

# 500 kV 某变 220 kV REB 010 失灵保护 误动作事故的处理分析与防范

黄金魁

(福州超高压输变电局, 福建 福州 350013)

**摘要:** 介绍了 500 kV 某变电站 220 kV REB103/010 母差失灵保护失灵误动作跳开母联母分开关而未跳开线路各开关的事故。分析发现该起事故是因 REB103/010 母差失灵保护装置设计缺陷造成的。文中介绍了事故处理的方法, 认真剖析了事故原因, 最后提出防范措施并推广实施。

**关键词:** 保护; 失灵; 光耦; 误动

## Analysis on false-action of 220 kV REB010 breaker failure protection in a 500 kV substation

HUANG Jin-kui

(Fuzhou Extra High Voltage Power Transmission & Substation of Fujian, Fuzhou 350013, China)

**Abstract:** This paper is introduced with an accident that REB103/010 bus & breaker failure protection had a false-action. It is found that the accident was caused by a designing fault of the breaker failure relay REB103/010. The ways of dealing with accidents is presented and the accident's reason is analyzed. The preventive measure is put forward and implemented widely.

**Key words:** protection; break failure; phototube; false-action

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)07-0096-03

## 0 引言

继电保护误动作常常会造成重大停电事故, 容易引起负荷丢失, 影响电网安全影响经济发展。而失灵保护误动作其可能造成的后果更是严重, 发生此类事情应该尽快查出原因进行相应整改, 然后恢复电网安全运行。本文对 500 kV 某变 220 kV 失灵保护误动作事故进行了分析, 得出 REB103/010 母差失灵保护装置设计缺陷是该起事故的根本原因, 并提出防范措施加以实施。

## 1 事故概况

2007 年 07 月 31 日上午, 500 kV 某变 220 kV 双母双分段母线 I、II、III、IV 母通过两个母分、两个母联开关并列运行, 系统一次图如图 1 所示, 其中 220 kV 榕南 I 路 291 接 III 母运行。10:27:40, 主控室事故音响动作, 220 kV III—IV 母联 29M 开关、I—III 段母分 280 开关三相跳闸, 后台监控显示 220 kV ABB 母差失灵跳闸、BP-2A 刀闸变位, 事故时 220 kV 双母双分段并列正常运行、各线路均

正常运行。现场检查保护动作情况: 220 kV III—IV 母 ABB 失灵保护屏上跳闸信号继电器掉牌, 榕南 I 路 REB010 失灵模块 L1 亮, trip 灯亮; 母联 29M、分段 280 保护屏上 TWJ 灯亮; 榕南 I 路线路保护屏上无任何动作信号。失灵保护动作后, 220 kV 线路均正常运行, 负荷无损失, 220 kV III、IV 段母线分列运行。与 III 母有关的联络开关均跳开, 220 kV III 段母线解列。

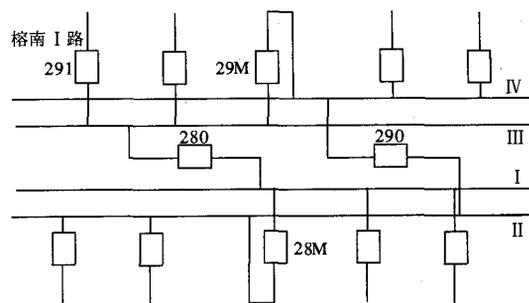


图 1 500 kV 某变 220 kV 系统运行方式简单示意图

Fig.1 Wiring diagram of 220 kV power system

## 2 事故处理分析

### 2.1 保护动作行为定性

根据事故现象,对保护动作行为进行分析。初步判定为 220 kV ABB 母差失灵保护失灵误动作出口。理由有以下几点:

1)变电站 220 kV 母差保护配置共两套,分别为进口 ABB REB-103/010 型、国产南瑞 BP-2A 型母差保护。仅 ABB 保护动作而 BP 保护没有动作,仅有“刀闸变位”变位信号,而这只是母联、母分跳开后的开入变位引起的正常现象。

2)失灵保护动作时,220 kV 榕南 I 路保护屏保护没有动作,仅“QD”起动信号,无其它信号,而“QD”信号是因为失灵保护动作使母线分列运行造成负荷转移而引起榕南 I 路相电流突变量元件启动(电流由 400 A 变为 200 A 左右),按照保护正确逻辑,220 kV 榕南 I 路失灵开出不具备条件,不会去启动 220 kV 失灵保护装置。

3)失灵保护动作时,220 kV 母线上其它线路间隔保护没有保护动作及其它任何信号;#1、#2 联变保护(包括 220 kV 后备保护)没有保护动作及其它任何信号;各线路间隔的对侧保护也没有任何异常。

4)事故时 PT 电压正常,所以失灵保护动作时线路各间隔因电压闭锁元件闭锁而正确不出口,而母联、母分开关无电压闭锁元件所以出口跳闸。

5)事故时无线路故障录波波形。

上述内容说明电网一次设备不存在故障,所以 220 kV 失灵保护动作应是保护误动。初步分析后提交调度,接着恢复 29M、280 开关正常运行,两个开关的恢复正常运行也佐证了失灵保护误动作的观点。

### 2.2 原因排查

在 2.1 保护动作行为定性的基础上,对误动原因进行排查。ABB 失灵保护动作跳母联母分的条件是过流元件动作和有失灵开入量,查事故时榕南 I 路负荷大小已达到失灵定值及榕南 I 路“QD”信号的存在说明过流元件动作是达到要求了,那么则关键从失灵开入量来排查事故的原因,REB103/010 的失灵开入为光耦开入。根据 220 kV ABB REB103/010 母差失灵保护的原理逻辑,及 LFP900 系列线路保护和辅助保护的原理逻辑,认为有以下四种误动作的原因:(1)榕南 I 路保护装置失灵启动误开出;(2)失灵二次回路存在问题造成榕南 I 路失灵启动单元误开入,如空触点短路,回路接地,人为误碰;(3)交流串入直流;(4)ABB REB103/010 母差失灵保护装置本身问题误动作出口。针对上述分析,查找资料图纸,进行相关试验,逐步排查事故原因。

首先根据图纸资料,核对了相关回路及屏内屏间接线,二次回路正确。

分别临时退出榕南 I 路保护(一)、(二),对其操作箱进行检查,重点为开出 OUTPUT 插件,注意观察继电器有无短路可能、有无短路放电痕迹,尤其是失灵开出继电器(在 OUTPUT 板 2 上的 TJA1),发现操作箱印刷板及各插口光亮整洁清楚,检查结果良好;做单体动作特性测试试验,试验数据合格;进行绝缘检验,绝缘良好,符合要求。由此,可以排除第(1)种原因。

检查榕南 I 路单元的失灵二次回路,未有寄生回路。将榕南 I 路单元的失灵二次回路隔离出来,进行对线正确,绝缘检测良好,符合要求,检查当天也未有直流接地信号,说明回路完好。经查,事故当天 500 kV、220 kV、35 kV 开关场及保护小室均无人工作,不存在人为误碰的可能。由此,可以排除第(2)种原因。

检查站内交流与直流系统,未发现异常及互串现象,事故时也无人在现场工作进行取电源等相关工作。检查站内当时监控信号,未发现监控系统报非正常信号(交流串直流时大多伴有直流系统接地信号)。由此,可以排除第(3)种原因。

根据检验规程及厂家说明书,对误动作出口的 220 kV ABB REB103/010 母差失灵保护装置进行事故补充检验。各继电器的动作值返回值动作时间、定值的精度、保护逻辑、装置绝缘等等试验都合格。

综合考虑上述检查结果,未发现事故原因,针对事故的特点,特别对失灵量的开入光耦进行了针对性检验。试验项目内容及结论如表 1~3(A/B/C/Tabc 分别代表失灵的三个单跳失灵开入和三跳失灵开入)。

表 1 失灵开入光耦动作电压

Tab.1 Phototube action voltage

相别	动作电压值/V	是否合格	备注
A	133	合格	
B	124	合格	
C	129	合格	
Tabc	132	合格	

光耦动作电压满足 55%~70%的额定电压要求。

表 2 失灵开入光耦动作功率

Tab.2 Phototube action power

相别	动作电压值/V	动作电流值/mA	功率/W
A	132	1.37	0.181
B	123	1.21	0.149
C	127	1.29	0.164
Tabc	130	1.31	0.170

光耦的动作功率偏小,才 0.14 到 0.19 W,说明其动作非常灵敏,太灵敏是可能造成误动的一个因素。

表 3 失灵开入光耦延时保持时间

Tab.3 Phototube retaining time

相别	最小动作时间值/ms	可靠不动作时间值/ms	备注
A	8	5	
B	8	5	
C	8	5	
Tabc	8	5	

上述试验测量值,说明失灵开入量仅仅只需要存在 8 ms 开入,就可以启动 REB103/010 母差失灵保护失灵动作。而根据 ABB 厂家说明书,其光耦延时保持时间大等于 20 ms。由此可以看出,因为失灵开入动作使光耦保持记忆所需的时间太短,可能会因干扰而误动作出口。并不象图 2 中的逻辑图行为。厂家对此也无法解释。

根据上述试验结果分析,ABB REB103/010 母差失灵保护装置因本身逻辑设计原因,且失灵光耦动作功率及光耦延时保持时间都太小,则可能在外部干扰下造成失灵保护误动作,那么可以说第(4)种原因是成立的。

### 2.3 原因分析

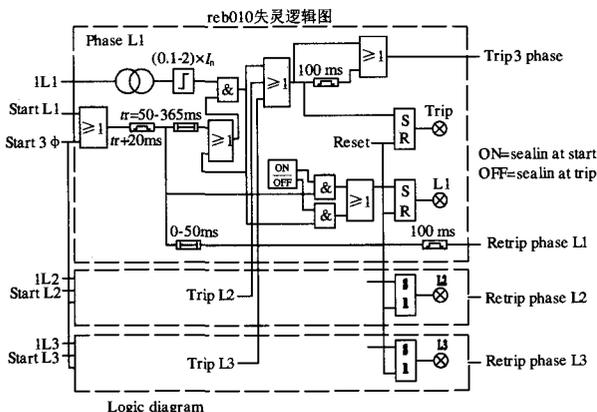


图 2 ABB REB103/010 母差失灵保护装置失灵保护逻辑图

Fig.2 Logic diagram of breaker failure protection

由 2.1、2.2 的处理分析,发现 ABB REB103/010 母差失灵保护装置因本身设计问题而误动作出口。其失灵保护采用“失灵开入触点和电流判据‘与逻辑’再加延时”动作出口,其逻辑见图 2。保护动作失灵开入触点采用光耦,且开入触点最少只需要延时 8 ms 后就可记忆保持,光耦的动作功率实测才 0.14~0.19 W,其逻辑依靠电流元件返回才返回。因此,如果线路负荷较大使得电流元件达到整定值而动作,同时失灵启动回路发生直流电压异常,则可

能会造成保护动作失灵开入触点瞬时(大等于 8 ms 即可)接通后保持,从而造成失灵保护误动作。

直流电压异常波动(或直流接地)可能造成的脉冲信号其依据:失灵开入光耦的电容量为 0.155 μF,开入光耦的电阻为 100 kΩ,以光耦的返回电压为 110 V 计,则在发生本回路电压波动(或直流单点接地)情况下:

$$U_{\text{返回值}} = U_{\text{初始值}} \cdot e^{-t/RC}$$

$$110 = 220 \cdot e^{-t/RC} = 220 \cdot e^{-t/100k \cdot 0.155 \cdot 10^{-6}}$$

$t = 10 \text{ ms}$  后电压才低于返回电压,而实测光耦延时保持时间为 8 ms,故开入光耦将翻转变位。

现场检查站内直流系统母线电压,发现端电压绝对值在 82~156 之间不断变化(直流输入通过大电容引起绝缘系统电桥偏移),这说明直流电压的波动明显存在。干扰电压可以通过电缆分布电容充电,而光耦的动作功率非常小,当外来干扰脉冲较大时,光耦会动作。同时,仅 8 ms 的直流接地也算是电压扰动,这瞬间的异常并不会使直流设备报“直流接地”(绝缘装置还未检测出来就恢复正常),但是针对 REB103/010 母差失灵保护的缺陷它足够引起其失灵保护的误动了。

综上所述,因 ABB 厂 220 kV REB103/010 母差失灵保护中的失灵保护逻辑原理设计存在缺陷,抗电压波动能力差,在直流电压波动下,造成失灵保护误动。跳闸时 220 kV 榕南 I 路接在 III 段母线运行,当时负荷较大(164 MW, 电流 400 A 左右),超过整定的失灵启动电流(25%  $I_r = 375 \text{ A}$ ),而 ABB 失灵保护抗电压波动能力差,直流的瞬间电压波动,开放了榕南 I 路失灵启动开入,进入 ABB 失灵保护动作逻辑,因此失灵保护动作 0.25 s 延时跳开与 III 母有关的 280、29 M 开关(无电压闭锁),0.5 s 延时跳 III 母线路主变间隔(因带电压闭锁未跳开)。在 280、29M 开关跳闸后,由于潮流转移,榕南 I 路线路电流低于失灵启动电流后失灵功能返回。

### 3 结论

500 kV 某变 ABB 厂 220 kV REB103/010 母差失灵保护中的失灵保护设计存在缺陷,在直流电压波动下,造成保护误动。

### 4 防范措施与建议

1) 针对 ABB 公司 REB-103/010 母差失灵保护的失灵功能存在缺陷,退出本站及省网类似站这种型号的保护装置的失灵保护功能。

(下转第 103 页 continued on page 103)

当主变高压侧断路器在断口两端电势角度差  $\delta = 180^\circ$  发生闪络事故时, 其对应的负序电流  $I_{2*} = (2E_0 \sin(\delta/2))/(Z_1 + Z_2 + Z_0) = 16.84$ , 由于机端基准电流  $I_B = S_B / (\sqrt{3}U_G) = 2406$  A, 可得机端负序电流  $I_2 = I_{2*} \cdot I_G = 40517$  A 和  $I_{2*} = I_2 / I_G = 1.9$ 。根据发电机负序过负荷特性<sup>[5]</sup>, 得: 在发生闪络故障且不考虑灭磁衰减影响时, 负序电流最大允许时间为  $t = \frac{A}{I_{2*}^2 - I_{2*装}^2} = \frac{8}{1.9^2 - 0.08^2} = 2.2$  s, 即当发生断口闪络事故时, 发电机能承受此负序电流的时间为 2.2 s, 远大于断路器失灵保护的動作时间(通常为 0.5 s)。因此,  $T_{DK2}$  可按照发生闪络事故时发电机能承受负序电流的时间整定。

#### 4 结语

随着机组容量的不断增大和断路器无油化进程的加快, GIS 开关的大量使用, 闪络事故时有发生, 大型发电机-变压器组装设闪络保护必要性日渐凸现。

1) 文中提出了双母线接线和 3/2 断路器接线时断口闪络保护的逻辑和工程应用方案。

2) 针对长期以来断口闪络动作后是否切换厂用电、是否采用隔离刀闸辅助触点作为断口闪络保护辅助判据的不同观点进行了分析, 得出了闪络保护作用于灭磁的同时可不起动厂用电切换、不应采用隔离刀闸辅助触点作为断口闪络保护辅助判据的结论。

3) 闪络保护起动失灵和常规电气量起动失灵有所区别, 无论是双母线接线的失灵起动回路还是 3/2 断路器接线的断路器保护都需要进行相应的更改; 对于双母线接线的断口闪络保护宜由断路器辅助保护完成, 断口闪络保护起动失灵时电流判别应与其余电气量保护起动失灵区别对待, 否则会增加失灵电流判别定值整定的复杂性, 对于 3/2 断路器接线的断口闪络保护不能由并网断路器保护实现, 应由发变组保护完成。

(上接第 98 页 continued from page 98)

2) 要求 ABB 厂家更改失灵逻辑, 取消失灵启动开入带保持功能, 采用不带保持的失灵启动判据, 提高开入光耦的動作功率和设置开入延时動作门槛。要求失灵起动电流和失灵开入触点一直動作到整定的时延两个条件同时满足才能开放失灵出口, 且要求失灵电流和失灵起动量任一条件返回就要瞬时返回失灵。

4) 提出了断口闪络保护的整定计算原则, 以某电厂 800 MW 机组为例进行了断口闪络保护相关计算, 验证了断口闪络保护  $T_{DK2}$  时限按发电机能承受负序电流的能力整定的合理性。

#### 参考文献

- [1] 中国国家标准化管理委员会. 继电保护和安全自动装置技术规程[S]. 2006.  
China State Standard Management Committee, Technical Code for Relaying Protection and Security Automatic Equipment[S]. 2006.
- [2] 宋杲, 崔景春, 袁大陆. 1999~2003 年高压断路器运行分析[J]. 电力设备, 2005, 6(2): 6-13.  
SONG Hao, CUI Jing-chun, YUAN Da-lu. Operating Analysis of High Voltage Circuit Breaker in 1999-2003[J]. Electrical Equipment, 2005, 6(2): 6-13.
- [3] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京: 中国电力出版社 1999.  
WANG Mei-yi. Application of Power System Relay Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [4] 张德平. 关于线性电阻灭磁系统的灭磁时间问题[J]. 水利发电, 1994, (10): 32-33.  
ZHANG De-ping. Study on Demagnetization Time in Demagnetization System Adopting Linear Resistance[J]. Water Power, 1994, (10): 32-33.
- [5] 王维俭. 电气主设备继电保护原理和应用(第 2 版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.  
WANG Wei-jian. Principle and Application of Electric Power Equipment Protection (Second Edition)[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.

收稿日期: 2007-10-29; 修回日期: 2008-03-06

作者简介:

姚仲焕(1962-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事继电保护及安全自动装置的技术管理工作; E-mail: yao\_zhonghuan@dc.zpepc.com.cn

陈水耀(1976-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事继电保护及安全自动装置的技术管理工作;

屠黎明(1972-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事元件保护的研究和开发工作。

3) 为防止其它装置或回路也存在类似问题, 将逐步对各站直流系统进行技改, 将不符合要求的老旧的直流设备更换成新的直流设备, 同时对直流系统进行反措改造, 让直流母线电压更加稳定。

收稿日期: 2007-08-06; 修回日期: 2007-11-08

作者简介:

黄金魁(1978-), 男, 工学双学士, 工程师, 主要从事电气工程设计、维护和管理。E-mail: jk-h@163.com