

# 母线保护中关于母联单元保护问题的思考

冯爱元

(天津滨海供电分公司调度所, 天津 300270)

**摘要:** 分析了母线保护中常用的差流算法, 指出当母联断路器处于检修状态时, 如果母联单元有耐压试验, 或者有母联单元电流互感器 (CT) 的测试试验时, 这种算法存在一定问题。通过母线保护加装母联检修压板、修改常用的差流算法, 能够解决存在的问题。通过对母联充电保护的过程分析, 指出无论母联内部充电保护, 还是母联外内部充电保护, 都应具有瞬时闭锁母差的功能。对内部充电保护闭锁母差的判据、外部充电保护闭锁母差的方法都进行了分析, 指出了常见的错误判据及错误的实现方法。根据动作时序的分析, 给出了正确的判据及实现方法。

**关键词:** 母线保护; 母联单元; 差流计算; 充电保护; 闭锁母差

## Issues on the bus coupler protection of bus protection

FENG Ai-yuan

(Binhai District Supply Company, Tianjin Electric Power Corporation, Tianjin 300270, China)

**Abstract:** This paper analyzes the differential current algorithm commonly used in busbar protection, and points out that such algorithm has problems if the compression test or test of current transformer (CT) for bus coupler unit is done when the bus coupler is in maintenance state. The problems can be solved through installing bus protection hard strap and modifying common differential current algorithm. Through analyzing the charging protection process, it is found that whether it is internal charge protection or external charge protection, they should have function of instantaneous locking bus differential. The criterion for internal charge protection locking bus differential and methods for external charge protection locking bus differential are analyzed, and the common wrong criterion and realization methods are pointed out. According to the analysis of operation sequence, the correct criterion and realization methods are proposed.

**Key words:** bus protection; bus coupler unit; differential current algorithm; charge protection; blocking bus protection

中图分类号: TM773 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)24-0213-04

## 0 引言

母线是电力网络中重要的元件, 它起到汇集电能、分配电能的作用。设备与它相连的方式, 直接关系到电网的拓扑结构。在各种电力设备保护中, 母线保护历来是极为重要的, 它的正确动作与否直接关系到整个电网的运行方式。从这个意义上说, 母线保护对电力网络的安全稳定运行有着不可忽视的作用。

与母线相关联的一次设备单元是很复杂的, 有线路单元、主变单元、发变组单元、母联单元、分段单元等多种单元。每种单元的运行特点及方式变化都不相同。其中母联单元具有一定的特殊性, 对于它在母线保护中的一些问题应当引起一定的注意。

## 1 母线差动电流中关于母联单元电流的计算问题

在母线保护中对差动电流的计算是个核心问题, 差动电流应该能够正确地反应出母线本身内部的区内故障和母线外部的区外故障。做到区外故障差流为零, 母线保护可靠不动作; 区内故障差流反应灵敏, 母线保护可靠动作, 切除故障点。

可以看出, 对母线差流的计算方法进行深入思考, 对于潜在的问题进行分析是十分必要的。

### 1.1 母线保护中关于差动电流的常用算法

母线的典型结构如图 1 所示。接线形式是双母线接线带一母联断路器 2245。

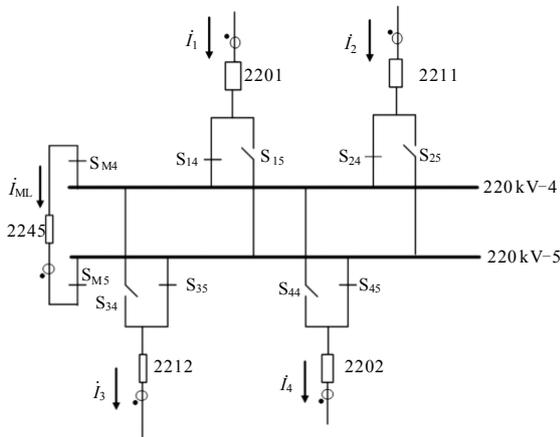


图 1 母线典型接线

Fig.1 Typical bus wiring

其中： $S_{14}$ 、 $S_{24}$ 、 $S_{34}$ 、 $S_{44}$ 、 $S_{15}$ 、 $S_{25}$ 、 $S_{35}$ 、 $S_{45}$ 代表线路单元各自的隔离开关位置；当某隔离开关合入时其对应的值为1，当某隔离开关断开时其对应的值为0。 $S_{M4}$ 、 $S_{M5}$ 代表母联断路器2245的两侧的隔离开关位置，与线路单元一样，当合入时其对应的值为1，当断开时其对应的值为0。

一般的保护装置差动电流的常用计算方法如式

(1) ~式 (3)。

$$\dot{I}_{cd} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 \quad (1)$$

$$\dot{I}_{4Cd} = S_{14} \dot{I}_1 + S_{24} \dot{I}_2 + S_{34} \dot{I}_3 + S_{44} \dot{I}_4 + HWJ_{ML} \dot{I}_{ML} \quad (2)$$

$$\dot{I}_{5Cd} = S_{15} \dot{I}_1 + S_{25} \dot{I}_2 + S_{35} \dot{I}_3 + S_{45} \dot{I}_4 - HWJ_{ML} \dot{I}_{ML} \quad (3)$$

式 (2)、式 (3) 中， $HWJ_{ML}$  代表母联断路器位置，合入时值为 1，断开时值为 0。

式 (1) 代表大差电流的计算，即把 220 kV-4 母线与 220 kV-5 母线看作一条母线；它把除母联单元以外的所有单元的电流全部计入。它用来判断故障在区内还是区外，一般用作母差保护的启动元件。

式 (2) 代表 220 kV-4 母线差动电流，即 4 母小差电流，它把与 4 母线相关的元件电流计入。它用线路单元的 4 母隔离开关位置判断元件是否与 4 母相关。4 母小差电流作为选择元件<sup>[1]</sup>。

式 (3) 代表 220 kV-5 母线差动电流，道理与 4 母线完全一样。5 母小差电流也作为选择元件。

从上面的算式可以看出，大小差动电流的区别有两点。一是小差判断了隔离开关位置，这样可以适应各线路运行方式的变化。二是小差中计入了母联单元电流，对于母联只采集了断路器位置，在正常情况下  $S_{M4}$ 、 $S_{M5}$  一般是合入的，采集断路器位置可以判断出母联的运行方式。

从母线差流的计算可以看出，在正常方式下，由于考虑了各单元运行方式的变化，即在运行方式

发生变化时。母差仍然保证了选择性。

这种通常的差流算法应当说存在一些问题，主要表现在对母联单元的适应性上。

### 1.2 差动电流中关于母联单元电流的计算问题

通常差流计算只采集母联断路器位置，原因是正常运行时母联两侧的隔离开关位置一般是合入。但母联单元不总处在正常运行方式或备用方式下，例如当母联单元处于检修状态下，两侧的隔离开关是断开的，这样形成明显断开点，用来保障检修人员的安全。

而当母联单元处在检修状态下，通常的差流计算是有问题的。我们假设以下情况发生：

- (1) 母联单元处于检修状态，两侧刀闸断开。在检修工作期间可能分合母联断路器。
- (2) 在母联单元检修间，有高压试验人员进行耐压试验，对母联的部分 CT 进行测试试验。
- (3) 在母联单元检修期间保护并没有工作任务，保护人员不在现场。
- (4) 在母联单元检修期间 220 kV-4 母线发生故障。

假设的情况如图 2 所示。

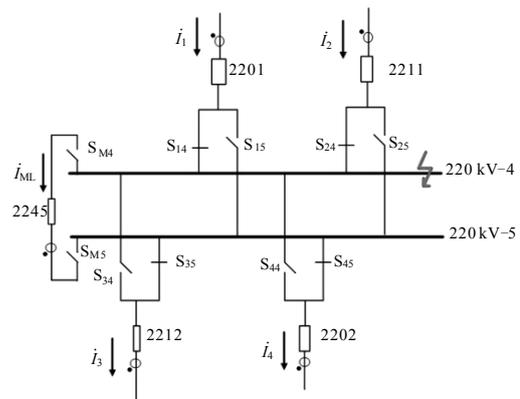


图 2 故障示意图

Fig.2 Fault map

如果上面提到的情况发生，通常的差流计算会出现以下情况：

- (1) 如果母联断路器在检修中处于合位时，那么  $HWJ_{ML} = 1$ ；
- (2) 此时高压试验在打压过程中，若开关本身确实绝缘存在问题，或打压操作不当，设备可能对地放电，可能会有电流流过母线保护 CT 一次侧，二次侧会感应出电流；或者此时对 CT 进行变比等试验，同样可能会有电流流过母线保护 CT 一次侧，二次侧会感应出电流。

由于  $HWJ_{ML} = 1$ ，试验感应出的母联电流会参

与小差计算，由于它并不是反映运行中真正的一次电流，会使差流计算结果出现错误。

最为严重的是，如果此时 220 kV-4 母线发生故障，因为母联电流参与计算，会使 4 小差电流的灵敏度受到影响，若母联感应电流与 4 母其他单元的电流和方向相反，可能会使 4 母差保护拒动，还会使正常运行的 5 母线误动。

由上面的分析可以看出，小差电流母联单元只采集母联断路器位置是存在问题的。有两种解决的办法：

(1) 在母线保护装置加装母联检修压板。当母联单元检修时此压板投入，不管母联断路器位置如何，母联电流不参与差流计算。这种方法必须有变电运行人员参与操作。目前 RCS-915 多采取这种方法<sup>[2]</sup>。

(2) 修改通常的差动电流算法，使差动电流的算法如式 (4) ~ (6) 所示。

$$\dot{I}_{cd} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 \quad (4)$$

$$\dot{I}_{4cd} = S_{14} \dot{I}_1 + S_{24} \dot{I}_2 + S_{34} \dot{I}_3 + S_{44} \dot{I}_4 + HWJ_{ML} S_{M4} S_{M5} \dot{I}_{ML} \quad (5)$$

$$\dot{I}_{5cd} = S_{15} \dot{I}_1 + S_{25} \dot{I}_2 + S_{35} \dot{I}_3 + S_{45} \dot{I}_4 - HWJ_{ML} S_{M4} S_{M5} \dot{I}_{ML} \quad (6)$$

式 (5)、式 (6) 中，对 4 母小差、5 母小差的计算进行了修改。算法修改后使母联电流参与计算不仅仅取决于母联断路器位置，还与两侧隔离开关位置相关。这样，当母联单元处于检修状态时，由于两侧隔离开关断开， $S_{M4}=0$ 、 $S_{M5}=0$ ，使得母联电流不参加差流计算，从根本上解决了问题。

当然，这种方法增加了隔离开关位置触点的采集，如果触点位置本身存在问题，也会影响差流计算。但触点位置异常毕竟是小概率事件，如果在软件上增加监视触点状态的程序，同时变电人员加强监视，是会消除这个问题的。

为了更好地使母线保护可靠运行，最好的办法是两种办法都采用。互相独立，互为补充。但目前有些母线保护装置不都是这样处理的，应当引起必要的重视。

## 2 关于母联充电保护闭锁母差问题

### 2.1 母联充电保护的概念

当一条母线全电压运行，另一条母线备用而没有电压。当用运行母线作为电源，通过母联断路器对备用母线进行充电加压，这个过程就是充电。如果备用母线在充电前本身存在故障，那么利用运行母线对备用母线充电，等于运行母线直接投到故障上。若没有专门的保护，就会引起运行母线全停的事故。针对这种情况配置的保护，称做母联充

电保护<sup>[3]</sup>，它动作于跳开母联断路器切除备用母线，以隔离故障，使运行母线安全运行。

### 2.2 母联充电保护闭锁母差的必要性

利用母联断路器对备用母线进行充电时，对母差是有影响的。

当充电前，由于母联断路器处于分位， $HWJ_{ML}=0$ 。充电时，手合母联断路器后，断路器由分位到合位。当充到故障时，就会有电流流过母联单元。由于母联断路器已处于合位， $HWJ_{ML}=1$ 。

仔细思考这个过程，会发现并不是严格意义上的同时发生。短路电流是电气量，而母联断路器位置是机械量。当母联断路器由分变合时，故障电流瞬时出现，而母联断路器位置由于经机械变位、继电器切换等多个环节，会比电气量慢出现。图 3 表示出了这种变化的时序图。

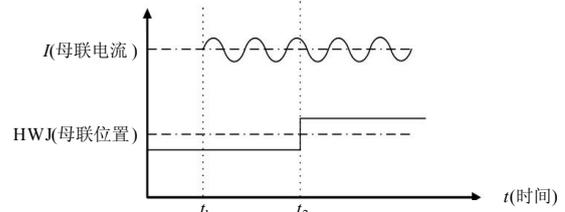


图 3 母联电流与母联位置变化时序图

Fig.3 Master timing diagram about bus coupler current associated with position change

$t_1$  时刻母联断路器合上，电流立即出现。一段时间后， $t_2$  时刻母联断路器位置才变位。由于小差计算母联电流与母联断路器位置相关，当充到故障后， $t_1$  与  $t_2$  之间的时刻，由于母联断路器位置没有立即变位，会使正常的母线出现差流，从而母线保护动作，造成切除正常母线。

为防止这种情况发生，充电保护应瞬时闭锁母差一会儿，当母联断路器变位进入后自动解除闭锁。

### 2.3 母联充电保护闭锁母差实现方式的探讨

母联充电保护的配置一般有两套。母线保护装置中的母联充电保护，一般叫做内部充电保护，简称内充；独立于母线保护装置，单独配置的充电保护，一般叫做外部充电保护，简称外充。

母联充电保护闭锁母差，内充外充都应该实现这种功能。但在实现的方法中应当注意技术上的一些细节问题。如果不注意这些细节的问题，可能实现不了预想的功能。

#### 2.3.1 内部充闭锁母差实现方式

母线保护装置中的内充保护，一般可通过控制字投退实现是否闭锁母差。

但闭锁功能的逻辑判据应当注意分析。

有的内母充是判断母联断路器由分到合的变位，且母联电流超过充电保护定值的时候，延时动作跳开母联断路器并闭锁母差；这种办法是不行的。

还有的采用判开关变位的方法来闭锁母差。经过上面的分析也是不行的。

正确的逻辑是：当母联单元两侧的隔离开关处于合位，一段母线有压，一端母线无压；检测到母联有电流时，立即闭锁母差一段时间后再开放。

内母充闭锁母差功能有一定的校验难度，在母线保护调试中应当特别注意。

### 2.3.2 外部母联充电闭锁母差实现方式

(1)一般的思路是在外充保护引一个开出触点作为母线保护的闭锁母差开入，如图4所示。

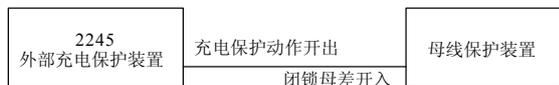


图4 外部充电闭锁母差实现

Fig.4 Realization of the external charging locking bus differential protection

这种办法从直观上看有道理，细想存在问题。母差保护是瞬动，零秒动作，而充电保护是延时动作，这种方法根本来不及闭锁母差。

这种办法显然不能采用。

(2)利用手合继电器触点（SHJ）实现闭锁，实现方法如图5所示。

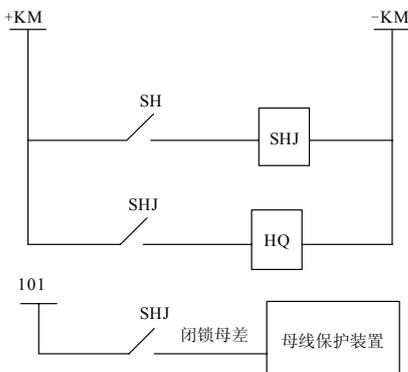


图5 利用SHJ实现闭锁母差

Fig.5 Locking bus differential protection with SHJ

动作过程是手合触点SH闭合，手合继电器（SHJ）启动，SHJ触点闭合，一对SHJ触点去沟通母联断路器合闸线圈HJ使母联合闸，另一对SHJ触点用来闭锁母差。

时序图如图6所示。

从时序图来看， $t_0$ 时SHJ闭合， $t_1$ 时开关合位， $t_2$ 时开关位置切换。由于SHJ先于 $t_1$ 与 $t_2$ 的时间段内闭合，闭锁了母差，即使充到故障母线上，也不会使正常母线的保护动作。

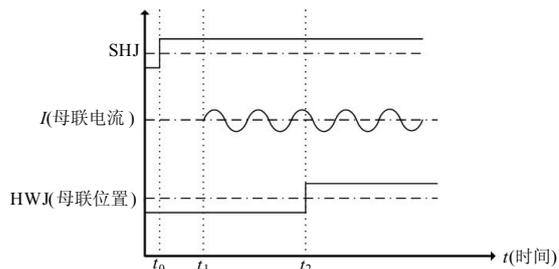


图6 母联操作变化时序图

Fig.6 Master timing diagram associated operational changes

从时序分析上看，这种方法是可取的。

### 3 总结

母线是电力系统中重要的元件，它的正确动作与否直接关系到电网的运行结构，对电力系统的稳定运行有着不可忽视的作用。母线保护中，其中母联单元的一些问题应引起注意。

(1)在差流算法中关于母联电流的计算，应当考虑到母联单元检修状态时的影响，只考虑母联断路器位置是存在问题的。应当在母线保护装置中配置母联检修压板；以及修改差流算法，使母联电流与两侧隔离开关位置相关。

(2)利用母联断路器对备用母线进行充电的过程中，对母差保护是有影响的。在充电过程中应当瞬时闭锁母差一段时间。内外母充都应实现这个功能。在实现这个功能时，技术环节上需要注意一些问题，仔细分析动作时序，使用恰当的判据及技术手段，真正实现母差瞬时闭锁功能。

### 参考文献

[1] 陈德树. 微机继电保护[M]. 北京：中国电力出版社，2000.  
CHEN De-shu. Micro-processor based protective relay [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.

[2] 周志敏, 周纪海, 纪爱华. 继电保护实用技术问答[M]. 北京：电子工业出版社，2005.  
ZHOU Zhi-min, ZHOU Ji-hai, JI Ai-hua. Relay protection practical technology Q & A[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.

[3] 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，2008.  
National Electric Power Dispatching and Communication Center. Power system protection practical technology Q & A [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.

收稿日期：2009-12-09； 修回日期：2010-06-29

作者简介：

冯爱元（1974-），男，工程师，技师，现从事于保护现场运行工作。E-mail: aiyuan\_feng@sina.com