线保护动作跳开 I 母和母联断路器后判断母联断路器的位置, 如断路器在跳闸位置且母联上依然有较大的故障电流(程序内部设定门槛), 则保护认为是死区故障, 延时确认后即封掉母联 CT 电流, 破坏 II 母差动电流的平衡, 加速母线保护动作。死区保护的基本逻辑如图 2 所示。

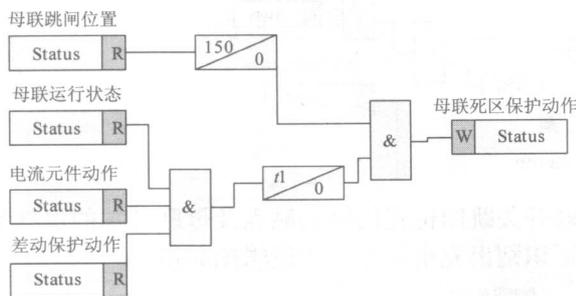


图 2 母联死区保护基本逻辑

Fig.2 Basic logic of bus-tie blind relay

母联死区的逻辑判别中引入了母联跳闸位置的判别, 是为了区分母联死区故障或者母联断路器失灵未正常跳开, 考虑到跳闸位置的辅助触点的二次回路错误或者触点卡死时死区保护无法动作^[3], 如果未投入母联失灵保护, 故障无法切除, 此时可以躲过母联死区延时和母联失灵延时 150 ms 之后固

定触发母联死区保护, 也就是说, 母联失灵保护或者母联死区的动作时间均满足之后, 如果故障依然无法切除, 则一定是两个保护都没有动作或者未正常跳开, 那么这种情况下我们选择直接加速死区保护动作, 完整的母联死区保护逻辑图如图 3 所示。

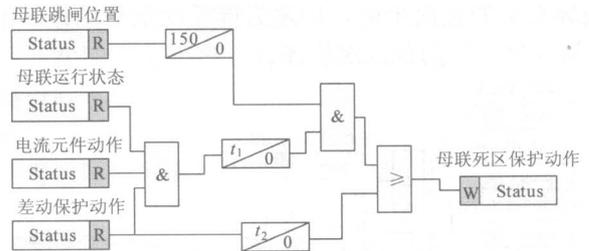


图 3 母联死区保护总体逻辑

Fig.3 Ensemble logic of bus-tie blind relay

图 3 中 t_2 为躲过母联失灵延时和母联死区延时 150 ms 之后的延时确认, 如图 4 所示。

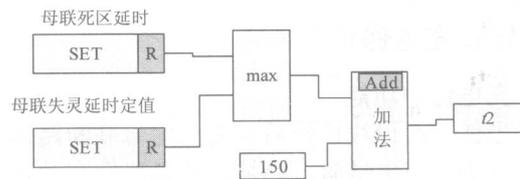


图 4 母联死区延时处理

Fig.4 Time delay processing of bus-tie blind relay

实际上, 母联死区保护最终的動作对象是 II 母母线保护动作, II 母动作后其实两条母线都已经动作了, 母线上所有的元件全部跳闸, 但 II 母上的元件是经过延时跳闸的, 而且 I 母的故障是不具备选择性的。针对这些问题, 有文献提出通过母联两侧均设置 CT, 两条母线的差流计算回路采用交叉接线的设计思路, 从文献最后的结论上来看, 母联开关双 CT 接入方式, 并不能彻底同时解决选择性和速动性的问题^[4], 但其接线方式因多配置一台 CT 而复杂很多。

1.3 双母双分死区逻辑

对于双母双分接线方式, 一般采用每套保护两面屏的方案, 由两面屏构成整个母线系统的差动保护, 以分段断路器位置定义左屏、右屏。分段上发生死区故障时, 单 CT 接线方式下必然是一面屏区外, 一面屏区内。假设左屏区内, 左屏先动作, 切除母联断路器。但由于死区位置的特殊性, 右屏为区外, 差流平衡, 右屏的差动保护不会动作, 右屏所保护的系統依然会提供短路电流。由于左屏和右屏为两个不同的保护装置, 且保护之间没有直接通信, 因此右屏无法象两段母线一样直接在保护逻辑内就可以根据左屏的差动动作标志去封母联 CT。在

这种情况下，我们在左屏的差动保护动作时输出一个启动分段死区的触点，该触点接入右屏的母线保护装置，右屏的保护装置根据启动分段死区开入、分段断路器跳闸位置、分段电流等判断是否是死区故障。如果满足死区故障条件则封掉分段 CT 电流，破坏右屏的差流平衡，加速右屏差动保护动作。图 5 为双母双分的死区逻辑图。

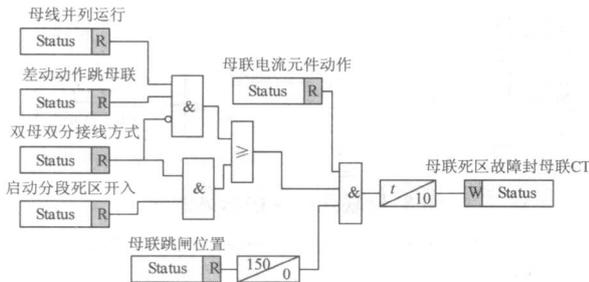


图 5 双母双分接线的死区逻辑

Fig.5 Bus-tie blind scheme of two-bus-two-segregation system

2 母联充电保护

2.1 充电保护功能

当任一母母线检修后需要利用母联断路器对检修母线进行充电试验，当被试验母线存在故障时，母联充电保护切除故障。

2.2 传统充电解决方案

习惯上有两种解决方案：一是使用母线保护中

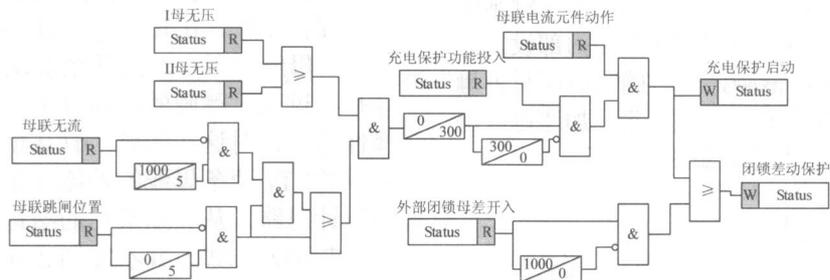


图 6 充电保护方案

Fig.6 Bus charge scheme

对于 110 kV 及以下系统，由于母线上连接的元件个数比较多，馈线较多，若充电于故障母线时保护装置动作，可能对运行、管理部门会比较敏感，责任重大，一般配置专门的充电保护装置。对于 220 kV 及以上系统，一般使用母联保护装置或母线保护装置的充电功能。

2.3 六统一充电方案

国家电网公司推出的六统一标准元件保护设计规范，在母线保护装置中不再保留母联充电保护功能，母联充电保护功能放到母联保护装置中。但母线保护装置需要根据母联断路器的手合触点、

的充电保护功能，二是配置专门的充电保护装置。

方案一时，母线保护装置根据系统运行工况及开关量状态自动识别出充电状态，当处于充电状态时闭锁母线差动保护 300 ms，若充于死区上，则可以根据大差连续动作 150 ms 后由差动后备保护切除母联元件和无位置元件；若充于故障母线上则由充电保护功能跳开母联开关。

方案二时，需要引入母联断路器的手合触点，作为母线保护装置的外部闭锁母差开入，防止在充到死区上母线保护装置的差动保护误动作切除运行母线。

充电保护是一种短时投入保护，它包括两种启动逻辑：其一，在至少一组母线无压的前提下（区别合环和充电），母联断路器的辅助触点的位置由分闸位置变为合闸位置（TWJ 由 1 变为 0）时；其二，考虑在合闸过程中跳闸位置触点的消失会有一定的时间，而一旦合闸于故障时电流量却能够迅速变化，母联断路器跳闸位置且母联电流由无电流变为有电流 ($I > 0.04 I_n$) 时。在上述两种情况下启动充电保护。充电保护启动后开放充电保护 300 ms，对于使用母线保护装置的充电保护功能时，为防止充电到死区故障上时运行母线不误动作则还需要闭锁差动保护 300 ms，充电保护的启动逻辑如图 6 所示。

母联开关跳闸位置的辅助触点及母联开关的电气量特征识别出充电状态，其逻辑图如图 7。



图 7 充电状态识别

Fig.7 Charging identify

当充到死区上时,母差保护瞬时跳开母联开关,当充到故障母线上时差动保护动作跳开被充母线,具体逻辑如图 8 所示。

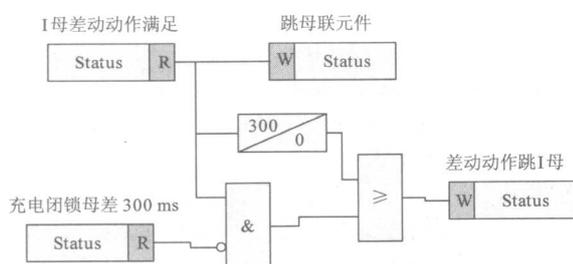


图 8 充电闭锁母差逻辑

Fig.8 Charge interlock bus differentiation logic

3 母联失灵保护

3.1 母联失灵的概念

保护对母联断路器发出跳闸命令,因回路错误或者机构拒动等原因造成跳闸失败时,由母联失灵保护动作切除母联所连接母线上的所有元件,隔离故障。

3.2 母联失灵保护动作逻辑

由于母联位置上的特殊性,母线保护上除非全相以外的保护动作均应该启动母联失灵保护,包括 I 母差动保护动作、II 母差动保护动作、充电保护动作、过流保护动作、外部启动母联失灵开入、断路器失灵保护动作;考虑到母联失灵时,两条母线的电压必然同时满足,同时母联失灵保护动作要有电流定值把关。考虑到断路器熄弧有一定时间,且母联失灵保护动作要切除两条母线上的元件,一般情况下母联失灵保护带有一定的延时时间(200 ms 以上)^[5],母联失灵的逻辑如图 9 所示。

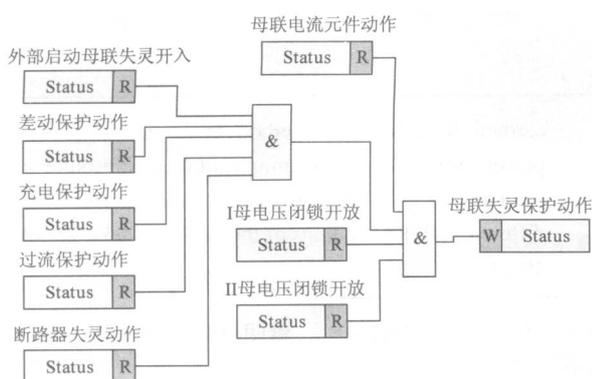


图 9 母联失灵动作逻辑

Fig.9 Differentiation logic

3.3 双母双分接线方式的失灵

对于双母双分接线方式,一般采用每套保护两面屏的方案,所以差动保护动作、充电保护动作、

过流保护动作、断路器失灵保护动作启动另外一面屏的母联失灵不能靠保护内部逻辑实现,需要将上述保护的跳令作为外部启动母联失灵开入启动母联失灵保护动作,这点同上面的双母双分的死区逻辑类似。

3.4 跳母联启动母联失灵

在国网公司提出的六统一标准化设计规范中,跳母联不要求经复合电压闭锁,当母线上重负荷 CT 断线时,差动保护应会动作跳开母联断路器,若此时母联断路器未正常跳开,再有一个区外故障或者区外扰动,则母联失灵保护可能会误切除两条运行母线的元件,实际上母线上无故障,当然这也只是极低的概率事件,只是存在理论上的可能性。

4 母联 CT 断线保护

并列运行情况下,母联 CT 断线时,与母联 CT 相连接的两条母线都有小差电流,而没有大差电流,所以母线保护不启动,差动保护不动作。但由于保护无法知道母联 CT 电流的方向,如果某条母线上发生了故障,母线保护可能拒动,也可能误动,母线保护的动作为会失去选择性,详细分析如下:

通过试验手段模拟 CT 断线后保护的动作为,且不考虑在由负荷状态过渡到故障状态过程中的相角变化的情况,假设差动保护的动作为电流定值为 3 A,此时母联 CT 电流为 2 A,故障电流为 4 A,母联 CT 的极性与 I 母 CT 极性一致。有以下两种情况。

1) 断线前母联电流流向 I 母,若 I 母发生故障,断线后 I 母的差流为 $4-2=2$ A,差动保护未到定值门槛,保护拒绝动作,实际上应该动作。而 II 母上的差流为 4 A, II 母差动保护会误动作;

2) 断线前母联电流流向 II 母,若 II 母发生故障,则 II 母的差动电流为 $4-2=2$ A,则 II 母不会动作,而 I 母上的差流为 4 A, I 母差动保护会误动作。

在实际的高压或者超高压的网络中,故障前的负荷状态和故障状态,电流的相角会发生较大变化,有接近 90° 的误差,理论上应该把故障前的母联 CT 电流和故障状态的电流进行矢量运算,但最终保护的动作为与试验手段是一致的,即保护会因无法获取母联 CT 断线前潮流的方向而使动作为失去选择性。

在这种情况下,从保障电力系统安全运行的角度考虑,需要快速切除故障,此时保护将两条母线合并为一条单母线,也即在母联 CT 断线后,保护进入单母运行方式,保护动作时同时切除两条母线

上所有的连接元件。此时虽然失去了选择性，但保证了可靠性，能够及时切除故障，保障电力系统的安全。

5 其他

变压器或者发变组保护的后备保护中也有很多基于母联断路器为跳闸对象的保护方案。

有母联断路器的两段制母线系统中，变压器保护或发变组保护的后备保护范围一般延伸到母线，作为母线保护的远后备，即跳开母联开关。如后备保护动作，则可能是母联开关和变压器相连接的母线故障，在躲开母线保护主保护的动作时限后，由变压器后备保护动作跳开母联，满足继电保护“选择性”要求。

220 kV 变压器复压过流保护一般指向母线侧，保护动作时跳开母联；500 kV 的阻抗保护一般延伸到母线侧，相间阻抗保护动作时也跳开母联开关，尝试隔离故障母线，保住非故障母线。

对于发变组保护也存在这种保护设计方案，如果发变组的后备保护（相过流、零序过流、阻抗保护）动作，也可以切开母联开关，实施隔离故障的措施。

6 结论

本文概要论述了母线保护、母联保护、充电保护等保护功能作用于母联跳闸的保护方案，探讨了每种保护的详细设计方案及这些方案在特殊情况的处理措施，对于电力系统保护运行人员和电力工程设计人员有一定的指导意义。

参考文献

[1] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.

(上接第 241 页 continued from page 241)

[10] 曾祥君, 尹项根, 张哲, 等. 零序导纳法馈线接地保护的研究[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21 (4): 5-10. ZENG Xiang-jun, YIN Xiang-gen, ZHANG Zhe, et al. Study on feeder grounding fault protection based on zero sequence admittance[J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21 (4): 5-10.
[11] 唐轶, 陈奎, 陈庆. 导纳互差之绝对值和的极大值法小电流接地选线研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25 (6): 49-54. TANG Yi, CHEN Kui, CHEN Qing, et al. Study on

HE Jia-li, SONG Cong-ju. Principle of power system protective relaying[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1994.

[2] 贺家李. 电力系统继电保护技术的现状与发展[J]. 中国电力, 1999, 32 (10): 38-40. HE Jia-li. Current situation and development of relay protection of power system technology[J]. Electric Power, 1999, 32 (10): 38-40.
[3] 周玉兰, 王俊永, 王玉玲. 2001年全国电网继电保护与安全自动装置运行情况与分析[J]. 电网技术, 2002, 26 (9): 58-63. ZHOU Yu-lan, WANG Jun-yong, WANG Yu-ling. Operational situation and analysis of domestic protective relaying and secure automation devices in 2001[J]. Power System Technology, 2002, 26 (9): 58-63.
[4] 任立辉, 樊文东, 程天保. 母线保护中母联死区故障保护逻辑的研究[J]. 继电器, 2006, 34 (10): 12-14. REN Li-hui, FAN Wen-dong, CHENG Tian-bao. Research of busbar protection's logic on dead zone fault of coupler[J]. Relay, 2006, 34 (10): 12-14.
[5] 常凤然. 高压电网失灵保护的若干问题分析[J]. 继电器, 2008, 28 (3): 51-53. CHANG Feng-ran. Analysis of the CB failure protection of HV power network[J]. Relay, 2008, 28 (3): 51-53.

收稿日期: 2010-05-28; 修回日期: 2010-09-28

作者简介:

李 新 (1973-), 女, 本科, 工程师, 从事继电保护技术及管理工作; E-mail: xygdgssjb@yahoo.cn
熊 炬 (1970-), 男, 本科, 高级工程师, 从事电网调度、继电保护及自动化管理工作;
董 泉 (1971-), 男, 本科, 高工, 从事电网调度、继电保护及自动化管理工作。

earthed fault location method in indirectly grounding power system using maximum value of absolute value summation of measurement admittance mutual difference[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25 (6): 49-54.

收稿日期: 2009-11-28; 修回日期: 2010-03-15

作者简介:

陈 奎 (1973-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事电力系统继电保护和煤矿供电系统的研究和教学工作。E-mail: jdbh2001@163.com