

# 一起 220 kV 变电站送电事故分析

胡志保, 曾庆汇, 周丹丹, 黄井南

(江西南昌供电公司, 江西 南昌 330006)

**摘要:** 针对一起 220 kV 变电站送电事故, 阐述了故障分析思路和排查故障的方法。通过对 M/N 侧保护动作报文及录波图进行分析, 确定故障范围。在此基础上, 对 N 侧母线保护装置进行了检查, 排除了装置本身故障。结合站内设备全部为 GIS 组合电气的现场实际, 将故障范围进行划分, 逐级进行绝缘测试, 正确地找出故障点。对故障点进行了现场检查、确认, 并就相关疑惑进行了解答。

**关键词:** 母差保护; 光纤纵差; 远方跳闸; GIS; 绝缘

## Analysis for a power transmission operation accident in 220 kV transformer substation

HU Zhi-bao, ZENG Qing-hui, ZHOU Dan-dan, HUANG Jing-nan  
(Jiangxi Nanchang Power Supply Company, Nanchang 330006, China)

**Abstract:** This paper, in accordance with a power transmission operation accident in 220 kV transformer substation, elaborates the analytical means of the accident in detail. The range of the accident is defined by analyzing the trip reports and wave records of the protections at the M/N side. On that basis, the bus protections of the side N are checked and the fault of the bus protections is eliminated. In the light of the fact that the equipments in the substation are all gas insulated switchgear(GIS), we divide the range of the accident, make an insulation test level by level, find out the exact origin of the accident. Finally, the fault location is checked and confirmed, and the doubts are solved.

**Key words:** bus protection; current differential protection based on fiber-optical; remote trip; GIS; insulation

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)24-0206-03

## 1 事故概况

某供电公司某新建 220 kV 变电站送电过程中发生保护动作跳闸, 外观巡视检查未发现明显的故障点。该 220 kV 变电站是新建变电站, 主要供电对象为重要工业及大学城用电, 为此该变电站采用的设备为全封闭绝缘设备, 高压侧为架空线路进线接入高压侧 GIS 设备, 中压侧通过引线接入中压侧 GIS 设备, 低压侧采用常规双母线接线。

送电时, 电源(500 kV 站)M 侧合闸对 220 kV 北 I 线线路充电, 合上北 I 线开关前, 该 220 kV 变电站 N 侧北 I 线和 220 kV I 母 PT 同挂于 220 kV I 段母线。充电正常后, 该 220 kV 变电站 N 侧合上北 I 线开关, M 侧双套线路保护动作, 且母线保护动作; N 侧双套线路保护动作, 且双套母线保护动作。

220 kV 北 I 线保护配置为 CSC-103B 和 RCS-931BM, M 侧母差保护为 BP-2B, N 侧母差保

护配置为 BP-2C 和 RCS-915AB, 各装置可提供故障跳闸记录和录波图。

由于站内带电设备为全封闭式, 因而如何依据相关设备的动作报文及录波信息, 确认故障类型及故障范围尤为重要; 一旦得出分析结论, 就可以结合现场试验确认故障点, 这样不仅可以减少盲目查找故障点所耗费的人力、财力, 而且可以缩短故障查找的时间, 尽可能快地恢复送电。

## 2 故障分析

### 2.1 分析思路

M 侧为常规站, 事故后外观检查发现 220 kV 北 I 线 A 相母线侧刀闸引线从支柱瓷瓶上掉下, 支柱瓷瓶顶部的线夹下半部裂开并掉于地面, 检查掉下的引连线及支柱瓷瓶均无放电灼伤痕迹, 其他地方并未见异常现象。

N 侧除架空线路外, 220 kV 高压侧均为 GIS 封闭式设备, 难以像常规站一样通过外观检查找出故

障点。

正是 M 侧和 N 侧的外观现场情况, 误导其他专业的人员都认为 M 侧 A 相的引线就是故障点, 只要将其恢复就可以送电了。而保护专业人员则从专业角度出发, 认为此并不是故障点, 必须对故障信息加以总结、分析。

### 2.2 M 侧保护动作行为分析

M 侧各保护动作情况为双套线路保护远方跳闸动作, 且母差母联过流保护动作。图 1、表 1 及表 2 分别是相应的动作报文。

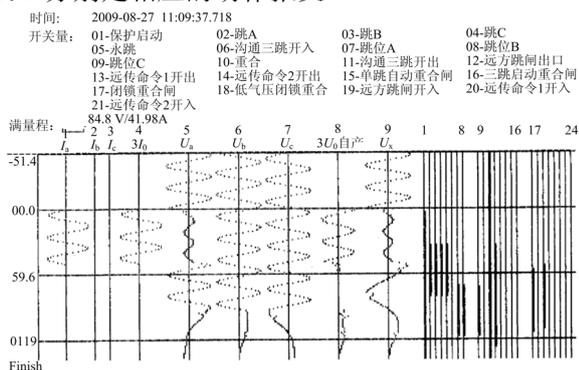


图 1 M 侧 CSC-103B 保护动作报文  
Fig.1 CSC-103B trip report of side M

表 1 M 侧母差保护动作报文

Tab.1 BP-2B trip report of side M

BP-2B 微机母线保护事件记录	
第 04 次: 过流	2009 年 08 月 27 日
保护动作	11 时 09 分 37 秒 760 毫秒

表 2 M 侧 RCS-931BM 保护动作报文

Tab.2 RCS-931BM trip report of side M

起动绝对时间		
2009-08-27 11:09:37.716		
动作相	动作相对时间	动作元件
ABC	00024 ms	远方起动跳闸
起动后变为报告		
24 ms	发远跳 0->1	发远跳 1->0
51 ms	收远跳 0->1	收远跳 1->0

从报文可以得出下面结论: 1) 故障电流很大, 大约 30 000 A; 2) 故障并不属于 M 侧母线故障; 3) M 侧保护后于 N 侧保护动作; 4) 纵联保护范围内并未发生故障; 5) 故障类型确认为 M 侧区外正方向 A 相接地故障。

### 2.3 N 侧保护动作行为分析

#### 2.3.1 N 侧双套光纤差动保护动作行为分析

N 侧各保护动作情况为 CSC-103B 保护阻抗手合加速及远方跳闸动作, RCS-931BM 保护远方跳

闸动作, 并且双套母差保护 I 母差动动作。图 2、表 3、图 3、表 4 分别为相应的动作报文。

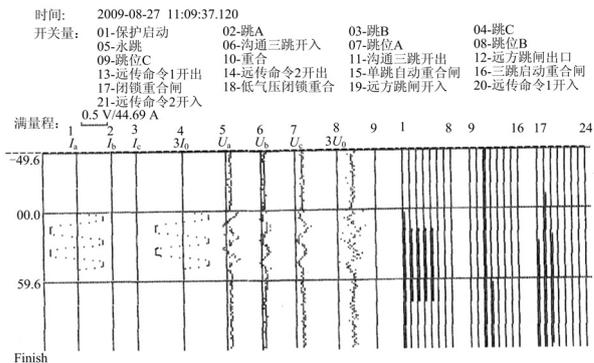


图 2 N 侧 CSC-103B 保护动作报告  
Fig.2 CSC-103B trip report of side N

表 3 N 侧 RCS-931BM 保护动作报告

Tab.3 RCS-931BM trip report of side N

动作相	动作相对时间	动作元件	
ABC	00055 ms	远方起动跳闸	
起动后变为报告			
20 ms	发远跳 0->1	113 ms	发远跳 1->0
55 ms	收远跳 0->1	109 ms	收远跳 1->0

BP-2C 微机母线保护装置事故报告

类别	时间	描述
故障简况	故障序号	06547
	故障相别	A
	I <sub>da</sub>	010.27A
	I <sub>db</sub>	000.00A
保护动作情况	2009年 08月 27日 11时: 09分: 37秒: 716毫秒	振荡变 保护启动
	5 ms	I 母线差动 动作



图 3 N 侧 BP-2C 母差保护动作报文  
Fig.3 BP-2C trip report of side N

首先从线路保护的报文入手, 确认故障范围。根据本侧保护动作报文, 主要可以作出以下分析:

1) CSC-103B 保护的动作为反映开关手合于故障, 并且发永跳令;

2) RCS-931BM 套保护的动作为反映本套保护并未电气量动作跳闸, 而是经由对侧永跳令驱动

本侧远方跳闸；

3) 报文结论：N 侧光纤保护先于 M 侧动作，故障为 N 侧反方向故障。

### 2.3.2 N 侧动作分析结论

结合 N 侧保护相关动作报文，可以得出以下分析结论：北 I 线合于 N 侧母线 A 相故障，N 侧母差动作及北 I 线 CSC-103B 阻抗手合加速出口，驱动操作箱永跳，从而双套光纤差动保护起动 M 侧远方跳闸，两侧开关跳开，保护动作过程结束。

表 4 N 侧 RCS-915AB 母差保护动作报文

Tab.4 RCS-915AB trip report of side N

RCS915AB-HB 3.40 母线保护装置				
装置编号: BUS001 通讯地址: 067 打印时间: 2009-08-28				
13:13:42				
序号	起动时间	相对时间	动作相别	动作信息
025	2009-08-27	19 ms	A	稳态量差动跳母联
	11:09:37:716	20 ms	A	稳态量差动跳 I 母
最大电流 (有效值): 41.32 A				

### 2.3.3 N 侧母线保护装置检查

结合 N 侧母差报文及动作出口跳闸情况，进一步对 N 侧母线保护装置进行了检查，包括装置本体试验、出口相关回路检查，结果显示 N 侧双套母线保护装置采样、动作和出口跳闸各环节正确，排除装置问题，确定为 N 侧 I 母故障。

## 3 故障点确定

### 3.1 故障点查找

根据上述分析，故障点确认在 N 侧母线，由于采用的是全封闭 GIS 设备，对于故障点的排查存在难度。故障点排查方法思路如下：

1) 保持故障时的接线方式，测量故障母线的绝缘情况；

2) 由于母线封闭，不能直接测量绝缘性，因而决定将 #1 主变 1G 刀闸、断路器、3G 刀闸合上，并将 #1 主变高压侧引线解开，如图 4；

3) 从解开处测量绝缘，发现 I 段母线确为接地；

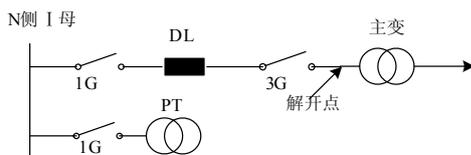


图 4 故障绝缘测试示意图

Fig.4 Sketch map of insulation test

4) 将 220 kV I 母 PT 刀闸断开，依旧从解开处测量，绝缘正常；

5) 确定故障点为 I 母 PT；

6) 将 I 母 PT 一次中性点接地点解开，并从此处测量绝缘，正常；

7) 疑问：为什么这个方向测量就没有接地呢？因而需要对 I 母 PT 测试其绕组电阻，是否存在绕组与外壳接地；

8) 将 I 母 PT 接地刀合上，量取电压互感器线圈电阻，显示无穷大，确认线圈开路；

9) 结论：电压互感器在承受合闸电压后，由于内部问题，导致线圈烧损，引起母线接地。

## 3.2 PT 检查及疑惑解答

### 3.2.1 PT 现场检查

对 I 母 PT 进行了现场吊罩、解体，检查发现 A 相导电杆触头、触头座烧毁，导电杆端部局部烧毁，高压屏蔽罩表面有粉尘及烧黑痕迹，盆式绝缘子的表面有大面积的碳黑痕迹；并且 A 相 PT 高压屏蔽罩有位移，高压屏蔽罩偏离高压线圈中心位置。

高压屏蔽罩因位移造成了对边屏蔽铝板绝缘距离减少，绝缘强度降低，在送电情况下导致高压屏蔽罩对两侧屏蔽铝板拉弧，拉弧产生的大电流使触头、触头座烧毁，放电产生大量的金属粉尘破坏了气体绝缘性能，进而发展到对两侧屏蔽铝板不断放电，最终导致故障发生。

### 3.2.2 疑惑解答

由于 N 侧电流互感器变比为 800/1，而故障时电流达到近 30 000 A，在该电流下，电流互感器已经产生饱和，因而 N 侧各绕组电流波形显示存在畸变现象。同时，短路瞬间产生了很大的电动力，超出了引线所能承受的机械应力极限，导致 M 侧引线瓷瓶开裂，并最终引线脱落。

## 4 结束语

通过以上分析及现场实际故障对照可以得出，各继电保护装置一系列的动作反应都是正确的。继电保护装置的动作行为分析要充分利用微机保护强大的记忆存储功能，然后，根据现场实际制定确认故障点的合理方案，方能快速查找出故障并尽快排除故障。

## 参考文献

- [1] 尹项根, 曾克娥. 电力系统继电保护原理与应用[M]. 上册. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001.  
YIN Xiang-gen, ZENG Ke-e. Principle and application of relay protection of power system[M]. Volume one. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2001.

(下转第 230 页 continued on page 230)

北京: 中国电力出版社, 2008.

[31] 薛禹胜. 电力市场稳定性与电力系统稳定性的相互影响(一) [J]. 电力系统自动化, 2002, 26(22): 1-5.  
XUE Yu-sheng. Interactions between power market stability and power system stability(1)[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(22): 1-5.

[32] 薛禹胜. 电力市场稳定性与电力系统稳定性的相互影响(二) [J]. 电力系统自动化, 2002, 26(23): 1-5.  
XUE Yu-sheng. Interactions between power market stability and power system stability[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(23): 1-5.

[33] 顾为东. 大规模非并网风电系统开发与应用[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(19): 1-5.  
GU Wei-dong. Development and application of large scale non grid connected wind power system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(19): 1-5.

(上接第 208 页 continued from page 208)

[2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 二版. 北京: 中国电力出版社, 1995.  
ZHU Sheng-shi. Principle and technology of relay protection in high voltage grid[M]. Second edition. Beijing: China Electric Power Press, 1995.

[3] 江苏省电力公司. 电力系统继电保护原理与实用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.  
Jiangsu Electricity Company. Principle and application technology of relay protection in power supply system[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

[4] 国家电力调度通讯中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

(上接第 223 页 continued from page 223)

护系统中的重要部分, 在设备设计, 设备调试或大、小修过程中, 除了要清楚理解各部分的作用, 更要了解各分系统是否存在冲突, 认真检验保护装置的实际效果, 保证各元件都能按要求正确动作, 防止因为人为失误而造成设备拒动现象<sup>[2]</sup>。

参考文献

[1] 赵民, 叶绍仪, 侯佳才, 等. 失磁保护在发电机出现逆功率时的动作分析[J]. 继电器, 2003, 31(11): 30-31, 35.  
ZHAO Min, YE Shao-yi, HOU Jia-cai, et al. Operation analysis of field-loss protection when reverse-power starts in the generator[J]. Relay, 2003, 31 (11): 30-31, 35.

[2] 刘军, 潘俊生, 邹水华. 发电机出口开关控制回路的一种特殊故障及其处理[J]. 广东电力, 2003, 16 (4): 73-75.

[34] 世界风电产业发展的总趋势[EB/OL]. <http://www.51report.com/free/detail/310770.html>. 2009,9,20

[35] LI Wen-yuan. 电力系统风险评估模型、方法和应用[M]. 周家启, 卢继平, 胡小正, 等, 译. 北京: 科学出版社, 2006.

收稿日期: 2009-12-15; 修回日期: 2010-04-26

作者简介:

颜伟(1968-), 男, 博士、教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力系统优化运行与控制、风险评估, 电力市场, 智能电网; E-mail: cquyanwei@21cn.com

文旭(1980-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统节能调度、风险评估、智能电网;

余娟(1980-), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为电力系统无功优化、电压稳定及风险评估, 智能电网。

State Power Dispatch Communication Center of China. The applied technology of relay protection of power system[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.

收稿日期: 2010-01-04; 修回日期: 2010-04-21

作者简介:

胡志保(1983-), 男, 硕士, 主要从事电力系统继电保护工作; E-mail: waini\_hu@163.com

曾庆汇(1976-), 男, 工程师, 本科, 主要从事电力系统继电保护工作;

周丹丹(1983-), 女, 助工, 本科, 主要从事电力系统继电保护工作。

LIU Jun, PAN Jun-sheng, ZOU Shui-hua. A peculiar kind of fault in control circuit of generator circuit breaker and its treatment[J]. Guangdong Electric Power, 2003, 16 (4) : 73-75.

[3] 陈小明. 发电机灭磁失败原因分析及改进措施[J]. 电力系统自动化, 1999, 23 (22): 54-57.

CHEN Xiao-ming. Analysis of cause of failure and improvement of generator de-excitation[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23 (22): 54-57.

收稿日期: 2009-12-16; 修回日期: 2010-02-23

作者简介:

陈刚(1980-), 男, 电气工程师, 本科, 从事电力系统继电保护工作; E-mail: chen17591@126.com

杨国辉(1981-), 男, 电气工程师, 本科, 从事电力系统继电保护工作。E-mail: yangguohui@cgnpc.com.cn