

图 2 CZX-22R 操作箱合闸回路图  
Fig.2 Switching-on circuit of CZX-22R operation box

继电器，型号为 SRD-N8CX。5013 开关保护为南瑞 RCS-921A 开关保护，操作箱为南京南瑞 CZX-22R 型操作箱，其合闸回路图见图 2，防跳回路设计取用断路器本体防跳，操作箱 n104 与 n109 经跳线短接，取消了保护操作箱防跳。

## 2 原因分析

### 2.1 录波分析

通过对保护动作报告及故障录波图分析发现，当线路发生故障，保护跳开 5013 开关 B 相开关后，5013 开关经延时重合于故障，三相跳闸，此时由于重合闸脉冲展宽 120 ms 的原因，5013 开关三相跳开后仍有 10 ms 的合闸脉冲发给断路器操作机构，A 相开关发生单相合闸，线路主一、主二保护的单相运行三跳保护经 200 ms 延时跳闸，但此时合闸回路仍未返回，A 相开关继续合闸，主一、主二保护单相运行三跳保护继续跳闸，如此重复 3 次后，由于操作压力降低的原因，断开了 5013A 相开关的合闸回路。经 1 s 油泵打压，压力恢复正常后，5013A 相开关发生了第 4 次合闸，此时由于线路对侧已跳闸，A 相开关无流，A 相开关经 3 s 延时后经断路器本体三相不一致继电器动作跳开 A 相开关，最终保持三相开关断开。

### 2.2 检查情况

经过检查，发现 5013 A 相开关防跳继电器 52YA 发生了卡滞现象，其 31、32 动断触点在 5013 开关跳跃过程中持续接通，导致 A 相开关继续合闸，而 5013 B、C 相开关防跳继电器正常，其 31、32 动断触点断开了合闸回路，故 B、C 相开关未发生再次合闸。

如图 3 所示，正常情况下，合闸保持回路为回路 1，当操作箱收到合闸令时，由手合继电器 1SHJ 或重合闸中间继电器 ZHJ 启动合闸保持电流继电器 SHJa，SHJa 启动合闸后由断路器 52b 动断触点 (C1, C2) 断开合闸回路，SHJ 失电返回。当开关合闸后，断路器 52a 动合触点 (Y1, Y2) 接通，由于合

闸脉冲并未立即返回，开关防跳继电器 52YA 受电，其动合触点 (13, 14) 接通防跳自保持回路，但是由于 52YA 防跳继电器发生卡滞现象，52YA 受磁后它的动断触点 (31, 32)、(21, 22) 触点未断开，这样形成了回路 2：由 SHJ 和 52YA 构成的异常合闸保持回路。

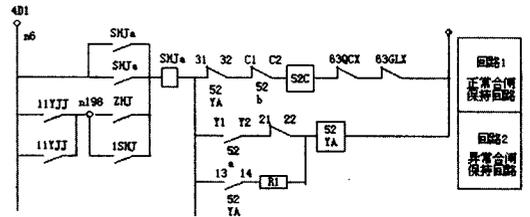


图 3 5013 开关合闸保持回路  
Fig.3 Keeping circuit of switches switching-on

### 2.3 回路分析

5013 开关合闸回路相关技术参数如下：合闸接触器 HQ 电阻  $R$  为 60  $\Omega$ ，合闸回路电压 110 V，防跳继电器 52YA 线圈电阻 340  $\Omega$ ，其电阻  $R_1$  为 500  $\Omega$ ，合闸保持继电器保持电流整定为 1.5 A，三相合闸保持继电器动作特性测试如表 1。

表 1 三相合闸保持继电器动作特性测试

Tab.1 Protection operation character test when three-phase switching-on

名称	启动电流/A	返回电流/A	电阻/ $\Omega$
SHJa	0.52	0.21	1.7
SHJb	0.50	0.19	1.7
SHJc	0.52	0.24	1.7

正常情况下合闸回路电流  $I=110\text{ V}\div 60\ \Omega=1.83\text{ A}$ ，按照反措要求自保持电流不应大于额定跳（合）闸电流的 50% 左右，线圈压降小于额定值的 5%。SHJ 合闸自保持电流整定为 1.5 A，回路 1 符合要求。

A 相合闸回路接通的同时，也使得 B、C 相防跳继电器保持回路接通，此时，流过 SHJ 的电流为流过 A 相防跳继电器的电流和流过 B、C 相防跳继电器保持回路的电流之和，由于 SHJ 电阻相对防跳继电器电阻可忽略不计，计算如下：

流过 A 相防跳继电器的电流  $I_1=110\text{ V}\div 330\ \Omega=0.33\text{ A}$ ；

流过 B、C 相防跳继电器保持回路的电流  $I_2=110\div (340+500)=0.13\text{ A}$ ；

因此流过 SHJ 的电流和为  $0.33+2\times 0.13=0.59$ ；

由于 SHJ 三相电阻平均，所以流过每相合闸保持继电器的电流为  $0.59/3=0.196\text{ A}$ ；

而由于 SHJa、SHJb、SHJc 的保持电流不一致，这个 0.196 A 的保持电流只能使得 SHJb 保持，SHJa

和 SHJc 返回, 因此 0.59 A 的保持电流最终全部流过 SHJB, 从而使得 SHJB 持续发出合闸令, 而此时由于 A 相开关的防跳继电器卡滞失效, 造成了 A 相开关的多次跳跃, 而 B、C 相防跳继电器正常, B、C 相开关未发生跳跃现象。

### 3 改进措施

运行中, 当线路发生故障, 由于开关防跳继电器失效, 可能造成开关第二次合闸, 但是, 由于开关典型防跳回路设计在取消保护防跳回路时存在 SHJ 和开关防跳继电器的配合问题, 当断路器防跳继电器触点发生某种卡滞现象时, 由于操作箱 SHJ 和开关本体防跳继电器的配合不当, 可能造成开关反复出现跳跃现象, 不但严重损害断路器的使用寿命, 还将严重损害输电线路及用电设备, 这是我们在运行中必须防止的, 针对本典型防跳回路, 可以采取以下改进措施:

1) 保持原防跳回路不变, 调高防跳继电器的

(上接第 111 页 continued from page 111)

### 3 结论

本文对贵广直流肇庆换流站阀冷切换系统 2007 年 06 月 01 日发生的异常进行了深入分析, 得出以下结论:

① 当天发生主泵二电源小开关 Q1 及相应 MCC 小开关 Q4 跳开的异常是由主泵电源切换期间产生的冲击电流引起, 该冲击电流则由电机掉电后机端存在的反电动势和即将并入的第二路电源在相位上不同步造成。

② 通过将主泵电源切换延时由 200 ms 整定为一个更长的定值, 待机端反电动势降至足够小时再进行切换, 可显著减小电机重新投入电网瞬间产生的冲击电流。实验和生产实际表明, 该延时设为 1.5 s 即可有效避免当天阀冷切换异常的出现, 同时不会对内冷却水的循环造成影响, 是行之有效的解决方案。

(上接第 114 页 continued from page 114)

### 参考文献

- [1] 贺家李. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 水利电力出版社, 2001.  
HE Jia-li. Theory of Power System Relay Protection[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 2001.
- [2] 夏道止. 电力系统分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.  
XIA Dao-zhi. Power System Analysis[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

电阻  $R$ , 使得  $R$  满足以下条件:  $R \geq 3UI_{SHJFHMIN}$  ( $I_{SHJFHMIN}$  为三相 SHJ 的最小返回电流)。

2) 将开关防跳取消, 改为保护防跳, 可彻底解决问题, 由于开关本体防跳继电器安装在开关汇控箱, 随着年限增长, 运行状况会变坏, 而当防跳继电器触点出现问题时, 又无可靠的监视回路, 不易被发现, 容易发生开关防跳失效的情况, 而且由于这种跳跃现象难以立即人为控制, 开关一般会一直跳跃到操作能量消失或防跳卡滞触点返回后方会停止。相对来说保护本体防跳回路在保护操作箱, 防跳回路为印刷电路, 不易损坏, 而且有监视防跳继电器触点的回路, 容易提前发现, 从而可以有效避免开关发生这种防跳失效后的反复跳跃现象。

收稿日期: 2008-09-03

作者简介:

徐春新(1977-), 男, 本科, 工程师, 研究方向为继电保护运行与管理技术。E-mail: 99225880@163.com

### 参考文献

- [1] 李兴, 等.  $\pm 500$ kV 贵广直流输电系统肇庆换流站运行规程[Z].
- [2] 赵明, 等.  $\pm 500$ kV 贵广直流输电系统肇庆换流站设备操作手册[Z].
- [3] 汤晓燕. 三相感应电动机瞬间断电重新投入电网时的瞬态[J]. 电机与控制学报, 2001, 5(2): 98-102.  
TANG Xiao-yan. Reclosing Transient of Three Phase Induction Motor[J]. Electric Machine and Control, 2001, 5(2): 98-102.
- [4] 汤蕴璆. 交流电机的动态分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

收稿日期: 2008-07-25; 修回日期: 2008-08-08

作者简介:

刘森(1977-), 男, 硕士, 中级工程师, 从事高压直流系统运行管理工作;

宋述波(1978-), 男, 硕士, 中级工程师, 从事高压直流系统运行管理工作;

刘俊(1980), 男, 硕士, 助理工程师, 从事高压直流系统运行维护工作。E-mail: liujunvii@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-08-04; 修回日期: 2009-02-27

作者简介:

雷善春(1972-), 男, 电力工程师, 长期从事电力生产管理工作;

刘震(1973-), 男, 本科, 电力工程师, 从事继电保护工作; E-mail: liuzn05@sohu.com

陈勇军(1973-), 男, 专科, 电力工程师, 长期从事电力安全生产管理工作。