

# 母线保护双重化改造中注意事项的探讨

王世祥, 左婧

(广东电网公司深圳供电局, 广东 深圳 518020)

**摘要:** 母线保护对电网的安全稳定运行起着十分重要的作用, 根据继电保护反事故措施要求在 220 kV 等级以上母线保护必须双重化, 但基于母线保护双重化改造工作涉及范围广、技术复杂, 危险点多等因素, 笔者对母线保护双重化改造中要注意的触点开入量的重要性、CT 配置的几种情况作对比、开关传动时危险点控制、投运前带负荷测试等过程中的一系列安全、技术问题进行了分析总结, 对存在问题提出解决方法, 对同类变电站母线保护双重化改造工作有一定的借鉴意义。

**关键词:** 母线保护双重化; 母线刀闸; 母联死区; CT 二次绕组

## Discussion on the bus protections duplex configuration reconstruction

WANG Shi-xiang, ZUO Jing

(Shenzhen Power Supply Bureau, Shenzhen 518020, China)

**Abstract:** Bus protection is important to the steady operation of grid, according to countermeasure requirement of relay protection, the bus differential protections upwards 220kV degree must be duplicated, but the work of bus protection duplex configuration reconstruction relatd to wide ranged, complex technique and excessive danger points. This paper analyzes the attentive safety, technology, experimentation, question of putting into operation, brings forward the resolution of existing problem. And it has enlightenment on the bus protections duplex configuration reconstruction of congener substation.

**Key words:** duplex configuration of bus protection; isolator auxiliary contact; bus tie dead zone; CT second-coil

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)03-0075-04

## 0 引言

深圳供电局所辖的 220 kV 东湖变电站, 上连接 500 kV 深圳站, 下连接了 110 kV 罗湖口岸等 8 座重要变电站, 地里位置特别重要, 是省网与深圳地区网连接枢纽变电站, 建于上世纪 90 年代末期, 该站 220 kV 采用双母线(靠母联开关联络)接线方式, 母线保护采用的是南京南瑞继保公司的 RCS-915A/B 型微机母线保护装置一套, 装置内母差与失灵保护共用一面屏, 至母线保护双重化时也运行 7 余年。为了加强电网的安全稳定性, 加强电网的突发事故处理能力, 按继电保护反事故措施要求在 220 kV 等级以上母差线保护必须双重化<sup>[1]</sup>。于是在 2006 年 6 月对该站 220 kV 母线保护双重化改造, 双重化改造所采用的二套母线保护是深圳南瑞继保公司的 BP-2B 型微机母线保护装置, 同样装置内母差与失灵保护共用一面屏。在改造中遇见的许多安全、技术以及试验、投运等问题和解决方法在此提出, 以供参考。

## 1 改造中触点开入量注意事项

### 1.1 微机母线保护母线刀闸辅助触点

为了保证母线保护的准确性, 必须保证母线保护能正确识别当前母线运行的方式。不论是 RCS-915A/B 或 BP-2B 型微机保护都通过引入母线刀闸辅助触点来判别母线运行方式, 由微机自动切换内部的差流回路及跳闸出口回路。因此, 母线刀闸辅助触点及引入环节是否正确关系着母线保护能否正确动作。由于母线保护双重化, 当然引入母线刀闸辅助触点必须双重化。但一般刀闸的辅助触点由于需要引入其它装置被取用完毕, 所以母线保护双重化时必须增加刀闸的辅助触点, 不能经过用一组触点接重动继电器后再取用继电器触点作为刀闸的辅助触点方法, 在此情况下必须考虑到倒母线停电的方法来完成增加刀闸的辅助触点。在我们现场应用中为了防止出现辅助触点接触不良, 粘连、抖动等现象影响刀闸位置错误, 从而影响保护的正常运

行,不论是 RCS-915A/B 或 BP-2B 型微机保护装置的母线保护设计上均需要同时引入每一母线刀闸的动合与动断触点,用这两触点组合来判别母线刀闸的位置。具体实现方法见图 1 所示。

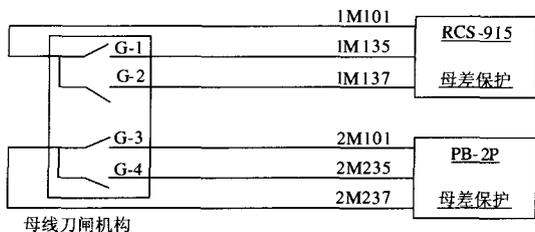


图 1 母线刀闸触点图

Fig.1 Contact of the bus disconnector

### 1.2 微机母线保护所取用母联开关位置触点

引入的微机母线保护的母联开关位置触点在保护中所起的作用有以下几点:

(1) 作为母联死区保护判断。母联开关位置触点在母联死区保护中相当重要。不论是 RCS-915 或 BP-2B 型母线保护为了提高保护的动作用速度,均设置了母联死区保护。虽然两保护在处理死区问题有点细微区别,但最终结果是相同的。当双母线在并列运行的方式下,母联 CT 与母联开关之间发生死区故障时母联开关侧母线跳开后而故障点仍然存在,即在差动保护发出母线跳闸命令后,母联开关跳开但母联电流互感器仍然感应有电流,而且在大差比率差动元件不返回,电压开放的情况下,死区保护动作跳开另一条母线。母线在分列运行的方式下,母联开关为分位,微机母线保护装置将母联电流不计算入小差,这时发生死区故障,电压开放的情况下,也能快速正确切除母线。因此,母联开关位置的正确与否直接关系到保护的正确性。假如两母线在分列运行时母联开关触点输入出错,本是分位误判为合位,即判为并列运行,当死区故障时会将两条母线切出,而不是只切出故障侧母线。

(2) 确定大差比率差动的比率制动系数的高、低与两个定值有关。当母联开关处于合位时大差比率差动元件采用高值,当母联开关处于分位时大差比率差动元件自动转为低值。因为母线分列运行时,II 母线故障,I 母上的负荷电流仍然可能流出母线。特别是在 I、II 母线分别接大、小差电源或母线上有近离双回线时,电流流出母线的现象更突出。此时,大差灵敏度下降。故设置了两个定值,装置根据母联开关的运行情况自动切换。

(3) 作为充电保护的判据。当进行母线充电时,如果采用母联开关充电方式,微机母线保护将对母

联开关位置触点进行判断,当母联开关位置触点由“1”变为“0”,而保护检测到母联开关 CT 电流从无变有(指故障电流),则母联充电保护放开 300 ms 出口跳闸。

从上面几点分析看出母联位置触点在保护中所起的作用非常重要。在我们现场母联开关触点可以采用母联开关辅助触点也可以采用母联开关位置重动继电器的触点。直接采用开关辅助触点可以反映开关的实际位置,但此回路的辅助触点如有接触不良等异常现象一般不易发现;如果采用母联开关位置重动继电器的触点,回路上有异常时虽然能及时发现,但发生异常的几率大于采用母联开关辅助触点,所以现场均采用母联开关辅助触点而不采用母联开关重动继电器的触点。同时应注意以下两点:

第一点:在母线保护双重化改造中,该触点的采用必须双重化,两套保护之间不得有任何直接联系,但在实际现场应用中两种保护采用的触点方式有所不同,如图 2 所示。

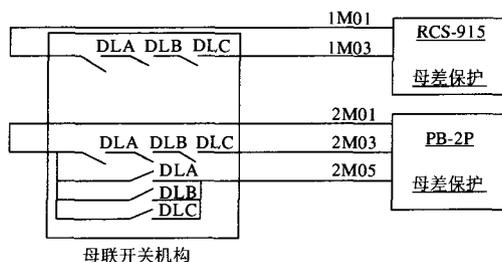


图 2 母联开关辅助触点图

Fig.2 Auxiliary contact of the bus tie switch

第二点:考虑到母联开关检修时很有可能对其进行传动试验,即母联开关进行分合,显然母联开关不能代表实际运行状态,从而造成母线保护误判断,要求母联开关检修时强制对保护进行分位情况开入,即 TWJ=1,这时对母联开关检修传动时,不会影响保护的正常运行。所以在进行母线保护双重化改造中必须重视该连接片,如果无“母联检修投入”连接片必须加装。在 RCS-915A/B 型母线保护中设置的是“母联检修投入”连接片;而在 BP-2B 型母线保护中设置的是“母线分列运行”连接片,两者功能相同<sup>[2]</sup>。

(4) 主变高压侧开关失灵时失灵保护应注意的问题。当主变低压侧故障时,反应到高压侧的故障电压下降很小。高压侧后备保护动作跳高压侧开关,此时如果高压侧开关失灵时,要启动失灵保护,由于失灵保护装置受复合电压闭锁的影响灵敏度不足而产生拒动,在《继电器保护反事故措施》中要求在双重化的失灵保护增加解除复合闭锁回路,这样

当低压侧故障时, 复合电压闭锁被解除后, 大大改善了失灵保护的灵敏度。见图 3 所示。

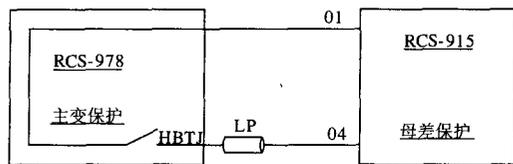


图 3 主变后备保护解除失灵保护复压闭锁触点图

Fig.3 The contact of the resume voltage lockout of the main transformer spare protection relieve failure protection

## 2 改造中 CT 配置注意事项

### 2.1 线路 CT 绕组的配置

本站 CT 极性以母线侧为正极性, 二次采用减极性标注法接线, 但在 CT 二次绕组上由于受客观原因影响 (如绕组不够), 则必须更换 CT 增加绕组或将母线保护与其它装置共用同一绕组, 不论采取以下何种方式, 如不小心接线就容易出错。

① 更换 CT 增加绕组方式: 由于母线保护双重化在 CT 配置上每套保护当然要求独立的 CT 绕组, CT 绕组增加后采用何绕组配置给母线保护? 这是在双重化母线保护技术改造必须要注意的问题。见图 4 所示: CT 内部 d 点发生击穿短路故障时, 均不在母线保护与线路保护范围内, 形成死区故障, 将扩大事故影响范围。

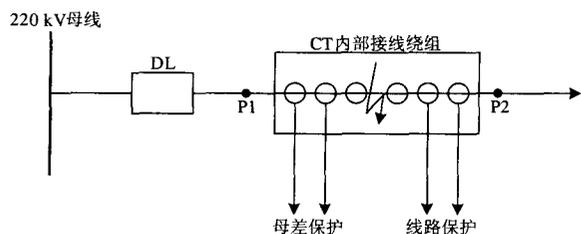


图 4 CT 内部二次绕组错误配置图

Fig.4 The wrong configuration of the CT inside second-coil

为了防止扩大事故需要注意的是母线保护和线路保护所配置的 CT 二次线要互相满足保护范围相互交叉, 增加保护的可靠性。必须将 CT 绕组进行调整, 形成图 5 所示比较合理的接线图。当 d 点发生击穿短路故障时, 而线路距离或接地距离保护快速出口跳开 DL 开关, 切除故障。

② 与其它装置共用同一绕组方式: 由于 CT 二次绕组紧张, 又急于母线保护双重化, 在此种情况下一般采用与其它装置共用一绕组串联方式。在现场采用将第二套母线保护与录波装置串联。不小心会形成以下两点错误: 一方面是母线保护装置串联

于录波装置后, 这方法给以后维护带来困难, 如在录波装置处进行交流回路上的缺陷处理时, 不注意将电流回路短接等, 会造成母线保护异常, 严重时母线保护会误动。另一方面是在 CT 二次绕组紧张情况下录波有可能采用测量级, 如果在串入母线保护时没有进行极性检查, 就会将母线保护的 CT 二次绕组误用测量级, 严重情况造成母线保护拒动。

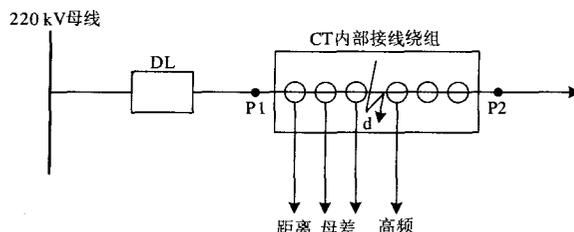


图 5 CT 内部二次绕组合理配置图

Fig.5 The right configuration of the CT inside second-coil

### 2.2 母联 CT 绕组的配置

若在母联开关与 CT 之间发生故障, 母联开关跳开但故障点仍然存在, 正好处于 CT 侧母线小差的死区, 为了提高保护动作速度, 不论是 RCS-915 型或 BP-2B 型微机母线保护均设置了母联死区保护。两种保护在进行死区逻辑判断时都将母联是否有电流作为逻辑判断条件之一。但两者根据双重化原则独立采用母联 CT 绕组, 见图 6 所示。值得注意的问题有两方面:

一方面是两者所采用 CT 二次绕组极性有不同的要求, 在 RCS-915A/B 型母线保护中, 当各支路 CT 二次同名端在母线侧, 则母联 CT 二次绕组同名端应靠 I 母线侧图 6 中的绕组 1 正确配置; 在 BP-2B 型母线保护中, 当各支路 CT 二次同名端在母线侧, 则母联 CT 二次绕组同名端应靠 II 母线侧图 6 中的绕组 2 错误配置。

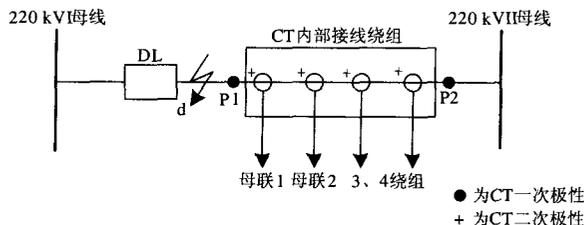


图 6 CT 内部母联 2 二次绕组极性错误配置图

Fig.6 The wrong configuration of the CT inside second bus tie second-coil

图中母联 2 的 CT 二次绕组极性选择错误, 在特定的故障下就会造成母联死区保护误动, 切除所有的母线将事故扩大。

另一方面是母联 CT 内部有 3~4 个保护级的绕组, 如果 CT 内部的二次绕组取用不当, 将事故扩大。见图 7 所示位置错误配置。

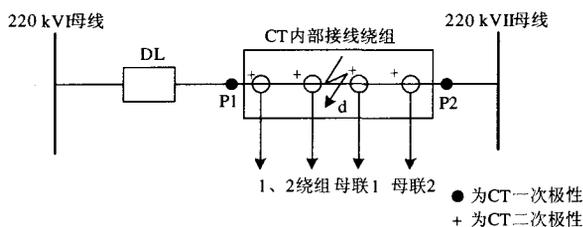


图 7 CT 内部母联 1、2 二次绕组错误配置图

Fig.7 The wrong configuration of the CT inside first and second bus tie second-coil

在图中将母联 1 与母联 2 取用第 3 和第 4 绕组, 当 CT 内部 d 点发生 CT 底部击穿短路时, 大差与 I 母小差动作将 I 母和母联 DL 开关切除, 但故障点仍然存在, 根据死区逻辑判断条件: 母联开关跳闸; I 母与大差动作; 母联 CT 仍有电流经延时后死区保护跳 II 母, 造成两段母线全停, 将事故范围扩大<sup>[3]</sup>。

对于上面的两点注意问题, 笔者建议采用下面的配置比较合理: 母联 1、2 分别取用第 1、2 绕组; 采用 RCS-915A/B 型保护的 1 绕组二次极性靠 I 母侧; 采用 BP-2B 保护的 2 绕组二次极性靠 II 母侧。当 CT 内部 d 点发生 CT 底部击穿短路时, 只启动大差和 II 小差, 仅切除 II 母和母联开关, 不会造成母联死区保护动作, 避免造成全站失压。正确接线图见图 8 所示。

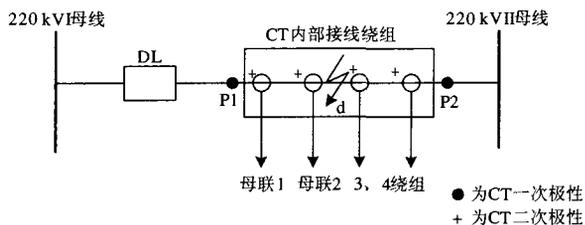


图 8 CT 内部母联 1、2 二次绕组合理配置图

Fig.8 The right configuration of the CT inside first and second bus tie second-coil

### 3 改造中开关传动注意事项

对于母线保护双重化改造中为了保证所接跳闸线的正确性, 要求对每台开关单独停电进行传动试验, 进行传动试验时造成正常运行设备误动的危险性较大, 这是母线保护改造中特别要注意的地方, 传动时一定要做好母线保护误跳其它开关的安全防范措施, 具体安全措施本人认为必须做到以下几点:

(1) 在开关传动前, 进行接入跳闸与重合闸放电

二次线, 手合开关等操作时要有专人监护, 并核对图纸是否一致等;

(2) 退出不进行传动试验支路跳闸出口连接片和重合闸放电连接片;

(3) 传动中要派人观察信号与所传动开关是否一致, 如不一致查明原因后才能进行下一步工作;

(4) 当某一台开关传动完毕后应立即将该开关母差的有关连接片置于退出位置;

(5) 当某一台开关传动完毕后建议在相应的保护屏端子排处解除母线保护跳闸线 R133 和 R233 并用绝缘胶布包扎好, 记录对应的端子号;

(6) 特别要注意的是当某线路开关保护采用光纤纵差保护时, 如果该线路进行旁路带路时对侧开关在运行中, 传动前一定要将光纤纵差保护的光纤拔出并用外光纤自环后才可以进行开关传动。

### 4 投运前带负荷测试注意事项

母线保护双重化改造完毕后作为一个新装置投入运行前必须带负荷测试。首先用万用表测量交流电压值并分别对相, 然后参照当时母线的潮流以及接线要求, 用钳形电流表测量各单元的 CT 变比、极性, A、B、C、N 相的电流大小是否正确, 再检查装置的 I 母、II 母、大差动差流值是否在正常范围内。在整个过程中容易出错的是母联组 CT 电流, 当两母线负荷平衡时母联上的电流很小, 小于 CT 断线告警定值, 甚至无电流; 另有一种情况是所有单元倒在同一条母线运行, 母联上也无电流。母联组 CT 的极性就无法确定, 这样测试所得结果是不能真正代表母差正确性, 在此情况必须进行申请倒负荷, 使母联上的电流大于 CT 断线定值, 并进行测试, 测试结果一切正确后方可投入新保护。

### 5 结论

母线保护对电网的安全稳定运行起着十分重要的作用, 随着电网的逐渐发展壮大, 运行方式变化多样, 为了保证电网安全稳定运行, 按反措要求在 220 kV 等级以上母线保护必须双重化, 在这样运行中的变电站进行母线保护双重化是一项涉及范围广、技术复杂、危险点多的工作, 在改造中一定要吃透保护装置的性能和原理, 把握好每个技术环节, 控制好每个危险点, 不放过每个细节问题, 防止人为的原因在改造中给保护运行带来隐患, 为保证电网安全稳定运行保驾护航, 同时也为同类变电站母线保护双重化改造积累了丰富的宝贵经验。

(下转第 83 页 continued on page 83)

- [J]. 电工技术学报, 2007, 22(1):149-153.  
XU Jing-zhou, LI Yang. Reliability Assessment of Complex Distribution System Using GO Method[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2007, 22(1):149-153.
- [14] 霍利民, 朱永利, 张在玲, 等. 贝叶斯网络在配电系统可靠性评估中的应用[J]. 电工技术学报, 2004, 19(8): 113-118.  
HUO Li-min, ZHU Yong-li, ZHANG Zai-ling, et al. Transactions of China Electrotechnical Society, 2004, 19(8):113-118.
- [15] 王峻峰, 周家启, 谢开贵. 中压配电网可靠性的模糊评估[J]. 重庆大学学报, 2006, 29(2): 45-49.  
WANG Jun-feng, ZHOU Jia-qi, XIE Kai-gui. Fuzzy Reliability Evaluation Algorithm for Medium Voltage Distribution Networks[J]. Journal of Chongqing University, 2006,29(2): 45-49.
- [16] 丁明, 张静, 李生虎. 基于序贯蒙特卡罗仿真的配电网可靠性评估模型[J]. 电网技术, 2004, 28(3): 38-42.  
DING Ming, ZHANG Jing, LI Sheng-hu. Sequential Monte-Carlo Simulation Based Reliability Evaluation Model for Distribution Network[J]. Power System Technology, 2004, 28(3): 38-42.
- [17] 王成山, 谢莹华, 崔坤台. 基于区域非序贯仿真的配电系统可靠性评估[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(14):39-43.  
WANG Cheng-shan, XIE Ying-hua, CUI Kun-tai. Distribution System Reliability Evaluation Based on Zone Non-Sequential Simulation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(14):39-43.
- [18] 杨为民, 盛一兴. 系统可靠性数字仿真[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1990.
- [19] 陶顺, 肖湘宁, 刘晓娟. 电压暂降对配电系统可靠性影响及其评估指标的研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(21): 63-69.  
TAO Shun, XIAO Xiang-ning, LIU Xiao-juan. Study on Distribution Reliability Considering Voltage Sags and Acceptable Indices[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(21): 63-69.
- [20] 杨京燕, 倪伟, 肖湘宁, 等. 计及电压暂降的配电网可靠性评估[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(18):28-33.  
YANG Jing-yan, NI Wei, XIAO Xiang-ning, et al. Reliability Evaluation of Distribution Network Considering Voltage Sags[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(18):28-33.
- [21] Jonnavithula A, Billinton R. Features that Influence Composite Power System Reliability Worth Assessment [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1997,12(4):1536-1541.
- [22] Billinton R, Wang P. Distribution System Reliability Cost/worth Analysis Using Analytical and Sequential Simulation Techniques[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1998,3(4):1245-1250.
- [23] Wang P, Billinton R. Reliability Benefit Analysis of Adding WTG to a Distribution System[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2001, 16 (2): 134-139.
- [24] Billinton R, Acharya J R. Weather-based Distribution System Reliability Evaluation[J]. IEE Proc-Gener, Transm and Distrib, 2006,153(5):499-506.

收稿日期: 2007-06-08; 修回日期: 2007-07-15

作者简介:

汪穗峰(1973-), 男, 博士研究生, 研究方向为电力系统及其自动化可靠性;

张勇军(1973-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为电力系统优化控制与规划; E-mail: zhangjun@scut.edu.cn

任倩(1984-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统可靠性。

(上接第 78 页 continued from page 78)

## 参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.  
State Power Dispatch Communication Center of China. The Applied Technology of Power System Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [2] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护典型事故分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.  
State Power Dispatch Communication Center of China. Typical Fault Analysis of Power System Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [3] 袁季修, 等. 保护用电流互感器应用指南[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.  
YUAN Ji-xiu, et al. Application Guide of Current Transformer for Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

收稿日期: 2007-06-21; 修回日期: 2007-07-21

作者简介:

王世祥(1970-) 男, 本科, 工程师, 主要从事继电保护及二次回路维护和检修工作; E-mail: wangshx123@tom.com

左婧(1980-) 女, 硕士, 主要从事继电保护及二次回路维护和检修工作。