

## 220 kV 母线保护动作分析及事故处理

刘奇, 林少华, 黄志元

(广东电网公司电力调度通信中心, 广东 广州 510600)

**摘要:** 介绍了 220 kV 母差保护的基本动作原理及不同的母线保护产品型号。针对特殊的母线运行方式, 提出了母差保护特殊的配置方法。详细研究了 220 kV 母差保护在特殊故障类型环境下的动作行为, 并根据不同的保护产品型号, 提出了有效的解决办法。针对变电站 220 kV 母线跳闸的事故, 分析了目前电网调度员在事故处理中所存在的误区, 提出了正确的处理方法, 从而为电网调度员的事故处理提供重要参考。

**关键词:** 母差保护; 事故处理; 母线故障; 死区故障; 电网调度

### Analysis of 220 kV bus protection operation and accident treatment

LIU Qi, LIN Shao-hua, HUANG Zhi-yuan

(Guangdong Electric Power Dispatching & Communication Center, Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510600, China)

**Abstract:** The operation principle of 220 kV bus differential protection and the different protection product models are introduced. Especial configuration methods are described in view of especial bus operation mode. The bus differential protection operation modes are researched in especial fault environment. Based on different protection product models, valid solutions are introduced. By analyzing the trip accidents of 220 kV bus, the misunderstandings of accident treatment are described for power grid dispatchers. The accurate processing methods are described, which provide important references for accident treatment of power grid dispatchers.

**Key words:** bus differential protection; accident treatment; bus fault; dead zone fault; power grid dispatch

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)17-0153-05

## 0 引言

母线保护装置是正确迅速切除母线故障的重要设施, 它的拒动和误动都将给电力系统带来严重危害。根据对多次母线故障处理过程的分析, 调度运行人员对一次设备误操作所带来的危害都有一个直接的较全面的感性认识, 但对母线差动保护在各种运行方式下的动作行为的认识是较为模糊和不全面的。

一直以来, 在 220 kV 变电站母线跳闸失压后, 且故障未明的情况下, 调度员一般采用对线路间隔 T 区充电以确认安全后才将该条线路倒至另一条正常运行的母线。但实际上, 在某些情况下, 这种做法是不可行的, 甚至可能会造成保护的误动。因此, 对 220 kV 母差保护动作原理的深入分析, 成为提高调度员事故处理能力的当务之急。

## 1 CT 配置情况

开关 CT 二次绕组有两种配置方式, 分别为开关双侧 CT 和开关单侧 CT 配置, 如图 1、图 2。

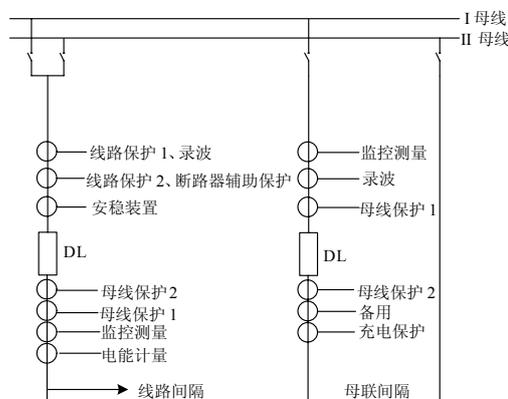


图 1 双侧 CT 配置及二次绕组接线图

Fig.1 CT configuration of double side and wiring diagram of secondary winding

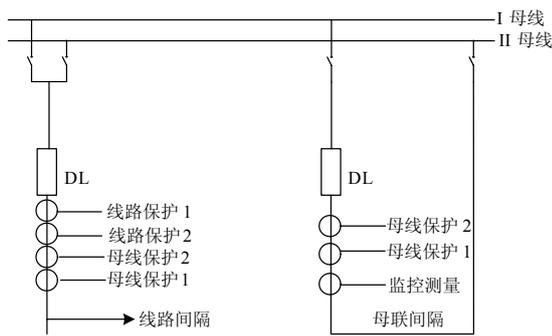


图 2 单侧 CT 配置及二次绕组接线图

Fig.2 CT configuration of single side and wiring diagram of secondary winding

对于二次绕组双侧配置的电流互感器（如 GIS），则交叉分别接入两套保护装置，这时不存在保护范围死区问题；对于二次绕组单侧配置的电流互感器，则利用二次绕组间互补消除保护范围死区。

## 2 220 kV 母线保护原理

### 2.1 动作原理<sup>[1]</sup>

差动保护的基本原则是基尔霍夫电流定律。理想情况下，当正常运行或保护范围外发生故障时，流入母线和流出母线的电流相等，差电流等于零；当保护范围内故障时，差电流等于故障电流。实际工程中，考虑到 CT 传变误差、CT 饱和等因素的影响，差动继电器的动作电流通常按躲开外部故障时产生的最大不平衡电流计算整定。

微机型母线差动保护差动回路包括母线大差回路和各段母线小差回路。母线大差是指除母联开关和分段开关外所有支路电流所构成的差动回路。某段母线的小差是指该段母线上所连接的所有支路（包括母联和分段开关）电流所构成的差动回路。母线大差比率差动用于判别母线区内和区外故障，小差比率差动用于故障母线的选择。

### 2.2 母线保护产品型号

目前，在广东电网 220 kV 母线使用的母差保护主要有四个厂家的产品，计有：南瑞继保的 RCS-915 系列；深圳南瑞的 BP 系列；许继公司的 WMH-800 系列和 WMH-800A 系列；国电南自的 WMZ-41 系列和 SGB750 系列。其基本原理均为带比率制动特性的差动保护。

### 2.3 主要功能<sup>[2]</sup>

目前母差保护可实现下列主要功能：

(1) 准确区分母线区内、区外故障，区内故障时保护迅速动作于出口，区外故障则可靠制动，CT

饱和时不影响保护装置正确动作。

(2) 实时跟踪母线的运行状态，具有自适应性。双母线解列运行时，保护仍能正常工作。

(3) 具有母联失灵（死区）保护、母联充电保护和母联过流保护功能。

(4) 集成了断路器失灵保护功能，可与母差共出口也可单独组屏使用。

(5) 部分型号具有母联非全相保护（可由用户选择是否具备母联非全相保护功能）。

(6) 低电压闭锁功能。

(7) 交、直流口路的检测功能，CT 断线能闭锁保护，断线恢复后自解除闭锁。电压回路断线告警，断线恢复后自动解除告警；直流消失发预告信号。

### 2.4 母线运行方式

对于分段母线或双母线接线方式，大差不考虑刀闸位置，将所有连接设备全部计入，小差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，作为故障母线选择元件。对于母联开关，则根据其 TWJ 状态来判别<sup>[3]</sup>。

如图 3 所示，L1 为连接在双母线上的一条支路。G1、G2 是 L1 的隔离开关，将 G1、G2 辅助触点接入母差保护的开入插件，若用高电平“1”表示开关合上，低电平“0”表示开关断开，则连接设备 L1 的运行状态表述如下：

若 G1 为 0，G2 为 0，则 L1 停运；

若 G1 为 0，G2 为 1，则 L1 运行在 II 母线；

若 G1 为 1，G2 为 0，则 L1 运行在 I 母线；

若 G1 为 1，G2 为 1，则 L1 同时运行在 I、II 母线（倒闸）。

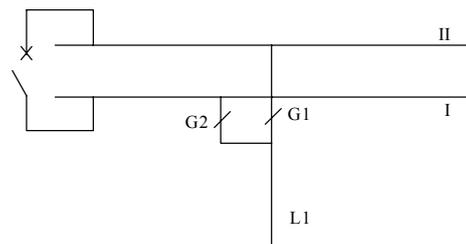


图 3 母线接线示意图

Fig.3 Bus wiring sketch map

对于母联开关：

若 TWJ=0，无论其两侧刀闸合与否，均表示该开关运行；

若 TWJ=1，无论其两侧刀闸合与否，均表示该开关停运。

如果母联开关正常运行，即双母并列方式，则小差在故障母线选择时将母联开关电流正常计入，

若母联开关在分位,即双母分列运行,小差在故障母线选择时不计入母联开关电流。

## 2.5 母差保护的非选择性开关操作

母线的主接线方式会随母线的倒闸操作而改变运行方式,如双母线改为单母线运行,双母线并列运行改为双母线分列运行。现在应用的微机母差保护都可以自适应倒闸操作后新的运行方式,以下两种情况要将母差保护非选择性开关投入。

(1) 对于双母线单 PT 运行时(一台 PT 停运),为了防止有 PT 连接的母线故障跳闸,引起无 PT 运行的母线连接设备的电压量保护失去作用,所以在这种情况下要将“非选择性”(或母线互联)压板投入,确保母差保护快速隔离故障。

(2) 对于常规的倒闸操作(如双母接线,母联开关锁死),当隔离刀闸双跨母线时,母差保护将自动识别该方式,如此时发生故障,将不选故障母线,直接跳所有母线。为防止隔离刀闸辅助触点异常母差保护不能正确识别隔离刀闸双跨情况,倒闸操作时,按现场操作规程要求,投入“母线互联”压板,确保母差保护快速隔离故障。

## 3 特殊情况下母差保护动作分析

### 3.1 母联开关死区故障

#### 3.1.1 双母正常运行时母联死区故障

如图 4 所示,该变电站为 GIS 设备,双 CT 配置,且两套母差保护分别接于不同的母联 CT 二次绕组上,若靠近 1M 侧 CT 与母联开关间死区发生故障,其动作行为如下:

##### (1) 双母并列运行

事故前,双母并列运行,两套母差保护正常投入运行。此时发生故障,大差起动进入故障判别程序,由于此故障点在母差保护 1 和母差保护 2 的范围内,母差保护 2 判断为 1M 故障,母差保护 1 判断为 2M 故障,母差保护出口跳开两条母线上所有设备,不存在保护范围死区。

若母差保护 2 退出,此时状态就相当于与单 CT 配置相同,其动作过程如下:故障发生,母差保护 1 判断为 2M 故障,跳开母联开关及 2M 上设备,由于存在保护范围死区,故障靠差动逻辑无法切除,母联死区保护延时 50 ms 动作跳开 1M 所有设备(死区保护动作条件是把母联开关断开之后,母联 CT 上仍有电流,并且大差元件与母联开关侧的小差都不返回时,经死区保护延时跳开另一条母线)。

##### (2) 分列运行

母联开关正常运行热备用,即采取分列运行方式时,若此时靠近 1MCT 与母联开关处发生故障,

保护装置根据母联开关 TWJ 状态直接封母联 CT,即此方式下小差不计入母联开关电流,此时差动保护只出口跳 1M,不影响 2M 正常运行。

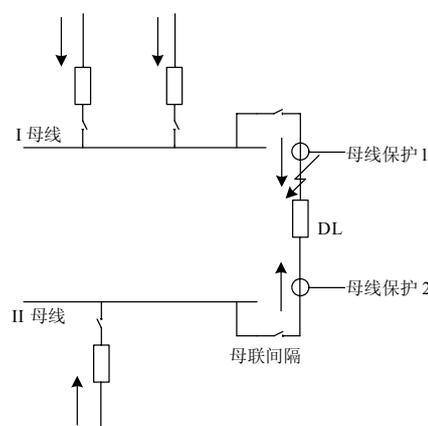


图 4 双 CT 配置死区故障示意图

Fig.4 Dead zone fault sketch map of double CT configuration

#### 3.1.2 启动母联开关时母联死区故障

母线上连接的设备运行方式是靠刀闸辅助信号来判别,但对于母联开关,则是采取开关 TWJ 状态来判别,如图 5 所示,若母联 CT 靠近 1M 侧,那么我们在该 CT 更换后启动时要倒空 1M,用外来电源(线路)对 CT 充电启动,这是因为,若此时 CT 有故障,那么由于母联开关热备用(或靠近 2M 侧刀闸拉开),根据 TWJ 状态小差将出口跳 1M。如果我们倒空 2M 启动,合上母联开关对 CT 充电后,若 CT 有故障,无论母联开关#1 刀闸是否合位,由于母联开关在合位,则小差判别 1M、2M 均有故障将双母切除,造成事故扩大;与此相同,我们在启动母联开关时,一般采用外来线路空挂一条母线(CT 靠近)来对母联开关充电,且在母联开关合闸前,要将母差保护退出,以防止事故扩大。

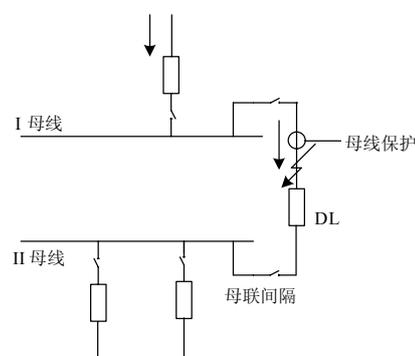


图 5 单 CT 配置死区故障示意图

Fig.5 Dead zone fault sketch map of single CT configuration

### 3.1.3 母联开关对母线充电时母联死区故障

如图 6 所示, 当用 2M 通过母联开关对 1M 充电时死区处发生故障, 母联充电保护由于母联 CT 感受不到电流而不能动作切除母联以隔离故障, 不同厂家保护其动作行为不同。

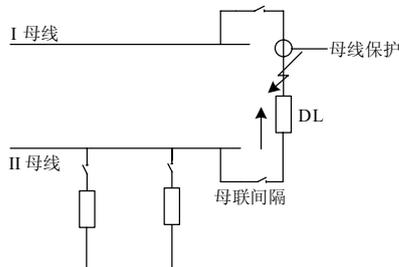


图 6 母联开关充电时死区故障示意图

Fig.6 Dead zone fault sketch map of bustie circuit breaker charging

(1) 对于许继 WMH-800 型保护, 在母联死区保护中设置了专门逻辑: 手合到死区故障, 母联 CT 无流, 母联充电保护未动, 由母差保护跳母联, 不跳运行母线。

(2) 其他厂家母差保护不具备此逻辑, 由母差保护跳正常运行母线, 其动作行为如下:

a. 对于充电时设置闭锁母差保护的, 此时使得母线保护不能瞬时动作, 但需等待母联充电保护退出后 (母联充电保护一般设置在合上母联开关后自动投入, 在一段时间后自动退出), 母差保护将出口切除 2M 所有设备。

b. 对于充电时没有设置闭锁保护的, 母差保护将直接瞬时出口切除 2M 设备。

### 3.2 出线间隔死区故障

#### 3.2.1 线路正常运行死区故障 (图 7)

正常运行线路死区处发生故障, 线路纵联保护和母差保护将动作切除该条母线上所有设备。

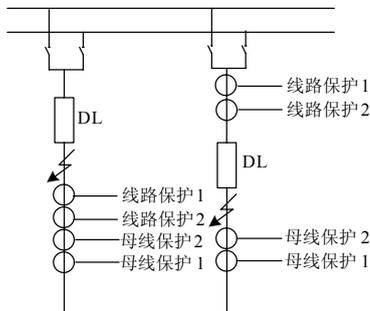


图 7 线路间隔死区故障示意图

Fig.7 Dead zone fault sketch map of transmission line spacing bar

#### 3.2.2 充电线路死区故障

在线路复电过程中操作至由对侧单侧充电后或线路正常方式下由对侧单侧充电热备用运行, 如果开关与线路侧 CT 间故障, 若故障较严重, 满足大差、小差动作条件, 且本侧母线系统与对侧线路系统联系紧密 (如甲乙线结构、主变间隔等), 也可能引起本母线复压闭锁元件开放, 母差出口, 跳闸正常运行母线。

### 3.3 在连接母线的两个刀闸均打开情况下 T 区故障

母线 T 区故障示意图如图 8。母线保护中大差不考虑刀闸位置, 计入所有设备, 大差是母差保护的必要条件, 由于线路两把刀闸均在分位, 该间隔 T 区故障不满足小差出口条件<sup>[4]</sup>。为了应对一些特殊问题, 不同厂家在其母差保护中设置了一些特殊逻辑, T 区处发生故障有可能满足其逻辑条件, 具体情况如下:

(1) 深圳南瑞的 BP 系列母差保护。由于故障线路的刀闸都断开, 该支路的电流只计入大差不计入小差, 这样小差不会动作, 母线不会动作。

BP 系列母差保护在有大差、无小差、复压闭锁条件满足时, 如母联 CT 电流大于电流差动门槛, 跳母联, 反之不跳 (母线跳闸事故处理时, 由于故障线路的刀闸和母联开关都断开, 此时 T 区故障, 不存在跳母联开关的问题)。

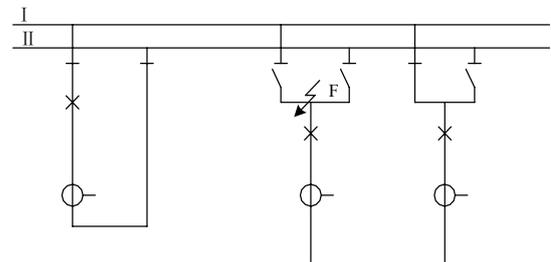


图 8 母线 T 区故障示意图

Fig.8 T-zone fault sketch map of bus

(2) 南瑞继保的 RCS-915 系列母差保护。若 T 区处故障, 大差满足条件、小差不计入该设备电流不动作。但该类型保护设置了大差后备保护, 主要功能用于正常运行方式下一些特殊问题的处理, 其动作条件: 大差动作、小差不动作、抗饱和元件开放、复压闭锁元件开放的条件经过 250 ms 延时, 跳两条母线的的所有元件。

(3) 南自 WMZ-41 系列母差保护。对于 T 区处故障, 由于该设备#1、#2 刀闸拉开, 虽然大差起动, 但不满足小差出口条件, 保护不会有动作, 此时只能靠线路对侧保护切除故障。

南自 SGB750 系列母线保护 (广东电网目前只

有泥乔、阳山的第二套配置此类型装置) 设置有大差无小差跳有电流无刀闸输入开关逻辑, 所以会无延时跳故障线路, 母线上其它设备开关不会跳闸。

(4) 许继公司的 WMH-800 母差保护。将不会再有动作, WMH-800A 系列的将再跳无刀闸辅助触点的间隔和母联。

### 3.4 CT 故障

#### 3.4.1 开关 CT 原边(一次侧)处故障

要根据故障点位置处于哪类保护范围内, 若在线路保护范围内, 则线路保护会瞬时动作切除故障, 其特点是测距一般接近于 0。

#### 3.4.2 开关 CT 副边(二次侧)处故障

副边二次绕组接地短路或不同绕组间短路, 由于会产生分流可能会引起保护误动。

## 4 母线故障事故处理

母线故障后恢复阶段主要涉及到母线试送电和 T 区试送电, 事故处理方法略有不同。

母线发生故障后, 在消除和隔离故障点后可对母线试送电, 我们对母线充电一般采用以下方式:

(1) 确认母差保护正常, 不需做措施, 用线路对母线充电;

(2) 用外来电源(线路)对故障母线充电, 但需关闭本侧线路高频保护收发讯机电源实现超范围的保护;

(3) 先合上本侧线路开关, 后合对侧线路开关, 利用手合后加速保护实现故障快速切除;

(4) 用母联开关对母线充电, 要投入母联充电保护。

规程规定: 在母线故障后母差保护动作若未能找到故障原因, 需将挂于该母线的设备倒换至正常母线运行时, 应以外部电源对设备开关与母线侧刀闸之间的 T 区试送电<sup>[5]</sup>。对 T 区充电通常做法有二: 采用后合线路对侧开关方式对 T 区充电, 采用线路对侧手合后加速保护来实现故障点的快速切除; 二是关闭线路高频保护收发讯机电源, 扩大保护范围。

对于使用 RCS-915 母差保护的变电站, 如果对设备 220 kV 间隔 T 区充电, 有可能引起母差后备保护动作跳闸正常母线, 特别是以下三种情况(原理见 3.3 节):

(1) 不采取措施, 充电过程中 T 区处发生故障, 只能由线路对侧距离二段(一般都是秒级)切除故障, 其时间远大于 250 ms, 大差后备保护出口;

(2) 采取保护配合措施, 充电过程中 T 区处发生故障, 但由于其他一些原因导致 250 ms 内故障点没有隔离;

(3) 该线路纵联保护退出, 充电过程中 T 区处发生故障, 两侧相间及接地距离二段时间改为 0.2 s (200 ms+开关断开时间 20 ms), 与母差后备出口时间没有一个明显的级差。

根据继保整定原则, 至少 300 ms 的保护时间级差才是合理而较为安全的, RCS-915 的母差后备保护在故障后 250 ms 就出口, 即使其他保护能够 0 时限切除故障, 也不能满足 300 ms 的级差要求, 无法确保正常母线不跳闸, 故对变电站设备 220 kV 间隔 T 区充电时, 应询问母差保护型号, 若母差保护为 RCS-915 系列产品, 应及时联系继保专业人员商量对策。

## 5 结语

对于一些特殊的电网运行方式以及特殊的故障类型, 220 kV 母差保护的動作方式会极其特殊, 而不同厂家的保护型号, 亦会造成不同的动作结果。在实际的电网运行过程中, 电网调度员一定要熟悉母差保护的動作机理, 对不同厂家的保护型号有一定了解, 才能对特殊运行方式及特殊故障类型的保护配合考虑周密, 正确无误地进行事故处理, 保证电网的安全稳定运行。

## 参考文献

- [1] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.  
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Relay protection theory in power system[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.
- [2] 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, 1997.  
National Electric Power Dispatching and Communication Center. Relay protection practical technique question and answer of the power system[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [3] 曾耿辉, 黄明辉, 刘之尧, 等. 同杆线路纵联零序保护误动分析及措施[J]. 电力系统及其自动化, 2006, 30(20): 103-107.  
ZENG Geng-hui, HUANG Ming-hui, LIU Zhi-yao, et al. Analysis and measures of misoperation of zero sequence pilot protection on circuit lines of same pole[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(20): 103-107.
- [4] 李营, 杨奇逊. 方向式母线保护的研究[J]. 继电器, 2001, 29(1): 26-28.  
LI Ying, YANG Qi-xun. Study of microprocessor-based directional bus protection[J]. Relay, 2001, 29(1): 26-28.

(下转第 163 页 continued on page 163)

而, 电力工业同其他行业一样, 在运转过程中也同样存在着安全隐患及突发安全事件频繁发生等问题, 加强电力应急工作的需求十分迫切。目前, 我国在电力系统应对灾变的应急处置方面的研究还较少, 有关应急处置的机制和措施也不尽完善。因此, 建立和完善我国电力系统的应急处置机制迫在眉睫。

本文阐述了电力系统应对灾变的应急处置体系的构成: 包括应急预案体系、应急组织体系和应急指挥体系等三大方面。在此基础上, 提出了一个通用的电力系统应急指挥通用平台的建设方案。该方案包括六大主要功能系统和六大配套功能系统, 最后结合广东省电力系统实际, 提出了广东省电力系统应对灾变的应急指挥体系建设方案。该方案 I 期工程已通过专家验证在广东省投入试用, 证明了该方案的科学性和有效性, 为广东省电网大面积停电事故的快速有效处理提供了强有力的技术支持。

### 参考文献

- [1] 丁一汇, 张锦, 宋亚芳. 天气和气候极端事件的变化及其与全球变暖的联系[J]. 气象, 2002, 28 (3): 3-7.  
DING Yi-hui, ZHANG Jin, SONG Ya-fang. Weather and climate extreme affairs and its relationship with global warming[J]. Meteorological, 2002, 28 (3): 3-7.
- [2] 谢强, 李杰. 电力系统自然灾害的现状与对策[J]. 自然灾害学报, 2006, 15 (4): 126-131.  
XIE Qiang, LI Jie. Current situation of natural disaster in electric power system and countermeasures[J]. Journal of Natural Disasters, 2006, 15 (4): 126-131.
- [3] 薛禹胜, 费圣英, 卜凡强. 极端外部灾害中停电防御系统构思(二)任务与展望[J]. 电力系统自动化, 2008, 32 (10): 1-5.  
XUE Yu-sheng, FEI Sheng-ying, PU Fan-qiang. Upgrading the blackout defense scheme against extreme disaster, part II tasks and prospects[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32 (10): 1-5.
- [4] 王明, 叶青山, 王得道. 电力系统自然灾害应急系统评价研究[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36 (13): 57-60.  
WANG Ming, YE Qing-shan, WANG De-dao. The development of natural disaster response capacity for power system[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36 (13): 57-60.
- [5] 侯慧, 尹项根, 游大海, 等. 国外经验对我国应急减灾机制的启示[J]. 电力系统自动化, 2008, 32 (12): 89-93.  
HOU Hui, YIN Xiang-gen, YOU Da-hai, et al. Apocalypse of overseas experience on China power system emergency disaster prevention mechanism[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32 (12): 89-93.
- [6] U.S. Department of Energy Office of Energy Assurance. Vulnerability assessment methodology electric power infrastructure[S]. 2002.
- [7] U.S. Department of Energy. Comprehensive emergency management system[S]. DOE O 151.1B, 2000.
- [8] 田世民, 陈希, 朱朝阳, 等. 电力应急管理平台研究[J]. 电网技术, 2008, 32 (1): 26-30.  
TIAN Shi-min, CHEN Xi, ZHU Chao-yang, et al. Study on electric power emergency management platform[J]. Power System Technology, 2008, 32 (1): 26-30.

收稿日期: 2009-09-17; 修回日期: 2009-12-23

作者简介:

侯慧 (1981-), 女, 博士后, 研究方向为电力系统风险评估等; E-mail: iamhouhui@yahoo.com.cn

周建中 (1959-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水电能源及其复杂系统分析的先进理论与方法等;

张勇传 (1935-), 男, 中国工程院院士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水库运行基础理论, 电力控制系统、规划决策与风险管理等。

(上接第 157 页 continued from page 157)

- [5] 于立涛, 王萍, 夏晓滨. 一起特殊故障引起母差保护动作的分析[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (12): 105-107.  
YU Li-tao, WANG Ping, XIA Xiao-bin. Analysis of bus differential protection operation result from one special fault[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (12): 105-107.

收稿日期: 2009-09-23; 修回日期: 2009-11-13

作者简介:

刘奇 (1978-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事电网调度运行工作; E-mail: jimhence@126.com

林少华 (1970-), 男, 高级工程师, 主要从事电网调度运行管理工作;

黄志元 (1979-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事电网调度运行工作。