

DOI: 10.7667/PSPC170027

母线 T 区充电操作中母差保护误动风险及应对措施

屠卿瑞¹, 李一泉¹, 曾耿晖¹, 刘 玮¹, 石东源²

(1. 广东电网有限责任公司电力调度控制中心, 广东 广州 510000; 2. 华中科技大学, 湖北 武汉 430000)

摘要: 在对 220 kV 母线 T 区充电操作中, 为防止母差保护大差后备功能误动作切除运行母线或运行支路, 需要采取相应的风险防控措施。通过分析国内主流厂家多个型号的母差保护大差后备逻辑, 针对不同保护型号和不同工况, 提出了缩短对侧后备保护延时、强制模拟盘刀闸位置和短接母差保护对应充电间隔电流互感器(Current Transformer, CT)回路等措施。同时考虑到主变间隔与线路间隔对 T 区充电时的区别, 提出了主变后备保护定值和跳闸矩阵的修改建议。现场实际运行案例证明了所提一、二次应对措施的有效性。

关键词: 母线 T 区; 大差后备; 线路间隔; 主变间隔; 母线保护; 误动

Protection malfunction risk and preventive solutions when charging T area of busbar

TU Qingrui¹, LI Yiquan¹, ZENG Genghui¹, LIU Wei¹, SHI Dongyuan²

(1. Electric Power Dispatching & Control Center of Guangdong Power Grid, Guangzhou 510000, China;

2. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430000, China)

Abstract: When charging the 220 kV busbar T area from other side substation through the transmission line, some type of busbar protection may mis-trip the operating busbar and lines because of the large differential relay's backup function. In order to prevent this risk, solutions should be taken. The different logics of the majority of busbar protections are analyzed. Several solutions are proposed, such as setting the switch simulation device manually, shortening the operation time of the backup protections, and shortening the CT from the charging equipment to the busbar protection. Considering the differences between the transform T area and this transmission line T area, this paper proposes the method to reset the transformer backup protection setting values. The above solutions to primary and secondary problems are verified by a practical operation case.

Key words: busbar T area; large area differential backup protection; line T area; transformer T area; bus bar protection; malfunction

0 引言

220 kV 系统一般采用双母线或双母双分段接线, 当一条母线发生故障后, 母差保护动作跳开母联开关及故障母线上的所有支路。对于 GIS 母线, 故障接地点很难直接发现, 其位置可能在母线本体上, 也可能在母线刀闸与母线 CT 中间的连接处。一般将后者所指区域称为 T 区(如图 1)。为查找母线故障的具体位置, 需要缩小故障点范围。在母线故障点未确认, 而相关线路或主变间隔又急需复电时, 一般可将相关间隔倒至正常母线。在倒闸操作

前, 需对各间隔 T 区进行充电操作, 以确认该间隔 T 区无故障点。调度员一般采用将某条线路的两把母线刀闸均断开, 并从线路对侧试充电的方式, 以确认该线路的母线 CT 至母线刀闸部分(T 区)没有故障。这种操作称为对母线 T 区的充电操作。然后依次对其他间隔采取相同操作, 以便确认故障点的具体位置是处于母线本体还是某支路上, 并将急需送电的线路倒闸至正常母线。

在这种母线 T 区充电操作中, 如果该 T 区没有故障点, 则可以排除该间隔, 进行下一间隔的充电操作。

但如果该 T 区存在故障点(如图 1 中 F1 或 F2), 由于该故障位于线路 CT 保护范围外, 母线 CT 保护范围内, 因此线路保护不会动作, 而母差保护则

会感受到“大差”电流。但又由于两把母线刀闸都已拉开，母差保护无法将该支路故障电流计入“小差”。最终造成母差保护“有大差无小差”的情况，此时某些类型的母差保护会延时误跳开 220 kV 母联或母线，造成事故范围的扩大，故需要采取防范措施。

文献[1-5]介绍了母差保护的基本工作原理，并提出了一种可有效消除电流采样非同步影响的母差保护新原理。文献[6-10]研究了广域差动后备保护的故障判别方法，但未解决母线大差后备保护在充电时的误动问题。文献[11-13]介绍了几起母差大差后备保护误动作的现场运行实例，但误动原因为二次回路误碰或元件缺陷导致，且提出的解决措施为改进保护逻辑，而现有保护的版本一经发布后，短期内无法修改，必须研究采取其他应急措施来防范母差保护的误动风险。文献[14]提出了“大差后备”保护误动的风险防控措施，但仅针对 RCS-915 系列保护装置，未考虑其他型号的母差保护，且未考虑修改线路对侧后备保护的动作时间。当 T 区故障的类型为加压后缓慢发展的情况时，由于对侧手合后加速逻辑开放时间有限(一般为 200 ms~3 s 不等)，故障发生时，手合后加速开放时间不足，故仅采用文献[14]的方法可能无法快速切除故障。

本文首先对各主流厂家的母差保护“大差后备”动作行为进行了详细分析，并分别针对线路充电间隔和主变充电间隔两种情况展开讨论，同时考虑一母线运行、一母线停运和两母线并列运行的工况，给出了相应的风险防控措施。最后结合某现场动作案例，验证了所提风险防控措施的有效性。

1 运行工况简介

图 1 为某 220 kV 变电站 T 区充电操作示意图。当 A 站 1 母线发生故障跳闸后，需要对连接于 1 母线的 AB 甲线线路 T 区和 #1 主变 220 kV 侧 T 区试充电。

对 AB 甲线 T 区试充电的常规步骤如下：

- 1) 确认线路两侧开关在热备用状态；
- 2) 拉开 AB 甲线 A 站侧开关 2511 T 区的所有母线侧刀闸；
- 3) 与地区电力调度中心确认该线路是否具备试送电条件；
- 4) 合上 A 站侧线路开关 2511；
- 5) 合上 B 站侧线路开关 2511，利用开关手合后加速保护作为 T 区故障 F1 的快速保护切除故障。

对 #1 主变 T 区试送电时需先确认主变其他侧开关在运行状态，最后合主变 220 kV 侧开关，如

有 T 区故障 F2，通过主变后备保护切除。

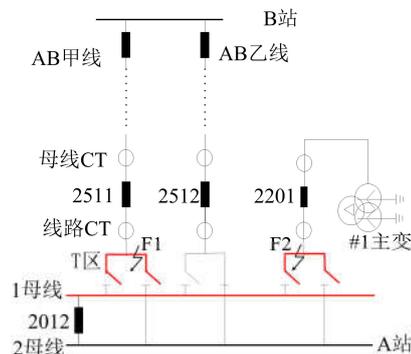


图 1 母线 T 区充电操作示意图

Fig. 1 Primary system diagram when busbar T area charging

2 充电支路为线路支路

充电支路为线路支路时，国内各主流厂家的 220 kV 母差保护在有大差电流无小差电流时的动作逻辑及风险防控措施(表 1)，具体工况如下所述。

1) 一条母线停运、另一条母线运行：多为母线故障后需缩小故障范围，紧急恢复某线路送电的情况。

2) 两条母线并列运行：当 A 站线路开关检修或更换后启动复电时，因 A 站出线较多，不具备倒闸操作条件以便腾出一段空母线的情况。

下面针对这两种工况，分别对各型号母差保护的动作为进行逐一分析。

2.1 南瑞继保 RCS-915 系列

动作逻辑：当保护检测到差动电流大于差动动作门槛，但又没有小差电流时，保护延时 250 ms 跳开两条母线。由于会误跳运行母线，属于高风险。

防控措施：

1) 若 1 母线停运、2 母线运行，则可将模拟盘中 AB 甲线的刀闸位置强制接入 1 母线。这时一旦发生 F1 故障，母差保护将故障电流计入 1 母线小差，并动作跳开 2511 开关将故障隔离，从而不影响运行的 2 母线。

2) 若两条母线均在运行状态，则无法通过强制刀闸模拟盘位置的方式避免误跳母线。此时只能采取短接母差保护对应充电间隔的 CT 回路或将该间隔 CT 变比调整为 0 来避免小差电流计入。同时为了快速隔离故障，除利用 B 站侧线路保护手合后加速功能跳闸外，若对于缓慢发展的故障，考虑到手合后加速功能的开放时间有限，还需将对侧 B 站的线路接地距离 II 段和相间距离 II 段时间缩短为 0.2 s。

2.2 南瑞继保 PCS-915 系列

动作逻辑：当保护检测到差动电流大于差动动作门槛，但又没有小差电流时，保护进入母差后备

段。母差后备 I 段延时 240 ms 切除有流且无刀闸位置开入的支路及电压闭锁开放的母联(分段)开关; 若此时大差仍未返回, 母差后备 II 段延时 480 ms 切除所有支路电流大于 $2I_n$ 的支路。

风险等级及防控措施:

1) 若 1 母线停运、2 母线运行, 则此时保护不会误动并能够在 240 ms 内正确跳开故障间隔对应开关 2511。故评定为低风险, 不需采取额外措施。

2) 若两条母线均在运行状态, 此时虽不会误跳运行母线, 但会误跳运行母联, 故评定风险等级为中级。可采取短接母差保护对应充电间隔(AB 甲线)的 CT 回路或将该间隔 CT 变比调整为 0 来避免小差电流计入。同时为了快速隔离故障, 还需将对侧 B 站的线路保护接地距离 II 段和相间距离 II 段时间缩短为 0.2 s。

2.3 北京四方

动作逻辑: 在有差无小差电流时保护不动作。

风险等级及防控措施:

1) 若 1 母线停运、2 母线运行, 虽然保护不会

误动, 但如果是缓慢发展性故障, B 站侧手合后加速功能可能开放时间不足, 导致故障无法快速切除。评定风险等级为中级。此时最简便的方式是强制模拟盘刀闸位置, 通过母差保护快速跳开 A 站 2511 开关来隔离故障。

2) 如果两条母线均在运行状态, 则无法采取强制模拟盘刀闸位置的方法。此时为了隔离缓慢发展性故障, 只能采取缩短对侧后备保护时间的方法, 将 B 站侧线路保护接地距离 II 段和相间距离 II 段时间缩短为 0.2 s。

2.4 长园深瑞

动作逻辑: 不会误跳运行母线, 但当母联电流大于差流定值时, 跳母联。

风险等级及防控措施:

1) 若 1 母线停运 2 母线运行, 由于此时母联已在分位, 故不会造成误动。但当为缓慢发展性故障时, 仍需采取缩短对侧后备保护时间或强制模拟盘刀闸位置的方式来快速隔离故障。

表 1 各主流厂家母差保护在母线 T 区充电时的动作逻辑和风险防控措施

Table 1 Protection logic charging T area of bus

序号	厂家	型号	动作逻辑	1 母线停运 2 母线运行		两条母线并列运行	
				风险等级	防范措施	风险等级	防范措施
1	南瑞 继保	RCS-915	延时 250 ms 切除两条 母线	高	强制模拟盘刀闸位置	高	缩短对侧后备保护时间且短接母差 保护对应充电间隔 CT 回路
		PCS-915	延时 240 ms 切除有流 无刀支路及母联; 延 时 480 ms 切除大于 $2I_n$ 支路	低	无	中(误跳母联)	缩短对侧后备保护时间且短接母差 保护对应充电间隔 CT 回路
2	北京 四方	所有型号	不动作	中(缓慢发展性故 障切除较慢)	强制模拟盘刀闸位置	中(缓慢发展性故 障切除较慢)	缩短对侧后备保护时间
3	长园 深瑞	所有型号	母联电流大于差流定 值, 跳母联	中(缓慢发展性故 障切除较慢)	缩短对侧后备保护时间 或强制模拟盘刀闸位置	中(缓慢发展性故 障切除较慢; 穿越 电流较大时会误 跳母联)	缩短对侧后备保护时间; 同时需调 整两母线负荷使穿越电流<差流定 值; 或短接母差保护对应充电间隔 CT 回路
4	许继电 气	所有型号	延时 150 ms 跳开充电 支路和母联	低	无	中(误跳母联)	缩短对侧后备保护时间且短接母差 保护对应充电间隔 CT 回路
5	国电 南自	WMZ-41A/B	不动作	中(缓慢发展性故 障切除较慢)	缩短对侧后备保护时间 或强制模拟盘刀闸位置	中(缓慢发展性故 障切除较慢)	缩短对侧后备保护时间
		SG B750	延时 150 ms 跳有流无 刀支路	低	无	低	无
6	南瑞 科技	NSR-870	不动作	中(缓慢发展性故 障切除较慢)	缩短对侧后备保护时间 或强制模拟盘刀闸位置	中(缓慢发展性故 障切除较慢)	缩短对侧后备保护时间
7	金智 科技	iPACS-5961	延时 450 ms 切除两条 母线	高	强制模拟盘刀闸位置	高	缩短对侧后备保护时间且短接母差 保护对应充电间隔 CT 回路

2) 若两条母线均在运行状态, 则存在缓慢发展性故障隔离时间较长且当两条母线间的穿越性电流较大时, 会误跳运行母联的风险。此时需缩短对侧后备保护时间以解决故障快速切除问题; 并调整两母线负荷使穿越电流小于差流定值或将母差保护对应充电间隔 CT 回路短接, 以解决误跳运行母联的问题。

2.5 许继电气

动作逻辑: 延时 150 ms 跳开有流且无刀闸位置的支路和母联。

风险等级及防控措施:

1) 若 1 母线停运、2 母线运行, 由于此时母联已在分位, 故不会造成误动。且保护可以较短延时跳开 2511 开关隔离故障, 故风险等级较低, 不需采取额外措施。

2) 若两条母线均在运行状态, 存在误跳运行母联风险。可采取短接母差保护对应充电间隔的 CT 回路或将该间隔 CT 变比调整为 0 来避免小差电流计入。但若采取此措施, 母差保护将无法跳开 2511 开关, 若为缓慢发展性故障, 还需将对侧 B 站的线路保护接地距离 II 段和相间距离 II 段时间缩短为 0.2 s 来快速隔离故障。

2.6 国电南自 WMZ-41A/B 系列

动作逻辑和风险防控措施与北京四方完全相同。

2.7 国电南自 SG B750 系列

动作逻辑: 延时 150 ms 跳开有流且无刀闸位置的支路, 但不会跳运行母联。

风险等级及防控措施:

1) 若 1 母线停运、2 母线运行, 保护可以较短延时跳开 2511 开关隔离故障, 故风险等级较低, 不需采取措施。

2) 若两条母线均在运行状态, 保护可以较短延时跳开 2511 开关隔离故障, 同时不会误跳运行母联, 故风险等级较低, 不需采取措施。

2.8 南瑞科技 NSR-870 系列

动作逻辑和风险防控措施与北京四方完全相同。

2.9 金智科技 iPACS-5961 系列

动作逻辑: 延时 450 ms 切除两条母线。

风险防控措施与南瑞继保 RCS-915 系列完全相同。

3 充电支路为主变支路

若充电支路为主变支路, 在相应的 T 区发生 F2 故障时, 母差保护的動作行为与上述线路 T 区充电情况相似, 但为防止故障切除较慢的情况, 在表 1 的“防范措施”中需要“缩短对侧后备保护时间”

处, 应改为“缩短主变后备保护时间”的措施。具体措施分 500 kV 主变和 220 kV 主变两种情况(表 2)。

表 2 主变 T 区充电时的风险防控措施

Table 2 Solutions in charging transformer T area

主变类型	防范措施	需修改跳闸矩阵为
500 kV 主变	缩短高压侧阻抗 II 段 1 时限为 0.2 s 退复压, 退方向	跳变中 /
220 kV 主变	缩短高压侧相过流 I 段延时为 0.2 s 修改高压侧零序 I 段定值为 300 A; 其 1、2 时限均缩短为 0.2 s	跳变高 跳变高

3.1 500 kV 主变控制措施

通过 500 kV 侧向主变 220 kV 侧 T 区充电时, 为了快速切除 F2 故障, 需要将对中压侧母线故障有灵敏度的后备保护延时缩短。行标要求 500 kV 主变高压侧阻抗 II 段对中压侧母线故障有 1.3 倍以上灵敏度^[15], 故可将高压侧接地和相间阻抗 II 段跳各侧的时限缩短为 0.2 s。此时需注意, 若阻抗 II 段有 2 个时限, 1 时限一般会跳中压侧母联分段, 在双母线并列运行时会造成误跳母联分段, 故应同时修改 1 时限的跳闸矩阵为跳变中。

3.2 220 kV 主变控制措施

通过 110 kV 侧向主变 220 kV 侧 T 区反充电时, 为了快速切除 F2 故障, 同样需要缩短相应的主变后备保护时间。由于 220 kV 主变高压侧一般未配置阻抗保护或在正常运行时阻抗保护退出。此时应考虑修改高压侧复压方向过流和零序方向过流定值。下面分别进行讨论。

无论是双母线并列运行, 还是 1 母线停运、2 母线运行的工况, 当从 110 kV 向 220 kV 侧反充电时, 由于主变 220 kV 侧两把刀闸都处于分为, 如果发生 F2 故障, 220 kV 母线电压受到的扰动可能不大, 此时复压元件和方向元件可能不启动, 故无论是复压方向过流还是零序方向过流, 都应退出复压闭锁元件和方向元件, 只采用纯过流元件。

对于高压侧相过流元件, 可将过流 I 段时间缩短为 0.2 s, 一般高压侧过流 I 段出口为跳主变各侧开关, 此时会误跳变中和变低开关, 解决方式有两种: 1) 修改跳闸矩阵, 改为只跳变高开关; 2) 允许变中、变低开关跳闸, 但应提前将主变变低负荷转至其他母线, 防止负荷损失。

对于高压侧零序电流保护, 一般零序 I 段定值固定取 500 A, 零序 II 段定值固定取 300 A, 延时均较长(一般大于线路零序过流保护相应段的最长时限, 如 5 s 以上), 因此必须要缩短延时。下面分

金属性故障和高阻故障两种情况。

1) 金属性接地故障: 只需将零序 I 段 1 时限和 2 时限同时缩短为 0.2 s, 1 时限切母联, 2 时限切变高开关, 当母联 2012 在合位时, 为防止误跳运行母联, 需修改跳闸矩阵, 将 1 时限出口也改为跳变高。

2) 高阻接地故障: 考虑最严重的情况, 此时零序 I 段 500 A 定值可能没有灵敏度, 因此需将零序 II 段延时缩短为 0.2 s, 同时将跳闸矩阵改为跳变高。但此时零序 II 段延时小于零序 I 段延时(5 s 以上), 超出某些保护装置的设置范围。

综上所述, 最简单易行的方式为, 将主变高压侧零序 I 段定值调整为 300 A(可防高阻), 同时将 I 段 1 时限和 2 时限均缩短为 0.2 s, 并将两个时限的跳闸矩阵均修改为跳变高即可。

4 案例分析

以 2016 年某 220 kV 变电站 A 的一起实际母线故障的事故处理为例, 验证上述防范措施的有效性。系统接线与图 1 相同。

事故发生前, AB 甲线、#1 主变接于 1 母线, AB 乙线接于 2 母线。事故发生时, 220 kV 第一套母差保护小差动作 11 ms 跳 1 母线 B 相, 39 ms 跳 C 相, 57 ms 跳 A 相; 第二套母差保护小差动作 12 ms 跳 1 母线 B 相, 40 ms 跳 C 相, 58 ms 跳 A 相; 最终跳开 AB 甲线 2511 开关, #1 主变变高 2201 开关和母联 2012。

由于 A 站母线为 GIS 设备, 在未查明故障原因及试验合格前不得送电。而 AB 甲线及#1 主变又急需复电, 故计划在验证 T 区无故障后将两设备倒至 2 母线。

AB 甲线双套线路保护型号为 RCS-931BM, 双套母差保护型号均为长园深瑞 BP-2C, 根据表 1, 可采取缩短对侧后备保护时间或强制模拟盘刀闸位置的措施。由于现场刀闸模拟盘存在临时缺陷, 无法通过强制刀闸位置利用母差保护隔离故障 F1。又因 F1 故障可能为在合闸加压 400 ms 后(手合后加速开放时限之外)发生的缓慢发展性故障, 会造成 AB 甲线 B 站侧手合后加速保护失效而使得故障切除较慢(距离 II 段时间大于 0.7 s), 故最终调度员决定采取表 1 中缩短对侧后备保护时间的措施。具体操作如下:

1) 将 AB 甲线 B 站侧线路保护接地和相间距离 II 段时间由 0.7 s 缩短为 0.2 s。保持 A 站侧两套母差保护均投入。

2) 确认 AB 甲线 A 站侧两把母线刀闸均处于分位, 准备对 T 区试充电。

3) 合上 AB 甲线 A 站侧 2511 开关。

4) 合上 AB 甲线 B 站侧 2511 开关。电压建立约 2 s 后再次发生 F1 故障, B 站侧 AB 甲线线路保护接地距离 II 段 0.2 s 动作跳开 B 站侧 2511 开关隔离故障。故 AB 甲线暂不能复电于 2 母线。

主变间隔也采取了上述防范措施后进行 T 区试送电, 因未发生 F2 故障, 故可以复电于 2 母线。

从实际案例可以看出, 采取本文提出的防范措施后, 整个充电过程中母差保护未发生误动作, 线路保护也未发生拒动或慢动情况, 故障点范围得到进一步确认, T 区故障也得到了快速隔离。如果不采取缩短后备保护时间的措施, 由于该故障发生于合闸 2 s 后, 手合后加速保护无法动作, 故障将只能在距离 II 段 0.7s(即合闸后 2.7s)动作切除, 系统存在失稳风险。

5 结语

本文针对 220 kV 母线故障后, 对线路间隔和主变间隔 T 区充电操作的特点, 分析了多个母差保护装置“大差后备”保护功能的动作逻辑和误动风险, 同时分析了 T 区内故障缓慢发展时的线路保护拒动风险。将以上风险按造成的后果严重程度分为低、中、高三等级, 进而提出了强制刀闸模拟盘位置、修改对侧线路后备保护延时、短接母差保护对应充电间隔 CT 回路和缩短主变后备保护延时及跳闸矩阵等四项风险防控措施。现场运行实例表明, 所提出的措施可有效防范 220 kV 母线 T 区故障时的保护误动和拒动风险, 对调度操作和事故处理均有重要意义。

参考文献

- [1] 雷明, 王文森, 康小宁. 不受非同步采样影响的母线差动保护方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(22): 96-101.
LEI Ming, WANG Wensen, KANG Xiaoning. Research on the busbar differential protection scheme immune to asynchronous sample data[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(22): 96-101.
- [2] 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. Principle and improvement on the application of RCS-915 numerical bus-bar protection[J]. Relay, 2008, 36(2): 74-78.
- [3] 罗慧, 周卿松, 苗洪雷. 基于 LMD 母线差动保护 CT 饱和和检测方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(12): 49-54.

- LUO Hui, ZHOU Qingsong, MIAO Honglei. A method for CT saturation detection based on LMD for busbar differential protection[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(12): 49-54.
- [4] 李瑞生. 适用主动配电网的差动保护方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(12): 104-109.
LI Ruisheng. Differential protection scheme to apply to active distribution network[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(12): 104-109.
- [5] 李乃永, 张美玲, 王昕, 等. 实现 GIS 故障精准辨识切除及自动恢复供电的母线保护新原理[J]. 电网技术, 2015, 39(10): 2965-2971.
LI Naiyong, ZHANG Meiling, WANG Xin, et al. A new bus protection principle of GIS fault accurate isolation and automatic restoration of power supply[J]. Power System Technology, 2015, 39(10): 2965-2971.
- [6] 王芳. 电网广域后备保护故障判别方法研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2014.
- [7] 李倍, 和敬涵. 一种基于相位相关电流差动的站域后备保护算法[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(24): 1-5.
LI Bei, HE Jinghan. A study of substation-area backup protection based on phase related current differential[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(24): 1-5.
- [8] 周泽昕, 王兴国, 杜丁香, 等. 一种基于电流差动原理的变电站后备保护[J]. 电网技术, 2013, 37(4): 1113-1120.
ZHOU Zexin, WANG Xingguo, DU Dingxiang, et al. A substation backup protection based on current differential protective principle[J]. Power System Technology, 2013, 37(4): 1113-1120.
- [9] 陈震海, 霍思敏, 吕毅, 等. 一种结合综合判据的广域差动后备保护系统[J]. 华中电力, 2012, 25(1): 5-10.
CHEN Zhenhai, HUO Simin, LÜ Yi, et al. A wide area backup differential protection system combined with synthetic criterion[J]. Central China Electric Power, 2012, 25(1): 5-10.
- [10] YIN Xianggen, ZHANG Zhe, LI Zhenxing, et al. The research and the development of the wide area relaying protection based on fault element identification[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2016, 1: 13pp.
DOI 10.1186/s41601-016-0023-z
- [11] 詹勤辉, 王世祥, 周贺. 母差保护误动原因分析与防范[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(18): 91-92, 102.
ZHAN Qinhui, WANG Shixiang, ZHOU He. Causes and prevention of the differential protection malfunction[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(18): 91-92, 102.
- [12] 曾庆汇, 刘娟, 何伟. 一起 220 kV 母差后备保护误动的原因分析及改进措施[J]. 江西电力, 2013, 37(2): 58-61.
ZENG Qinghui, LIU Juan, HE Wei. Analysis of a 220 kV busbar backup protection malfunction[J]. Jiangxi Electric Power, 2013, 37(2): 58-61.
- [13] 乔成银, 陈波. RCS-915AB 母差后备保护误动作原因分析及防范措施[J]. 电子设计工程, 2013, 21(8): 51-52.
QIAO Chengyin, CHEN Bo. Reason analysis and preventive measures of RCS-915AB busbar differential backup protection misoperation[J]. Electronic Design Engineering, 2013, 21(8): 51-52.
- [14] 何祥针, 刘嘉宁, 陈扬. T 区充电时母差保护后备段误跳正常母线的应对措施[J]. 广东电力, 2014, 27(8): 42-45.
HE Xiangzhen, LIU Jianing, CHEN Yang. Solutions to false trip of backup section of busbar differential protection on normal bus when T area charging[J]. Guangdong Electric Power, 2014, 27(8): 42-45.
- [15] 大型发电机变压器继电保护整定计算导则: DL/T 684—2012 [S]. 北京: 国家能源局, 2013.

收稿日期: 2017-01-04; 修回日期: 2017-03-06

作者简介:

屠卿瑞(1985—), 男, 通信作者, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护。E-mail: tuqingrui@163.com

(编辑 姜新丽)