

500 kV 变电站全站失压机组保护分析及对策

丁健, 赵伟

(国华粤电台山发电有限公司, 广东 台山 529228)

Analysis on and Countermeasures for the Unit Protection

at a 500 kV Substation over Losing Power

DING Jian, Zhao Wei

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

Abstract: It is shown by the analysis on the unit protection at the 500 kV Substation in Guohua Taishan Power Plant over losing power that as the relay protection equipments can't find the running condition of the power system, a safe-stability control system must be used to determine the running condition of the system, so that the turbine will be trip off when the substation losing connection with the power system.

Key words: substation power loss; safe-stability; setting calculation

摘要: 对国华台电 500 kV 升压站全站失压过程分析显示, 由于保护装置难以感知系统运行状况, 有必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。

关键词: 变电站失压; 安稳; 整定计算

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),

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。在正常运行时, 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。

1 事故过程

1.1 变电站失压过程

2007 年 2 月 20 日, 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。

该日 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

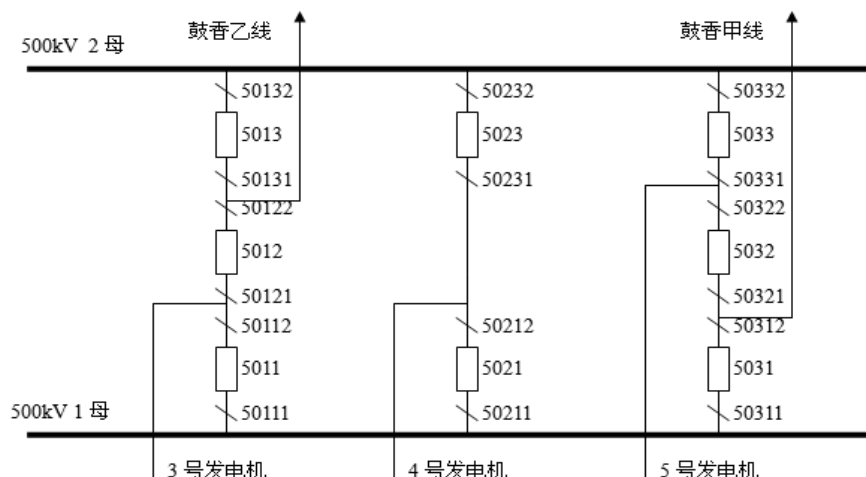


图1 国华台电 500 kV 升压站一次系统图

Fig. 1 Primary Wiring Diagram of the 500 kV Substation in Guohua Taishan Power Plant

事故备用电源柴油发电机组启动,并各自接带 380 V 保安电源成功。

1.2 机组保护动作

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 4 次,转速在动作过程中出现两个波峰,第一个最大转速为 3131 rpm/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 3 090 r/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,汽轮机失去了原动力,机组转速持续地下降,达到低频保护定值为 47.2 Hz 时(转速为 2 832 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)。

2 分析和对策

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,由于保护装置不能感知系统运行状况,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,我们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。

鉴于继电保护装置难以感知系统运行状况,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。

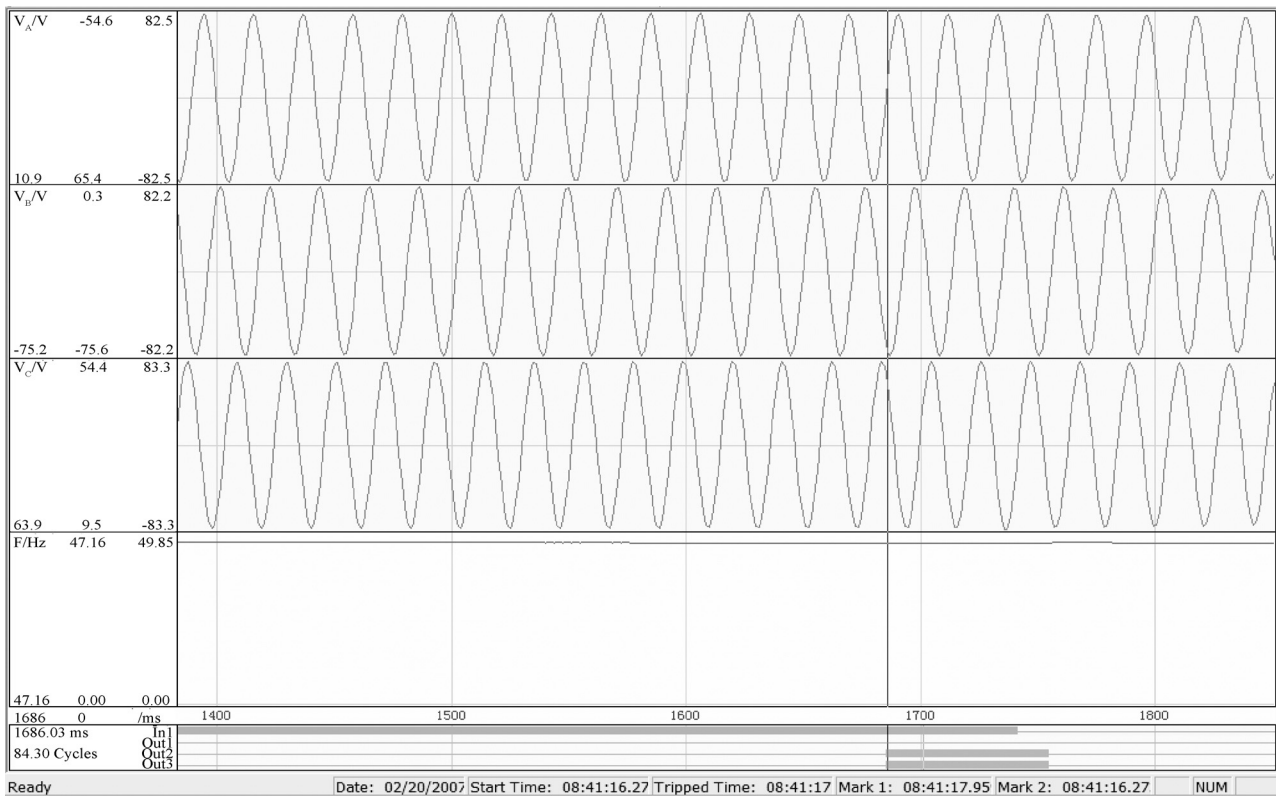


图 2 发电机保护装置 M3425 动作录波图

Fig. 2 Action Record of M3425 for Generator Protection

基于上述的认识,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 柜以及安稳通讯接口柜共 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:

——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;

——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;

——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;

——本厂低频、高频自动切机;

——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;

——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)。

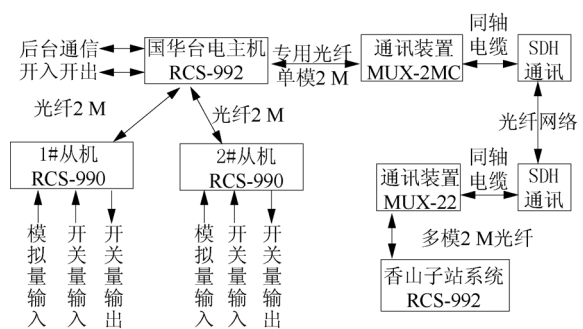


图 3 国华台电安稳系统图

Fig. 3 Safe-stability Control 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 s 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:

——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:

$$\left. \begin{aligned} U_{op} &= (0.6-0.7) U_n \\ T_{op} &= 0.5 \text{ (s)} \end{aligned} \right\}$$

我厂的定值为 $0.7 U_n$, 0.5 s。

——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:

$$\left. \begin{aligned} U_{op} &= (0.4-0.45) U_n \\ T_{op} &= 9.0 \text{ (s)} \end{aligned} \right\}$$

我厂的定值为 $0.45 U_n$, 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。残压切换的起动作值为 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 $0.45 U_n$ 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, 采取了以下措施: 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。如此, 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。

3 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, 由于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越来越紧密, 机组保护和系统保护已经融为一体, 我们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调整, 这样才能够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:南瑞继保电气有限公司, 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[G]. 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

作者简介:

丁健(1974-), 男, 工程师, 工学硕士, 从事继电保护工作。

赵伟(1973-), 男, 工程师, 工学学士, 从事继电保护工作并担任电气二次主管。

(本文责任编辑 张亚拉)