

微机型母线保护存在的若干问题及解决方案

吴怀诚, 王巍

(沈阳超高压局, 辽宁 沈阳 110003)

摘要: 母线保护装置的可靠性关系到电网系统的安全、稳定运行, 但微机型母线保护装置在软硬件设计制造上存在一定缺陷, 本文分析了母联开关位置对微机型母线保护装置灵敏度的影响, 隔离刀闸辅助触点位置对母差保护的重要性, 基准变比对CT断线的影响, 母联兼侧路CT极性转换, 以及双母双分段母线系统的特殊操作性, 并由此提出了解决问题的措施。

关键词: 微机型母线保护; 运行方式; 灵敏度; 影响; 措施

Problem of microprocessor-based bus-bar protection and settlement

WU Huai-cheng, WANG Wei

(Shenyang Supertension Bureau, Shenyang 110003, China)

Abstract: Reliability of bus-bar protection has contact with safe and steady service of the net, but microprocessor-based bus-bar protection has some defects in design and production of software or hardware. This paper analyzes the influence of position of coupler on sensitivity of microprocessor-based bus-bar protection, the importance of auxiliary point of isolator to bus-bar protection, the influence of datum ratio on TA wire-break, TA reversal of pole of coupler and pass-by, and characteristic operation of the 4-section bus-bar system. Thus some countermeasures are also put forward.

Key words: microprocessor-based bus-bar protection; operating mode; sensitivity; effect; measure

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)20-0078-05

0 引言

安装于变电站内的母线起着汇集和分配电流的作用, 随着电网系统的不断发展, 母线上元件数量越来越多, 母线短路电流也在增加, 如果不能快速、准确地切除母线发生的故障, 将给电网系统带来严重的后果^[1]。因此, 母线保护装置的可靠性关系到电网系统的安全、稳定运行, 基于微电子技术的微机型母线保护装置由于其可靠性高、性能容易通过软件更新提高, 在电网中得到了广泛的应用。母差保护保护对象是母线设备, 母线有别于线路、主变等单元设备, 为了适应母线操作的灵活性, 母线在实际运行中会出现多种运行方式, 因此母差保护应该适应各种运行方式的需要。目前现场运行的微机母差在软硬件设计制造上存在一定缺陷或在运行操作中遇到特殊情况, 需要在实际运行中不断完善其使用功能。以下针对南京南瑞的RCS-915型和深圳南瑞BP-2B型母差保护, 在现场运行中发现的问题进行简单分析, 并提出相应的措施。

1 母联开关位置对微机型母线保护装置灵敏度的影响

1.1 微机型母线保护装置原理简介

数字式继电保护用数学公式运算, 实现故障量的测量、分析和判断, 微机型母线保护装置采用的是基于采样值的比率制动式电流差动保护, 并且采用一次系统的穿越电流作为制动电流, 以克服区外故障时由于电流互感器误差产生差动不平衡电流而造成的保护误动^[2]。

保护动作判据的依据是基尔霍夫第一定律, 即:“任一时刻, 流入任何一个节点的各支路电流之和为零”。两种型号的母线保护均采用瞬时采样值的比率制动电流差动保护方案, 其中RCS-915AS型母线保护动作方程为^[3]:

$$\left| \sum_{j=1}^m I_j \right| > I_{cdzd}$$
$$\left| \sum_{j=1}^m I_j \right| > K \sum_{j=1}^m |I_j| \quad (1)$$

BP-2B 型母线保护比率差动元件的动作判据^[4];

$$\left| \sum_{j=1}^m I_j \right| > I_{cdzd}$$

$$\left| \sum_{j=1}^m I_j \right| > K \left(\sum_{j=1}^m |I_j| - \left| \sum_{j=1}^m I_j \right| \right) \quad (2)$$

其中: K 为比率制动系数; I_j 为第 j 个连接元件的电流瞬时值, $j=1, 2, \dots, m$; I_{cdzd} 为差动电流起动定值。

两种型号的装置采样点电流计算分别满足式 1) 或式 (2), 就判为母线内部故障, 保护动作。

对于双母线接线方式, 引入大差计算作为故障启动元件, 大差电流计算范围定义为: “除母联开关外, 母线上所有连接元件”, 保护判据为式 (1) 或式 (2)。

RCS-915AS 型母线保护具体计算动作值的方法是根据两条母线上所有连接元件 (不含母联) 的电流采样值的向量和, 计算出大差的差流, 将两条母线上所有连接元件 (不含母联) 的电流采样值的标量和, 计算出大差的制动电流, 用差流和制动电流的比值作为差动元件动作值, 以保证区内故障时母差保护可靠动作, 区外故障时由于制动电流的存在保证母差保护可靠不动作。

BP-2B 型母线保护比率差动元件动作判据与 RCS-915AS 型母线保护动作判据稍有区别, 其采用复式比率制动原理, 只是在制动电流中减去了差动电流, 使其在母线区外故障时有极强的制动特性, 在母线区内故障时无制动, 因此能更明确地区分区外故障和区内故障。

1.2 母联开关位置对母线保护的影响

由式 (1) 和式 (2) 两个动作方程可以发现, 当母线分列运行时, 母线发生故障, 非故障母线流过穿越电流, 该电流不计入差流, 但参与制动, 于是为防止在母联开关断开的情况下发生区内故障, 非故障母线段有电流流出母线, 导致比率差动元件的灵敏度不够, 因此比率差动元件的比率制动系数 K 有高低两个定值, 可自行整定, 例如高值整定为 0.5, 低值整定为 0.3。也就是说, 当母联开关处于合闸位置时, 比率差动元件采用比率制动系数高值, 而当母联开关处于分闸位置, 即母线分列运行时, 比率差动元件自动转用比率制动系数低值。

目前, 在这两种型号的母线保护中, 母联开关的位置对比率差动元件的比率制动系数是采用高值还是低值都有着直接的影响。对 RCS-915AS 型母线保护来说, 只要有母联开关的 TWJ 开入, 比率差动

元件的比率制动系数就采用低值; 对 BP-2B 型母线保护来说, 只要母联开关常开辅助触点开入为 “0”, 常闭辅助触点开入为 “1”, 比率差动元件的比率制动系数就采用低值。

这样一来, 当单母线方式运行时, 母联开关已经断开, 母线保护比率差动元件的比率制动系数自然也就转为了低值。从上面的判据可以看出, 尽管所有线路都在一条母线运行, 但是运行线路的数目却没有改变, 因此区外故障时电流互感器误差产生的差动不平衡电流就与两母线并列运行时是一样的, 而制动量却因比率制动系数转为低值而降低了, 从而使动作区增大了, 也就是说, 这样就削弱了母线区外故障时保护的制动特性, 这无疑增加了母线保护误动的几率。

由以上分析可以看出, 这两种型号的母差保护在一条母线停电, 另一条母线运行的情况下, 将大差比率制动系数由原 0.5 降至 0.3, 增大了动作区, 使大差的灵敏度增加了, 如果此时电压闭锁解除, 母线保护误动作的几率就增大了。

1.3 问题解决对策的探讨

由以上分析可以看出, 无论是南京南瑞的 RCS-915AS 母差保护还是深圳南瑞的 BP-2B 母差保护均是将母联开关一断开, 就认定为母线分列运行, 事实上, 当母联开关断开时, 还有可能是一条母线停电, 另一条母线在运行中的情况。而这种运行方式在检修母线刀闸等情况时会经常出现。通过以上分析和判断, 特提出以下解决问题的方案和对策以供探讨。

建议生产厂家修改设计思想, 通过引入母线电压和母联开关位置判别双母线运行方式。即当母联开关处于断位, 并且两条母线均有电压时, 为母线分列运行方式; 当母联开关处于断位, 而只有一条母线有电压时, 为停一条母线运行方式。

1.4 对问题的进一步思考

由于母联开关的位置对比率差动元件的比率制动系数是采用高值还是低值都有着直接的影响, 因此当母线分列运行时, 为防止检修母联开关而频繁分合开关, 进而影响母差保护的正常运行, 可以通过强制开入母联开关跳闸位置的方法避免以上不利情况的发生。这两种型号的母差保护都因此而分别设计了起这个作用的压板, 对 RCS-915AS 型母线保护来说, 就是保护屏上的 “母联检修状态” 压板; 对 BP-2B 型母线保护来说, 就是保护屏上的 “母联分列” 压板。运行人员在母线分列运行的过程中, 需投入相应母线保护的强制开入母联开关跳闸位置的压板, 不要遗漏对该压板的操作。

2 隔离刀闸辅助触点位置对母差保护的影响

2.1 原理简介

对于存在倒闸操作的双母线、双母分段等主接线，差动保护使用大差比率差动元件作为区内故障判别元件；使用小差比率差动元件作为故障母线选择元件。即由大差比率元件是否动作，区分母线区外故障与母线区内故障；当大差比率元件动作时，根据各连接元件的刀闸位置开入计算出两条母线的小差电流，构成小差比率差动元件，最后由小差比率元件是否动作决定故障发生在哪一段母线。微机母线差动保护装置中各连接元件三相电流和刀闸位置都已转换为数字量，由程序流程来实现保护动作逻辑。

I 母小差电流计算范围定义为：“I 母线上所有连接元件加上（或减去）母联开关电流”，相应计算公式为：

$$I_{1d}=I_1 \times S_{11}+I_2 \times S_{12}+\dots+I_n \times S_{1n}-I_{1k} \times S_{1k}$$

II 母小差电流计算范围定义为：“II 母线上所有连接元件减去（或加上）母联开关电流”，相应计算公式为：

$$I_{2d}=I_1 \times S_{21}+I_2 \times S_{22}+\dots+I_n \times S_{2n}+I_{1k} \times S_{1k}$$

其中： I_1, I_2, \dots, I_n 为各元件电流数字量； I_{1k} 为母联电流数字量； $S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1n}$ 为各元件 I 母刀闸位置，0表示刀闸分，1表示刀闸合； $S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2n}$ 为各元件 II 母刀闸位置； S_{1k} 为母线并列运行状态，0表示分列运行，1表示并列运行。

则出口逻辑计算公式为：

$$T_1=F_1 \times S_{11}+F_2 \times S_{21}$$

$$T_2=F_1 \times S_{12}+F_2 \times S_{22}$$

⋮

$$T_n=F_1 \times S_{1n}+F_2 \times S_{2n}$$

$$T_{1k}=F_1+F_2$$

其中： T_1, T_2, \dots, T_n 为差动动作于各元件逻辑，0表示不动作，1表示动作； T_{1k} 为差动动作于母联逻辑； F_1, F_2 分别表示 I 母、II 母故障，0表示无故障，1表示故障。

大差、小差保护范围如图1所示。

2.2 隔离刀闸辅助触点位置对母差保护的重要性

双母线运行时，各连接元件在系统运行中需要经常在两条母线上切换，母差保护需要正确跟随母线运行方式的变化，才能保证母线保护的正确动作，也就是说正确识别母线运行方式直接影响到母线保护动作的正确性，BP-2B和RCS-915AS母线差动保护装置均利用隔离刀闸辅助触点判别母线运行方式，因此隔离刀闸辅助触点的可靠性就直接影响到保护的安全运行情况。

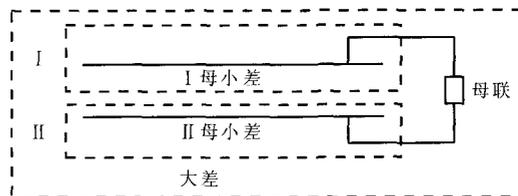


图 1 大差、小差保护范围

Fig.1 Protection scope of big and small difference

正是考虑到这点，BP-2B和RCS-915AS母线差动保护装置都对刀闸辅助触点进行自检，并具有刀闸变位修正功能，即当某条支路有电流而无刀闸位置时，装置能够记忆原来的刀闸位置，并根据当前系统的电流分布情况校验该支路刀闸位置的正确性，或因刀闸位置错误产生小差电流时，装置会根据当前系统的电流分布情况计算出该支路的正确刀闸位置。

由上述可见，微机母线差动保护装置对刀闸位置的校验或修正都是在判别支路有电流的情况下进行的，如果某支路负荷较轻或者空载运行，那么即使该支路的刀闸辅助触点无法正确反映刀闸位置，微机母线差动保护装置也会因为二次电流分布近乎平衡，大差、小差电流都几乎为0，而无法修正该支路刀闸位置，甚至都不会发出报警信号，这样一来如果此时发生区外故障，母差保护将极有可能误动，笔者曾经发现过两次运行的母差在线路轻负荷的情况下，刀闸位置触点接触不良，由于负荷近似于空载，母差保护未发出任何差流告警信息，而运行人员没有注意到刀闸变位信息。此时如发生区外故障母差极有可能发生误动。

2.3 问题解决对策的探讨

制造厂高度重视了该回路的可靠性，当刀闸辅助触点变位时，BP-2B 母线差动保护装置能发出“开入异常”信号，RCS-915AS 母线差动保护装置能发出“刀闸位置报警”信号。由于这种情况下线路轻载，保护缺少重要判别量电流，保护装置无太好的解决办法，只能加强该回路的维护工作，就是需要运行人员在操作过程中关注母差保护上显示的刀闸位置情况是否与一次系统对应，不要轻易复归刀闸变位信息，在确认确实由操作引起刀闸变位后再复归，如果发现并确认刀闸位置与一次不符，可以通过设在保护屏上强制开关指定正确的刀闸位置。

3 CT 断线的判别

3.1 原理简介

微型母线差动保护装置对支路交流电流回路断线的检查方法是：大差电流大于CT断线整定值，

经过一定延时发CT断线报警信号,同时闭锁母差保护。CT断线逻辑框图如下:

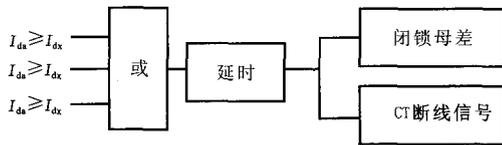


图2 CT断线逻辑框图

Fig.2 Logic block diagram of TA wire-break

3.2 基准变比对CT断线的影响

由于母线上各连接元件CT变比不同,RCS-915AS母线保护装置需要人为设定基准变比,在计算差电流时,各连接元件需将各自实际变比除以基准变比进行变比折算,得到CT调整系数,BP-2B母线保护装置则是自动选取实际设定的所有元件CT变比中的最大值为基准变比,并自动进行变比折算,差电流就是各元件二次电流乘CT调整系数后的矢量和,即归算到了基准变比的二次侧。

由上述可见,保护差流告警定值是按基准变比折算的二次值给出的,在各个不同现场,基准变比的选取不是唯一的。当基准变比选取较大时,实际上是提高了动作的门槛值,当基准变比选取较小时,实际上是降低了动作门槛值。

如果某支路负荷较轻或者空载运行,并且实际变比较其它支路小,那么其CT调整系数就较其它支路小,归算到基准变比的二次侧数值就更小了,这时该支路CT断线,很可能差流小于CT断线整定值而无法发出CT断线告警,进而无法正确闭锁差动保护,增大了差动保护误动的几率。

3.3 问题解决对策的探讨

由于上述情况的存在,建议生产厂家将CT断线整定值设定为交流电流一次值,电流二次值根据实际变比归算为一次值后计算差流,检查交流电流回路是否断线,从而避免经过多次折算后电流值太小,保护装置无法正确识别CT断线的情况发生。

4 母联兼侧路CT极性转换

4.1 原理简介

由于RCS-915AS母线差动保护装置默认母联的CT极性与I母上的元件相同,但系统接线不同,I母或II母都可能带路,因此设置了“母联带路”和“CT极性负”两个压板,当母联带路方式运行时,应投入“母联带路”压板,此时母联电流被视为等同于支路电流,同时根据系统接线情况决定是否投入“CT极性负”压板状态,决定如何将母联电流计入大差和小差电流,并且根据“I母带路”和“II

母带路”的开入状态,决定母联电流计入I母小差还是II母小差电流。

4.2 CT极性负压板的使用

由上可知,对于II母线带路的双母线方式来说,母联带路方式运行时,RCS-915AS母线差动保护装置的“CT极性负”压板就应该投入,那么运行人员就要对“母联带路”和“CT极性负”两个压板同时操作,这就存在漏投压板的可能,给母差保护安全运行埋下了隐患。

4.3 问题解决对策的探讨

对于某变电站来说,其接线方式是固定的,因此当母联带路状态时,RCS-915AS母线差动保护装置“CT极性负”压板随着带路母线的确定而固定投或不投,可以在定值内设置控制字,即母联兼侧路经I母或II母带出,实现母联CT极性的转变更便于操作。计算公式如下:

若II母带路,母联的CT极性与II母上的元件相同,与I母上的元件相反。母联的侧路刀闸和II母刀闸处于合位时,认为母联是带方式运行,回路切换成:

$$\begin{aligned} I_d &= I_1 + I_2 + \dots + I_n + I_{1k} \\ I_{1d} &= I_1 \times S_{11} + I_2 \times S_{12} + \dots + I_n \times S_{1n} \\ I_{2d} &= I_1 \times S_{21} + I_2 \times S_{22} + \dots + I_n \times S_{2n} + I_{1k} \\ T_{1k} &= F_2 \end{aligned}$$

若I母带路,母联的侧路刀闸和I母刀闸处于合位时,认为母联是带方式运行,回路切换成:

$$\begin{aligned} I_d &= I_1 + I_2 + \dots + I_n - I_{1k} \\ I_{1d} &= I_1 \times S_{11} + I_2 \times S_{12} + \dots + I_n \times S_{1n} - I_{1k} \\ I_{2d} &= I_1 \times S_{21} + I_2 \times S_{22} + \dots + I_n \times S_{2n} \\ T_{1k} &= F_1 \end{aligned}$$

其中各参数含义同上。

5 双母双分段母线系统的特殊操作性

在双母线运行方式时,为了防止线路倒母线过程中,线路带负荷拉刀闸,造成刀闸拉弧的情况发生,要求在倒母线时必须断开母联开关的操作直流,锁死开关。

考虑到上述情况,对于双母线双分段系统来说,如果当一侧母联开关断开或带送线路,使一侧母线分列运行时,很多人认为元件倒母线时,只要断开另一侧母联开关及两个分段开关的操作直流,经过另一侧母联开关和两个分段开关将两母线死连接就可以达到同样的目的了。

若如此操作,母线发生故障时,两套母差保护都将无法将分段和母联开关跳开,同时分段开关还会由于无操作直流而无法启动TJR继电器,造成无法启动失灵保护,进而导致无法切除故障点,因此双母线双分段接线方式,禁止经对侧母线上的母联

开关和分段开关将母线锁死进行分列母线间的倒闸操作。

6 BP-2B 母差保护开入量的问题

母差保护在运行中需要判别刀闸位置和母联开关以及分段开关位置,刀闸位置主要用于识别运行方式,开关位置是母差保护内辅助保护功能的需要。制造厂为了保证开入量可靠,在设计时采用刀闸或断路器常开、常闭触点同时开入的方式,一对触点同时开入就认为是回路发生问题,其设计思路有一定的合理性,但是在现场设计过程中出现过因回路过于复杂而发生问题,或者触点不足的情况,例如:双母双分段接线方式在配置双重化母差时,分段开关操作屏需要给出4对常开和4对常闭触点。

另外, BP-2B 开入量电源未经过逆变电源,而是直接用站内电源滤波作为开入电源,在实际运行中存在一定问题,站内电源相对逆变电源不够可靠,尤其是超大型变电站更是如此,直流系统接地的问题,直流系统分布电容问题等都会影响到开入,如果开关量电源接户外刀闸、开关触点更是不利,这将严重威胁母差保护的稳定运行。

7 结论

现在微机型母线保护装置的设计缺陷问题是客观存在的,作为保护工作人员和运行管理人员都应该对此予以重视,在工作中发现问题,确保保护装置可靠运行。

(上接第 54 页 continued from page 54)

LIANG Xu-ming, WU Jin-ke, JI Xiao-tong. Operating Performance Analysis on Control and Protection System of SGCC's HVDC Projects[J]. Power System Technology, 2005, 29(23):7-10,17.

[2] 丁钊, 韩伟强. 天广直流输电系统双极运行情况总结[J]. 电网技术, 2003, 27(9): 49-54.

DING Zhao, HAN Wei-qiang. Summary of Bpolar Operation Stuation of Tian-Guang DC Power Transmission System[J]. Power System Technology, 2003, 27(9): 49-54.

[3] 苏宏田, 齐旭, 吴云. 我国特高压直流输电市场需求研究[J]. 电网技术, 2005, 29(24): 3-4.

SU Hong-tian, QI Xu, WU Yu. Study on Market Demand of UHVDC Power Transmission in China[J]. Power System Technology, 2005, 29 (24): 3-4.

[4] 周浩, 余宇红. 中国发展特高压输电中一些重要问题的讨论[J]. 电网技术, 2005, 29(12): 1-9.

参考文献

[1] 周晓龙, 王攀峰, 田盈, 等. 浅谈双母双分段母线保护配置中的若干问题[J]. 继电器, 2004, 32 (8) : 36-39.

ZHOU Xiao-long, WANG Pan-feng, TIAN Ying, et al. Ponderation on the 4-section Busbar Relay Configuration[J]. Relay, 2004, 32 (8) : 36-39.

[2] 杨春柳, 罗强. 微机型母线保护装置存在的问题及处理对策[J]. 继电器, 2005, 33 (22) : 30-32.

YANG Chun-liu, LUO Qiang. Problems and Countermeasures for Microprocessor-based Busbar Protection[J]. Relay, 2005, 33(22):30-32.

[3] RCS-915AS 微机母线保护装置说明书[Z]. 南京南瑞继保电气有限公司.

The Technical Instruction of RCS-915AS Microprocessor-based Bus-bar Protection[Z]. Nanjing NARI-relays Electric Co.Ltd.

[4] BP-2B 微机母线保护装置说明书[Z]. 深圳南瑞继保电气有限公司.

The Technical Instruction of BP-2B Microprocessor-based Bussbar Protection[Z]. Shenzhen NARI Technologies Co.Ltd.

收稿日期: 2008-01-09; 修回日期: 2008-03-21

作者简介:

吴怀诚(1970-), 男, 本科, 工程师, 从事现场继电保护管理维护工作;

王巍(1978-), 女, 硕士, 工程师, 从事现场继电保护安装、调试和维护工作。E-mail:Wei316@163.com

ZHOU Hao, YU Yu-hong. Discussion on Several Important Problems of Developing UHVDC Transmission in China[J]. Power System Technology, 2005, 29(12): 1-9.

[5] 袁清云. 特高压直流输电技术现状及我国的应用前景[J]. 电网技术, 2005, 29 (14): 1-3.

YUAN Qing-yun. Present State and Application Prospect of Ultra HVDC Transmission in China [J]. Power System Technology, 2005, 29 (14): 1-3.

收稿日期: 2008-09-09

作者简介:

张睿(1976-), 女, 硕士, 从事高压直流输电软件设计及系统调试工作; E-mail: zr@xjgc.com

黄利军(1969-), 男, 高级工程师, 从事高压直流输电软件高级分析和设计;

黄浩然(1976-), 男, 工程师, 从事高压直流输电软件设计及系统调试工作。