

国华台电 500 kV 升压站全站失压机组保护动作行为分析 及其改进措施

丁健, 刘建波, 肖华宾, 解奎元

(广东国华粤电台山发电有限公司, 广东 台山 529228)

摘要: 继电保护装置的功能是确保电网发生常见的单一故障时稳定运行和正常供电。但保护装置不能很好地感知系统运行状况, 因此需要采用安稳控制系统来判断系统运行状况, 当升压站送出断面断开时, 及时通过安稳装置出口动作于切机; 并根据具体生产情况整定高压电动机低电压定值, 确保锅炉的安全灭火和汽轮机的可靠停机。

关键词: 全站失压; 安稳; 整定计算

The unit protection action analysis of Guohua Taishan power plant 500 kV substation loss power and its improvement

DING Jian, LIU Jian-bo, XIAO Hua-bin, XIE Kui-yuan

(Guangdong Guohua Taishan Power Plant, Taishan 529228, China)

Abstract: The functions of relay protection equipment are to ensure stable running and normal power supply. But relay protection equipment can't know the running condition of system, so it needs safety and stability equipment to determine the running condition of system. And it is needed to regulate low-voltage setting of high-voltage motor according to concrete condition in order to ensure safety MFT and turbine trip.

Key words: substation power loss; safety and stability; setting calculation

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)12-0083-03

0 引言

国华台电 3、4、5 号 3×600 MW 机组通过两条 500 kV 电压等级输电线路与南方电网相连, 通过同杆架设的双回出线接入 500 kV 香山变电站。500 kV 配电装置为 GIS, 一次回路有两个完整串(3 号发变组和鼓香乙线, 5 号发变组和鼓香甲线), 一个不完整串(4 号发变组), 共三串八个开关, 采用瑞士 ABB 公司制造的全封闭 SF6 气体绝缘室内配电装置。500 kV 系统采用二分之三接线方式(见图 1 国华台电 500 kV 升压站一次系统图), 发变组进线与出线采用交叉接线方式, 此接线方式具有调度灵活和运行可靠的特点。正常运行时, 两条母线和八台断路器全部都投入运行, 形成多环状供电网络, 断开任何一台断路器都不影响发电和供电。500 kV 系统线路配置主一保护(RCS-931DM 光纤电流差动保护)、主二保护(RCS-902CD 纵联距离保护)、辅一保护

(RCS-924A T 区保护装置)各一套, 实现完全双重化配置, 重合闸方式为单相重合闸, 检线路有压方式。各断路器均配置 RCS-921A 断路器保护和操作箱 CZX-12R1。

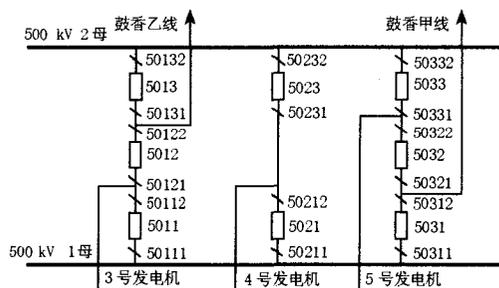


图1 国华台电 500 kV 升压站一次系统图

Fig.1 The primary wiring diagram Guohua Taishan Power Plant 500 kV Substation

1 事故过程

1.1 500 kV 升压站全站失压过程

事故前国华台电 500 kV 升压站 5011、5012、5013、5031、5032、5033 开关均在合闸位置，4 号发变组检修 5021、5023 开关分闸，3 号主变倒送电带厂用电，5 号发变组及鼓香甲、乙线正常运行。

2007 年 2 月 20 日 8 时 41 分 09 秒，鼓香甲线 B 相故障，5031、5032 断路器 B 相跳闸，2183 ms 后 5031、5032 断路器非全相保护出口三相跳闸；8 时 43 分 17 秒，鼓香乙线 C 相故障，5012、5013 断路器 C 相跳闸，2175 ms 后 5012、5013 断路器非全相保护出口三相跳闸（香山站判瞬时故障为永久性故障）。5 号机组 MFT 首出汽机跳闸，低频保护动作跳 805 开关并灭磁，500 kV 升压站全站失压。6 kV 厂用电切换至 03 号高压备变运行，但由于时间较长，3-5 号机组事故备用电源柴油发电机组启动，并各自自带 380 V 保安电源成功。

1.2 事故后机组保护动作情况

事故后我们从 DCS 获得如下动作信息：

08: 43: 21: 351 OPC 动作（第 1 次） 08:
43: 21: 368 恢复
08: 43: 21: 383 OPC 动作（第 2 次） 08:
43: 26: 090 恢复
08: 43: 30: 392 OPC 动作（第 3 次） 08:
09: 19: 403 恢复
08: 43: 20: 977 EH 油泵 A 因 EH 油压低联锁
启动（EH 油泵 B 在运行）
08: 43: 20: 161 OPC 动作（第 4 次） 08:
09: 12: 674 恢复
08: 43: 22: 862 EH 油压低跳闸，汽机跳闸
08: 43: 30: 246 汽机跳闸后联跳锅炉
08: 43: 36: 106 MFT
08: 43: 36: 131 低频保护动作
08: 43: 37: 086 主开关 805 跳闸

500 kV 升压站全站失压后，5 号机 OPC 动作四次，转速在动作过程中出现两个波峰，第一个最大转速为 3131rpm/min，第二次波峰为 3107 rpm/min。在 OPC 动作后 EH 油压（母管）从 13.95 Mpa，逐渐下降，备用 EH 油泵 A 联启（联锁值为 11.2 Mpa，动作正确）后，EH 油压继续降低，最后在母管压力低于 9.5 Mpa 时，ETS 系统 EH 油压低保护动作开关动作，汽机跳闸。

5 号机组电气高频保护整定值为 51.5 Hz（对应转速为 3090r/m），延时 5 s。而汽机超速保护 OPC 动作不带延时去关调门，从而导致汽轮机转速下降，

因此电气高频保护未动作。

汽机跳闸后由于主汽门已经关闭，汽轮机失去原动力，机组转速持续下降，达到低频保护定值为 47.2 Hz 时（转速为 2832 r/m），5 号机发电机保护装置 M3425 低频保护动作出口跳闸并灭磁（见图 2 发电机保护装置 M3425 动作录波图）。

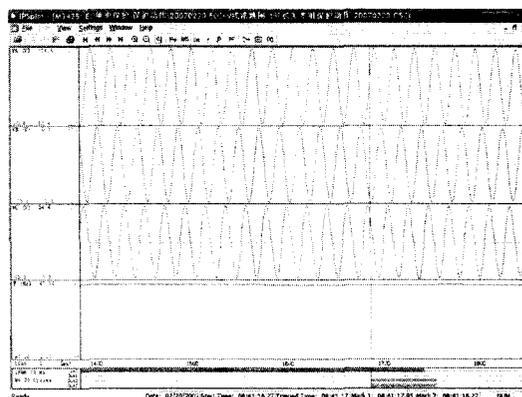


图 2 发电机保护装置 M3425 动作录波图

Fig.2 The oscillography of M3425 generator protection equipment

2 事故中发现的问题

通过此次事故发现，在 500 kV 升压站全站失压后，仅仅通过继电保护设备和机组热工保护设备很难实现对电网和设备的可靠保护。因为继电保护装置的功能是确保电网发生常见的单一故障时稳定运行和正常供电，而保护装置不能感知系统运行状况，而在 500 kV 升压站全站失压后机组负荷不能外送，必然会导致汽轮机超速，最终导致机组停机、锅炉 MFT。因此需要在传输功率断面断开联切机组来确保机组的安全停机。

3 事故后改进措施

由于继电保护装置难以感知系统运行状况，因此需要采用安稳系统来判断系统运行状况，当装置检测到电厂两回出线全部断开时，切除电厂所有可切机组，即电厂双回出线同时跳闸或一回检修另一回跳闸，则进行切机操作。

事故后国华台电 500 kV 升压站新投运了安稳系统。新的安稳系统由 A、B 两套系统组成。两套功能完全一致，各自独立，互为备用。安稳装置采用集中安装方式，设稳控主机 A 柜、主机 B 柜以及安稳通信接口柜共 3 面柜。

国华台电（A、B 两套系统组成两屏柜）安稳系统由一台 RCS-992 主机和两台 RCS-990 从机组成。

从机分别定义为 #1 和 #2 从机。与稳控 B 柜相比, A 柜多装设一把用于选择何柜为主运的切换把手。除此以外, 两柜完全相同, 组成双套系统。

国华台电稳控装置主要功能为:

- 1) 本厂 1 号从机采集甲乙线三相电压、电流及相关保护动作信号, 判断线路投停、故障相关信息;
- 2) 本厂 2 号从机采集 3、4、5 机组三相电压、电流, 判断机组投停, 收集可切机组容量, 上送上级子站;
- 3) 接受上级子站下发的切机命令, 根据命令内容, 切除相应的可切机组;
- 4) 本厂低频、高频自动切机;
- 5) 检测本厂两条出线的过载情况, 根据过载情况执行减出力或切机措施, 降本厂机组出力, 或根据过载量切除相应可切机组;
- 6) 检测本厂出线故障, 当送出断面断开时, 切除本厂全部可切机组 (见图 3 国华台电安稳系统图)。

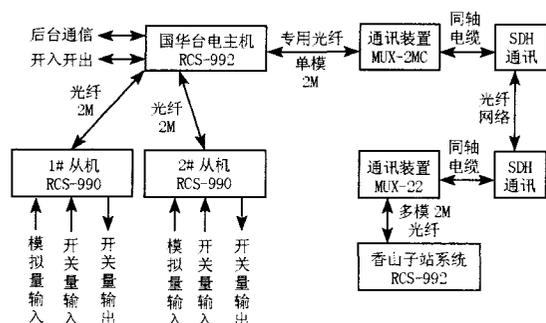


图 3 国华台电安稳系统图

Fig.3 Safety and stability system diagram of Guohua Taishan Power Plant

国华台电 3、4、5 号机组共用一台 3 号高压备变, 容量仅为 40 MVA/25-25 MVA, 按照单台机组事故备用容量选择, 正常不作为启机使用, 电源引自 220 kV 升压站。A 高压厂用变压器为保定天威保变电气股份有限公司生产的 SFZ-40000/20 型电力变压器, 额定容量为 40 MVA/25-25 MVA。B 高压厂用变压器为保定天威保变电气股份有限公司生产的 SFZ-25000/20 型电力变压器, 额定容量为 25 MVA。在最大运行方式下, 当 500 kV 系统两条出线同时故障后, 由于送出断面断开, 3、4、5 号机组必将全部跳闸, 此时 3、4、5 号机组厂用电全部通过残压方式同时切换至 3 号高压备变接带。由于 6 kV 厂用电重要电动机都采用低电压 9 秒后跳闸的低电压保护, 如果 3、4、5 号机组厂用电同时切换, 3 号备变容量将不能满足三台机组厂用电辅机自启动要

求, 轻者会引起 6 kV 厂用电长时间电压低, 重则会导致 3 号高压备变因过流而跳闸, 从而导致 3、4、5 号机组全部彻底失去 6 kV 厂用电源, 对事故停机极为不利。此时的厂用负荷引风机、闭冷水泵和循环水泵均跳闸, 对于锅炉的安全灭火和汽机的可靠停机也会带来很大的安全隐患。

高压电动机低电压保护的整定一般原则为:

1) 为保证重要高压电动机自启动, 必要时应加装 0.5 s 延时切除 II、III 类电动机的低电压保护, 其动作整定值为:

$$\begin{cases} U_{op} = (0.6 \sim 0.7) U_n \\ T_{op} = 0.5 \text{ s} \end{cases}$$

我厂的定值为 $0.7U_n$, 0.5 s。

2) 生产工艺不允许在电动机完全停转后突然来电时自启动的电动机, 根据生产工艺要求加装延时 9 s 的低电压保护, 动作后切除这些电动机, 其动作整定值为:

$$\begin{cases} U_{op} = (0.4 \sim 0.45) U_n \\ T_{op} = 9.0 \text{ s} \end{cases}$$

我厂的定值为 $0.45U_n$, 9 s。

我厂的厂用电切换装置采用的 MFC-2000 切换装置, 其正常切换方式采用了并联切换, 事故切换采用残压切换方式。残压切换的起动值为 60%, 延时为 2 s。因此在正常切换时不会影响厂用电的运行, 事故切换时根据其录波可以得出小于 $0.45U_n$ 的时间大于 1.5 s。

鉴于 500 kV 系统两条出线同时故障后, 3-5 号机组厂用电全部切换至 3 号备变运行, 3 号备变容量不满足三台机组厂用电辅机自启动要求, 为了解决这个问题, 采取以下措施:

3-5 号机组 6 kV 段低电压保护 II 段延时由 9 s 调整为 1.5 s;

采取上述措施后, 运行人员可以根据需要, 通过退出低电压保护压板方式, 每台机组保留 1 台循环水泵等重要辅机。

在 500 kV 系统两条出线同时故障后, 3-5 号机组 6 kV 低电压保护切除厂用电 6 kV 系统其余电动机, 3 号备变自投带 3-5 号机组厂用电运行, 可恢复保安段供电。这样可以保障在 500 kV 升压站送出断面断开时, 只有 3、4、5 号机组厂用电的部分重要负荷通过残压方式同时切换至 3 号高压备变运行, 这样就可以确保锅炉的安全灭火和汽机的可靠停机。

(下转第 88 页 continued on page 88)

将引出的失灵出口跳闸触点分别接入#7、#8 联变保护装置中, 与其高压侧的两个开关的失灵出口跳闸触点并接后接入联变非电量保护出口跳三侧回路中。

通过现场试验验证了上述所增功能是正确的, 即当发变组、线路、母联开关失灵时, 只跳联变 8207、8208 开关, 而当联变 8207、8208 开关失灵时通过“01、027 触点”送至联变非电量保护后跳三侧。

5 结束语

通过措施改进, 完善了 BP-2B 母线差动保护装

置中失灵保护的逻辑, 实现了联变 220 kV 侧开关失灵出口跳三侧的功能, 为公司及电网的安全稳定运行提供了强有力的保障。2007 年 5 月 21 日, 因天气下雨引起 8208B 相 CT 开关侧闪络接地, BP-2B 母线差动保护 II 母母差及失灵保护动作, 跳开了#8 联变三侧开关, 及时杜绝了一次主设备损坏事故, 同时也验证了对 BP-2B 母线差动保护装置中失灵保护逻辑完善的正确性。

收稿日期: 2007-10-11; 修回日期: 2008-01-17

作者简介:

刘 锋(1974-), 男, 大学, 工程师, 从事发电厂继电保护运行维护与管理工作。E-mail:liufeng3023289@sina.com

(上接第 77 页 continued from page 77)

CHEN De-shu.Preliminary Research on Security Protection Technology of Large-Scale Power Grid[J]. Power System Technology, 2004, 28(9):19-22,32.

[3] 宋锦海, 李雪明, 姬长安, 等. 安全稳定控制装置的发展现状及展望[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23):95-100.

SONG Jin-hai, LI Xue-ming, JI Chang-an, et al. Present State and Development Prospect of Security and Stability Control Equipment[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23):95-100.

[4] 沈国荣, 黄健. 通信技术是变电站自动化的关键[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(10):1-5.

SHEN Guo-rong, HUANG Jian. Communication Technique Was Highly Emphasized for Substation Automation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(10):1-5.

[5] 刘瑞怡. 广东电网安全稳定控制系统的通信通道[J]. 电力系统通信, 2004, (9): 48-50, 64.

LIU Rui-yi. Design of Communication Channel Scheme

for the Security and Stability Control System in Guangdong Power Network[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2004, (9): 48-50, 64.

[6] 薛禹胜. 时空协调的大停电防御框架(一)(二)(三)[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(1,2,3):12-20, 5-14, 5-14.

XUE Yu-sheng. Space-time Cooperative Framework for Defending Blackouts Part I II III[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(1,2,3):12-20, 5-14, 5-14.

收稿日期: 2007-10-08; 修回日期: 2007-11-29

作者简介:

宋锦海(1973-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事电力系统自动化及安全稳定控制方面的研究和开发; E-mail: songjinhai@nari-china.com

李惠军(1978-), 男, 主要从事电力系统自动化及安全稳定控制方面的研究;

李雪明(1965-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事电力系统自动化及安全稳定控制方面的研究。

(上接第 85 页 continued from page 85)

4 结束语

继电保护装置的功能是确保电网发生常见的单一故障时稳定运行和正常供电, 而保护装置难以感知系统运行状况, 因此更加需要采用安稳系统来判断系统运行状况, 当升压站送出断面断开时, 及时通过安稳装置出口动作于切机, 以保障机组的安全。同时应根据现场的具体情况整定高压电动机的低电压保护定值, 在严重故障情况下确保锅炉的安全灭火和汽机的可靠停机。

随着大型机组的运行与系统的运行状况联系更加紧密, 机组保护和系统保护已经融为一体, 在继电保护设备的配置以及定值的整定上, 不应墨守陈

规, 而要根据具体的设备状况适时而定, 这样才能更可靠地保障机组安全。

参考文献

[1] 安全稳定控制系统技术说明书[Z]. 南京: 南瑞继电电气有限公司, 2006.

[2] 现代电网自动控制系统及其应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

[3] 电力系统继电保护汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

[4] 微机厂用电快速切换装置技术说明书[Z]. 南京: 东大金智电气公司, 2005.

收稿日期: 2007-09-22; 修回日期: 2007-10-10

作者简介:

丁 健(1974-), 男, 工学硕士, 现从事继电保护工作。E-mail:dason_dingjian@163.com