

充电至母联死区保护的研究及应用

占捷文, 谭 凌, 祖连兴

(国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 阐述了充电至母联死区故障的概念和相应保护的重要性, 分析了各种运行方式下母联死区故障的特征, 认为快速准确地判断出母联开关合闸充电时刻是实现保护的关键。提出了基于母联跳位接点(TWJ)、母联手合接点(SHJ)及母联充电电压板的3种解决方案并对其优缺点进行分析; 介绍了实现母联SHJ方案的保护逻辑, 通过对母联电流、母联TWJ及SHJ运行状态进行实时监测及逻辑分析, 保护可准确地跟踪充电操作的全过程, 在发生充电至母联死区故障时可迅速地作出反应。通过动模实验证明该保护灵敏可靠, 能满足现场工程应用的要求。

关键词: 母线保护; 差动保护; 充电至母联死区故障; 继电保护; 监视

中图分类号: TM 773

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.06.031

0 引言

目前, 在我国电网中广泛使用的微机型母线保护装置一般采用电流差动保护原理^[1-3], 除了配置作为主保护的母线差动保护外, 还配置有断路器失灵保护、母联死区保护、母联失灵保护、母联充电过流保护等, 可对处于各种运行方式下的母线及母联等一次设备提供全方位的保护。但是传统的微机母线差动保护装置均没有考虑充电至母联死区这种特殊故障^[4-5], 因此研究及应用安全可靠的充电至母联死区保护, 可提高母线的安全运行水平, 具有重要的现实意义。

1 充电至母联死区故障

充电至母联死区故障是指对于具有多段母线的母线(如双母线), 某段停运母线准备重新投入运行, 若此时母联开关与母联电流互感器(TA)(在停运母线侧)之间存在故障, 通过合上母联开关向停运母线充电的操作将会导致直接合于死区故障上。故障示意图见图1, 其中母线I为运行母线, 母线II为停运母线, K_1 为死区故障点。

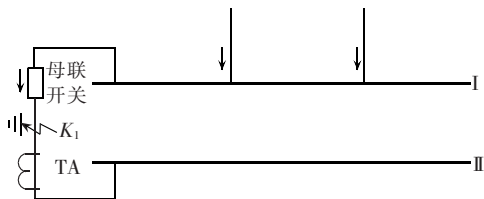


图1 充电至母联死区故障示意图

Fig.1 Schematic diagram of BED fault

系统发生充电至母联死区故障时各保护的动作为如下。

a. 母线差动保护。对于采用电流差动原理的母

线差动保护一般以大差电流为故障判断元件、小差电流为故障选择元件^[6], 2段母线的保护范围以母联TA为界。若系统发生上述故障, 由于故障点在母线I的差动保护范围内, 母线差动保护的大差动作元件与母线I的小差动作元件均满足动作条件, 母线I差动保护动作并将母线I上所有元件切除。

b. 母联充电保护。虽然含有母联充电保护的母线保护装置可以实现充电期间闭锁母线差动保护的功能^[7-8], 但是由于故障点在母联死区, 母联TA在母线II侧, 且母线II是空母线, 故障发生时将不会有故障电流流过母联TA, 母联充电保护因采集不到母联电流而无法动作, 也无法通过启动母联充电保护来闭锁母线差动保护。

综上所述, 系统发生充电至母联死区故障时, 母线差动保护将会切除运行母线, 而此时另一段母线是空母线, 将有可能造成全站失压。因此, 在国家电网发布的Q/GDW175—2008《变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范》中, 明确提出“母线保护应能自动识别母联(分段)的充电状态, 合闸于死区故障时, 应瞬时跳母联(分段), 不应误切除运行母线”^[9], 这就要求母线保护装置必须设置充电至母联死区保护, 妥善解决此问题^[10]。

2 故障状态分析

以双母线为例, 对各种运行方式下发生死区故障时, 母线保护装置接入的电气量及开关量在故障前后的状态进行分析, 分析结果见表1。

分析结果显示, 要在各种故障中辨别出充电至母联死区故障, 仅根据某个时刻的电气量或开关量是无法实现的, 必须依靠故障前后全过程的电气量和开关量才能完成。

3 故障判断的难点

虽然充电至母联死区故障可由表 1 中所列的 5 个状态量唯一确定,但在实际应用中,必须要考虑接入母线保护装置的母联开关状态量变化与一次开关的同步问题:母线保护装置通过母联开关 TWJ 来判断母联开关的状态,如果母联开关 TWJ 滞后而非实时反映母联一次开关的变化,由于在开关合上后持续一段时间内 TWJ 仍为 1,此时的状态与“仅母线 I 运行时的母线故障”(见表 1 中的第 12 种故障)的状态一致,装置将不能判别出是充电至死区故障。由于合闸于故障,在母联开关合上的时刻将会出现差流,母线差动保护启动,微机母线差动保护在 5 ms 内即可判断为区内故障^[11],最快可在故障发生 10 ms 后整组动作出口,因此最终还是会 将运行母线切除,即母联 TWJ 延时反映一次开关的变化将会导致充电至母联死区故障的判据失效。

如图 2 所示,操作箱中 TWJ 回路的接线方式主要有 3 种。其中在接线方式 2 中,就地/远方切换把手及防跳回路在断路器中实现,如图中虚线框所示。对于接线方式 1 和接线方式 2,合闸回路导通后继电器 TWJ 两端电压相同,继电器 TWJ 动作返回、接点断开,TWJ 接点由 1 变为 0。因此 TWJ 反应时间与手合接点时间保持同步,TWJ 状态将在一次开关真正合上之前发生变位。

对于接线方式 3,TWJ 直接通过 DL 接至负电,

TWJ 将与 DL 同步,不能保证与一次开关同步,会出现滞后于一次开关合状态的情况,造成 TWJ 状态无法快速准确反映母联的合闸过程。

4 保护方案分析

充电至母联死区保护方案的思路是:若母线处于充电预备状态,则一直监视母联状态,在母联合闸过程中发生故障且母联持续无流,则判断为充电至母联死区故障,立即闭锁母线差动保护,避免误切运行母线,仅切除母联开关,隔离故障。闭锁母线差动保护的持续时间可取 300 ms,确保母联开关可靠跳开并留有一定的裕度。

快速准确地判断出母联开关合闸充电过程是保护逻辑实现的关键,有以下解决方案。

4.1 方案 1:全程监视的 TWJ

母联操作箱中 TWJ 回路接线采用图 2 中的方式 1 或方式 2,可保证 TWJ 在一次开关合闸前变位。母线处于充电预备状态时,母线保护装置捕捉到 TWJ 状态由 1→0 的变化脉冲,在其后的一段时间内(如 100 ms)认为处于母联合闸阶段,在此期间若差动启动且母联无流,则可判断发生充电至母联死区故障。

方案的优点为母线保护装置不需增加回路接线,实现简单;缺点为对母联操作箱中 TWJ 回路接线方式有限制,不能适应现场的所有场合。

表 1 死区故障状态表
Tab.1 State of BED fault

序号	运行方式	故障前状态			故障时刻状态	
		仅母线 I 运行	母联开关分位	母联无流	母联开关合位	母联无流
1	充电条件下死区故障(母联 TA 靠近无源母线)	1	1	1	1	1
2	充电条件下死区故障(母联 TA 靠近有源母线)	1	1	1	1	0
3	解列过程中死区故障	0	0	1/0	0	0
4	解列过程中母线故障	0	0	1/0	0	1
5	分列运行时死区故障	0	1	1	0	0
6	分列运行时母线故障	0	1	1	0	1
7	并列运行时母线故障或死区故障(2 段母线均有电源)	0	0	1/0	1	0
8	并列运行时有源母线故障或死区故障(母联 TA 靠近无源母线)	0	0	0	1	1
9	并列运行时无源母线故障或死区故障(母联 TA 靠近有源母线)	0	0	0	1	0
10	合环过程中母线故障或死区故障	0	1	1	1	0
11	仅母线 I 运行时母联死区故障(母联 TA 靠近有源母线)	1	1	1	0	0
12	仅母线 I 运行时母线故障	1	1	1	0	1

注:“1”表示是;“0”表示否;“1/0”表示状态不确定,均有可能。

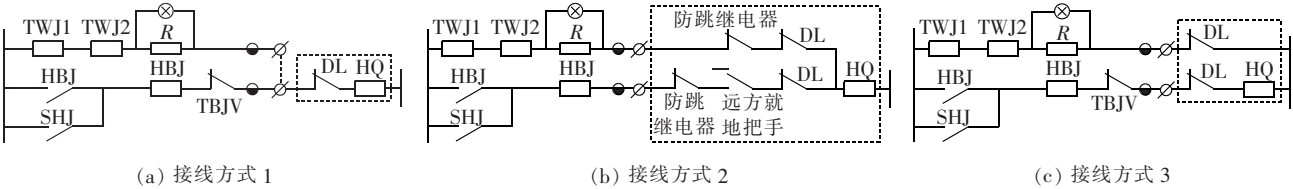


图 2 TWJ 回路接线示意图
Fig.2 Wiring diagram of TWJ circuit

4.2 方案 2:母联充电压板

母线保护装置增设母联充电压板,在母联合闸充电之前投入该压板,使装置获知将进行母联合闸操作;在母联开关合上之后,将该压板退出。在该压板投入期间若差动启动且母联无流,则认为故障发生,瞬时闭锁母线差动保护并切除母联开关。

方案的优点为对回路接线没有限制,适应范围广。缺点为母线装置需增加压板;母联合闸充电过程,需运行人员投切母线保护装置上的母联充电压板,增加工作量;母联充电压板一旦投入后,母线差动保护相当于由瞬动的保护切换为带延时的保护,在母联合闸前若运行母线发生故障,装置也会误判为充电至母联死区故障,闭锁结束后母线差动保护才能动作出口切除运行母线,影响了母线差动保护动作的快速性。

4.3 方案 3:母联手合接点

母线保护装置增加接入母联开关的手合接点 SHJ,用 SHJ 代替其中的 TWJ,实现方法与方案 1 类似,通过捕抓 SHJ 状态由 0→1 的变化脉冲来确定母联合闸的过程。

方案的优点为只需接入 SHJ 即可,对 TWJ 回路接线没有限制,也不需要人工干预,适应范围广。缺点为母线保护装置需增加 SHJ 的外回路接线;母联操作箱的 SHJ 接点数目不足时,提供额外的接点将会比较困难。

5 保护逻辑的实现

采用方案 3 的充电至母联死区保护的逻辑框图见图 3。实现保护逻辑的关键点如下。

5.1 母联 TWJ 监视

TWJ 状态持续为 1 (或 1→0 返回时间小于 1 000 ms)时认为 TWJ 有效 (见图 3 中的逻辑门 G₁和 G₂),作为充电前母联开关处于分位的标记。

5.2 母联 SHJ 监视

捕捉 SHJ 状态由 0→1 的变化脉冲,在其后的 1 s 内有效,作为母联合闸过程的标记,在此期间才

允许充电至母联死区保护启动。

5.3 母联无流状态监视

故障期间母联无流是充电至母联死区故障的重要特征,需全程监视母联电流的状态。

图 3 中的逻辑门 G₄ 是在差动启动 (即故障发生)时刻进行判断,此时的母联无流是反映故障发生前 1 个周期的母联状态;若母联有流,说明不是充电至母联死区故障,该保护不投入;若母联无流,同时处于母联充电预备状态 (逻辑门 G₃ 的其他条件满足),则投入充电至母联死区保护。由于母线差动保护一般采用电流采样值突变量作为启动元件,可在故障发生 1~2 ms 后快速启动,上述判据可保证在故障发生时刻,充电至母联死区保护即可快速投入并闭锁差动保护出口。

因为母线差动保护的启动元件比母联无流检测元件 (采用全周傅氏算法计算)灵敏很多^[12],发生充电条件下其他类型故障时,母联 TA 会流过故障电流,但在母线差动保护启动时刻,由于母联电流幅值计算滞后,此时仍有可能判断为母联无流,将导致充电至母联死区保护误投入。因此保护投入后需继续监视母联电流状态 (见逻辑门 G₅),一旦发现母联有流需立即退出充电至母联死区保护,恢复正常的差动保护逻辑。

采用上述保护方案实现的充电至母联死区保护,可保证在发生此类故障时保护能快速动作,跳开母联开关,切除故障,保全运行母线;而对于其他故障该保护均不会误启动,也不会误闭锁母线差动保护 (参见图 3 逻辑框图及表 1 中列举的各类型母线区内故障对应的状态)。对于母联 TWJ 在合闸后未能及时变位,或者在一次开关合闸前发生变位这些不利情况,均不会影响充电至母联死区保护的正常运行 (参见 5.1 节),不受 TWJ 回路接线方式的限制,对母联 TWJ 接点的要求降到最低;同时对于非充电条件下母联 SHJ 误闭合的异常情况,也能确保保护不会误动 (参见 5.2 节)。因此本保护方案能完善地解决充电至母联死区故障的问题。

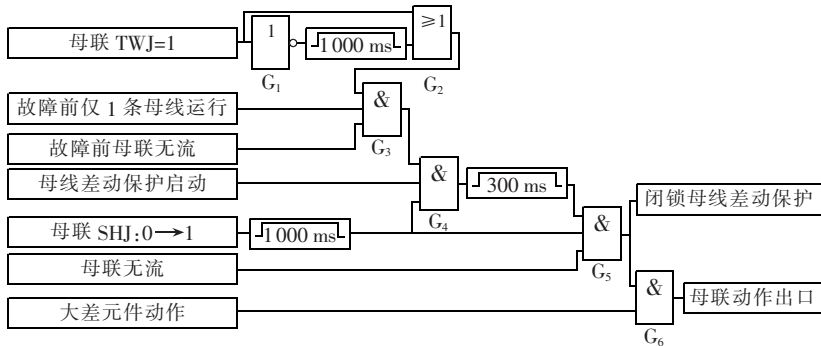


图 3 充电至母联死区保护逻辑框图
Fig.3 Logic diagram of BED protection

6 保护应用情况

将上述充电至母联死区保护逻辑应用于 ARP-371 母线保护装置,并进行动模实验,模拟充电至母联死区 K_1 点 A 相接地故障(如图 1 所示),TWJ 回路采用图 2(c)的接线方式,实验波形见图 4。录波图中,波形由上至下分别为大差动作元件的 A 相电流、母线 I 小差动作元件的 A 相电流、母线 II 小差动作元件的 A 相电流、母线 I 的 A 相电压、母联 A 相电流、母线 I 2 条支路的 A 相电流;母联开关 TWJ 接点状态、SHJ 接点状态、充电至母联死区保护动作

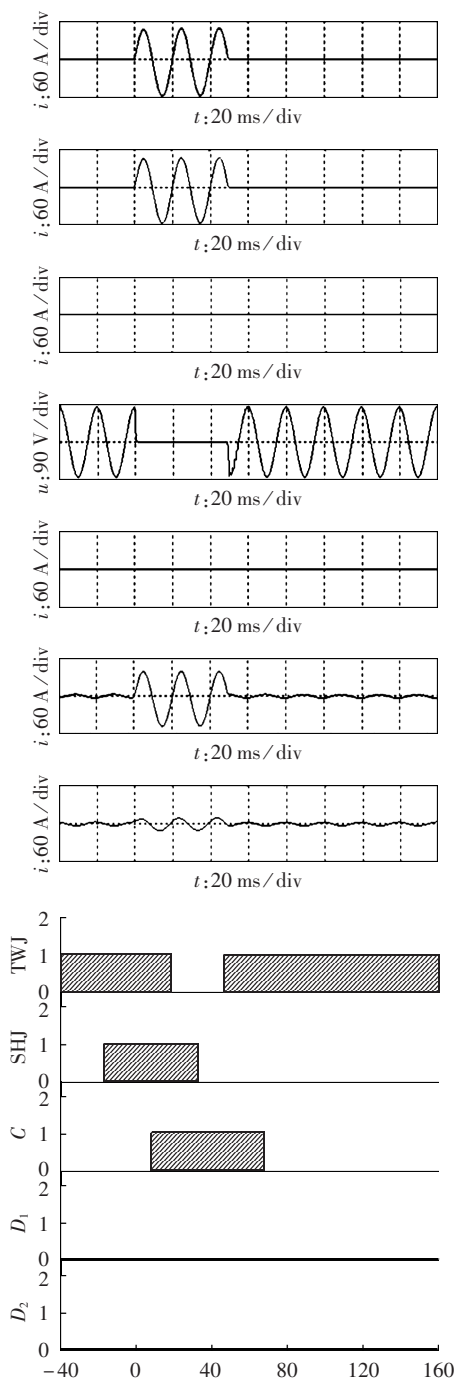


图 4 充电至母联死区故障实验波形

Fig.4 Waveforms of dynamic emulation

出口接点状态、母线 I 差动保护动作出口接点状态 and 母线 II 差动保护的出口接点状态。由波形可看出:故障发生后,充电至母联死区保护快速动作出口,跳开母联开关,切除故障;在实验的全过程中,运行母线(母线 I)的差动保护没有动作出口,运行母线得到保全;母联 TWJ 状态滞后反映一次开关的合闸,但是没有影响保护的判断。实验结果证明所提保护方案是切实可行的。

7 结语

母线保护装置增设充电至母联死区保护是有必要的,否则系统发生此类型故障时,母线差动保护将会切除运行母线,扩大停电范围。

本文在对充电至母联死区故障的故障特征进行深入研究的基础上,提出 3 种解决方案并对其优缺点进行分析,选择母联手合接点方案,设计出充电至母联死区保护逻辑且应用在母线保护装置上。动模实验结果表明,该保护方案可明确区分充电至母联死区故障与其他类型的故障,保护灵敏可靠,并具有一定的容错能力,同时对母线保护装置外回路接线设计没有额外的限制,可完善解决充电至母联死区故障的问题,能满足现场工程应用的要求。

参考文献:

- [1] 宋方方,王增平,刘颖. 母线保护的现状及发展趋势[J]. 电力自动化设备,2003,23(7):66-68.
SONG Fangfang,WANG Zengping,LIU Ying. Status quo and development tendency of busbar protection[J]. Electric Power Automation Equipment,2003,23(7):66-68.
- [2] 朱晓华. 微机母线保护及其整定计算[J]. 继电器,2004,32(5):62-65.
ZHU Xiaohua. Microprocessor-based bus protection and its setting calculations[J]. Relay,2004,32(5):62-65.
- [3] 刘蓉晖,熊虎岗. 微机母线保护比较及相关问题的对策[J]. 华东电力,2009,37(10):1710-1713.
LIU Ronghui,XIONG Hugang. Comparison of microcomputer based busbar protections and counter measures for related problems [J]. East China Electric Power,2009,37(10):1710-1713.
- [4] 任立辉,樊文东,程天保,等. 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 Lihui,FAN Wendong,CHENG Tianbao,et al. Research of busbar protection's logic on dead-zone fault of coupler[J]. Relay,2006,34(10):12-14.
- [5] 李新,熊炬,董泉,等. 基于母联断路器为跳闸对象的保护方案综述[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(22):242-246.
LI Xin,XIONG Ju,DONG Quan,et al. Summary of relay scheme which trips bus-tie[J]. Power System Protection and Control,2010,38(22):242-246.
- [6] 唐杰,常鲜戎,宋振红,等. RCS-915 型微机母线差动保护原理及应用改进[J]. 继电器,2008,36(2):74-78.
TANG Jie,CHANG Xianrong,SONG Zhenhong,et al. Comparison of microcomputer-based busbar protections and countermeasures

- for related problems[J]. Relay, 2008, 36(2): 74-78.
- [7] 张太升, 张继武, 刘海洋. 母联充电保护应用分析[J]. 继电器, 2007, 35(3): 69-72.
ZHANG Taisheng, ZHANG Jiwu, LIU Haiyang. Applied analysis of charge protection used by busbar connecting breaker[J]. Relay, 2007, 35(3): 69-72.
- [8] 冯爱元. 母线保护中关于母联单元保护问题的思考[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(24): 213-216.
FENG Aiyuan. Issues on the bus coupler protection of bus protection[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(24): 213-216.
- [9] 国家电网公司. Q/GDW175—2008 变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范[S]. 北京: 国家电网公司, 2008.
- [10] 谭凌, 占捷文, 祖连兴. 母线保护国网标准解析[J]. 现代电力, 2011, 28(4): 29-31.
TAN Ling, ZHAN Jiewen, ZU Lianxing. Analysis on standardization design specification for busbar protection[J]. Modern Electric Power, 2011, 28(4): 29-31.
- [11] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 3 版. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [12] 余锐, 智全中, 宋小舟. 母线充电保护研究及其应用[J]. 继电器, 2006, 34(9): 9-12.
YU Rui, ZHI Quanzhong, SONG Xiaozhou. Research and application of charge protection used by busbar protection[J]. Relay, 2006, 34(9): 9-12.
- [13] 杨洪平. 关于母差保护与母联开关配合的探讨[J]. 华北电力技术, 2009(1): 49-51.
YANG Hongping. Consideration about cooperation of busbar differential protection and busbar circuit breaker[J]. North China Electric Power, 2009(1): 49-51.
- [14] 刘伟平. 母线保护死区问题的探讨[J]. 继电器, 2004, 32(15): 59-61.
LIU Weiping. Discussion on the dead zone in busbar protection[J]. Relay, 2004, 32(15): 59-61.
- [15] 吴怀诚, 王巍. 微机型母线保护存在的若干问题及解决方案[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(20): 78-82.
WU Huaicheng, WANG Wei. Problem of microprocessor-based busbar protection and settlement[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(20): 78-82.
- [16] 赵佰成, 徐炜彬, 曲绍杰. 220 kV 典型保护死区问题的探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(13): 130-132.
ZHAO Baicheng, XU Weibin, QU Shaojie. Discussion about the problem of 220 kV typical protection's dead-zone[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(13): 130-132.

作者简介:

占捷文(1979-), 男, 广东湛江人, 工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护(E-mail: zhanjwcn@163.com);

谭凌(1975-), 女, 湖南益阳人, 工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护;

祖连兴(1981-), 男, 河北衡水人, 工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护。

Research and application of “bus-coupler energizing dead-zone” protection

ZHAN Jiewen, TAN Ling, ZU Lianxing

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: The conception of BED (Bus-coupler Energizing Dead-zone) fault and the importance of its corresponding protection are introduced. The characteristics of BED fault under different operating modes are analyzed and it is concluded that the energizing time after the closing of bus-coupler switch is the key to realize the protection. Three solutions of BED protection are proposed and compared: TWJ (bus-coupler trip contactor), SHJ (bus-coupler manual close contactor) and BEJ (bus-coupler energizing jumper). The protection logic of SHJ is presented. By the real-time monitoring of the current and state of TWJ and SHJ, as well as the logic analysis, the protection tracks whole energizing process exactly and reacts to BED fault rapidly. Dynamic emulation and site application prove the sensitivity and reliability of the proposed protection schemes.

Key words: busbar protection; differential protection; bus-coupler energizing dead-zone fault; relay protection; monitoring