

天广直流输电工程两起极闭锁故障的原因分析及其反措

曹 鸿¹, 李书勇²

(1. 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司天生桥局, 贵州 兴义 562400;

2. 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司广州局, 广东 广州 510405)

摘要: 介绍了天广直流输电工程直流保护系统紧急闭锁出口回路的配置情况, 对直流保护系统测量故障引起的两次极闭锁原因进行了分析, 针对测量故障所暴露的问题, 提出了相应的防范措施, 并根据实例说明了防范措施的效果, 为今后直流保护系统更科学的设计和运行维护提供了技术参考和经验。

关键词: 天广直流输电工程; 直流保护系统; 测量故障; 极闭锁; 反措

The investigation of two times pole-blocked and its countermeasure in Tian-Guang HVDC transmission project

CAO Hong¹, LI Shu-yong²

(1. Tianshengqiao Bureau of CSG EHV Power Transmission Company, Xingyi 562400, China;

2. Guangzhou Bureau of CSG EHV Power Transmission Company, Guangzhou 510405, China)

Abstract: The scheme of ESOF circuit located at DC protection system in Tian-Guang HVDC transmission project is introduced. Two times pole blocked events caused by DC protection system measurement fault are analyzed and some resolve methods are given aimed at the questions exposed. The effect of resolve methods used in Tian-Guang HVDC transmission project is explained. For more scientific design and maintenance of DC protection system in the future, it provides some reference and experience.

Key words: Tian-Guang HVDC transmission project; DC protection system; measurement fault; pole-blocked; countermeasure

中图分类号: TM72 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)24-0093-04

0 引言

±500 kV 天广直流输电工程是中国南方电网投运的第一条超高压、大容量、远距离高压直流输电系统, 输电容量为 1 800 MW。自投运以来, 它已为广东地区输送了超过 500 亿 kW·h 的电量。2008 年 6 月 18 日和 26 日, 天广直流天生桥换流站连续发生两起极 1 两套直流保护系统同时故障引起的极闭锁事件。文章对这两次极闭锁事件进行分析, 发现了直流保护系统在设计 and 运行维护方面存在的问题和不足, 并提出相应的防范措施并予以实施, 以提高设备运行的可靠性及可用率。

天广直流工程每站每极配置有三套直流保护系统, 三套直流保护系统的软件完全相同, 硬件配置基本一致。每套系统均有独立的电源、就地操作面板、测量系统、SIMADYN D 系统、数字量接口和报警系统。直流保护系统的“三取二”出口逻辑功能模块仅布置在直流保护系统 1 和直流保护系统 2

中。三套直流保护中任一套系统故障时, 系统故障信号会闭锁本系统的所有出口回路, 确保发生故障的保护系统不误动。

三套直流保护系统的每个信号均通过两个“三取二”逻辑回路出口, 正常情况下, 只有三套直流保护系统中的任意两套同时动作时, 方能出口; 在其中一套直流保护系统故障时, 另外两套系统中的任意一套动作即可出口; 由于直流保护系统的两个“三取二”选择逻辑模块分别安装于直流保护系统 1 和系统 2 内, 在三套直流保护中的系统 1 和系统 2 同时故障时, 为确保直流系统不失去保护, 此时会闭锁极, 但系统 1 和系统 3 或系统 2 和系统 3 同时故障时不会闭锁极, 此时, 无故障的直流保护动作, 仍然可以正常出口。

1 直流保护系统紧急闭锁出口回路配置

直流保护紧急闭锁出口回路共有三个部分组成, 第一部分为直流保护产生的紧急闭锁命令, 第

二部分为外围设备产生的紧急闭锁命令，第三个部分为直流保护系统故障产生的紧急闭锁命令。

第一部分紧急闭锁命令由直流保护中的换流器桥差保护、换流器组差保护、交流过电压保护、换流器短路保护、换流器直流差动保护、直流差动后备保护、直流过流保护、中性母线差动保护、高压母线差动保护产生，该部分命令通过直流保护的“三取二”逻辑回路出口。

第二部分紧急闭锁命令由极控系统、换流变保护系统、阀冷却控制系统、直流站控系统、阀基电子设备和消防系统产生，该部分命令与“三取二”逻辑出口命令并接在一起出口。

第三部分紧急闭锁命令由直流保护系统 1 和直流保护系统 2 的系统故障产生，该命令通过系统故障继电器并接在直流保护系统紧急闭锁中间继电器上一起出口。

直流保护系统紧急闭锁出口逻辑如图 1 所示。

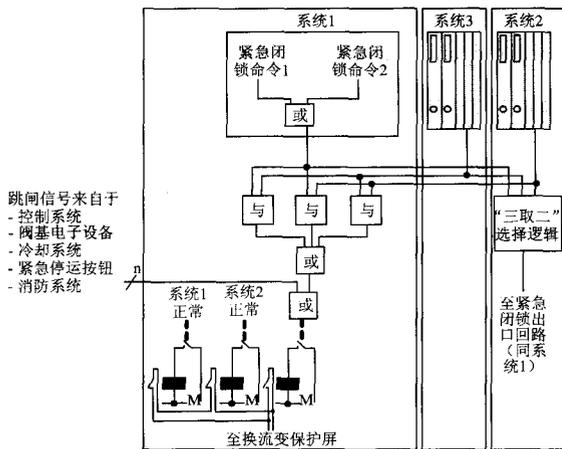


图 1 紧急闭锁出口逻辑示意图

Fig. 1 Output logic diagram of emergency switch-off

2 极闭锁原因分析

2.1 闭锁过程概述

2008年6月18日和6月26日天广直流天生桥换流站极1连续发生两次闭锁故障。两次均是极1直流保护系统2先频发瞬时测量故障信号，随后直流保护系统1频发瞬时测量故障，从而出现直流保护系统1和直流保护系统2同时发生测量故障，两套直流保护系统同时故障判断成立，极1启动闭锁。极1闭锁后，测量故障立即消失，两套直流保护系统的就地操作面板信息显示两套系统D19板卡的所有测量通道发生了测量故障。

2.2 极闭锁原因分析

从这两次故障的故障录波图和事件顺序记录上

可以看出，在系统闭锁时，没有任何保护动作信息和外围设备异常信号，可以排除直流保护和外围设备误动的可能，因此可以确定这两次闭锁均是由于直流保护系统1和直流保护系统2同时发生了故障所导致的。

由于直流保护系统的“三取二”出口逻辑功能模块仅安装在直流保护系统1和直流保护系统2中，因此，直流保护系统1和直流系统2的系统故障检测涵盖了“三取二”功能模块部分，在“三取二”逻辑模块发生异常时，信号体现的仍然是直流保护系统故障。为了确保直流系统在任何情况下都不失去保护，在直流保护系统1和直流保护系统2同时故障时，必须闭锁相应极。在系统1或系统2正常的情况下，至少可以确保一个“三取二”逻辑回路正常，因此，系统仍然可以正常运行。

直流保护系统故障由硬件故障和软件故障生成。硬件故障包括SIMADYN D系统电源故障、SIMADYN D系统风扇故障、+15 V电源故障、-15 V电源故障、24 V电源过流、SIMADYN D系统硬件故障。软件故障包括接收故障、发送故障、处理器故障、电池故障和测量故障五个部分。

测量故障导致软件故障逻辑如图 2 所示。

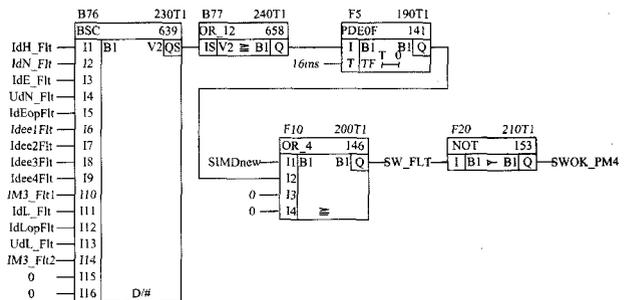


图 2 软件故障逻辑示意图

Fig. 2 Logic diagram of software fault

测量故障分为单一通道测量故障和激光告警测量故障，单一通道测量故障是指该通道的通信信息受到扰动或发生了奇偶校验错误，从而产生的测量故障。激光告警测量故障是指某一通道由于光纤回路异常，导致激光能量被调整到了最大值，不能再继续上调，从而产生的测量故障。

当发生激光告警测量故障时，软件中通过置位，强制将所有通道故障信号置为 1，从而使得所有通道发出测量故障告警信号。

测量故障逻辑如图 3 所示。

经过分析可以看出本次测量故障应该是由光发射模块、触发光纤、传感头、返回光纤或光接收模块发生了异常所导致的。

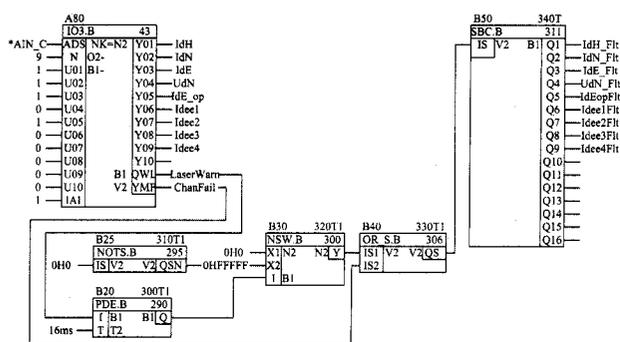


图3 测量故障逻辑

Fig. 3 Logic diagram of measurement fault

经过对触发光纤和返回光纤进行检测, 确认其衰耗正常, 从而排除了光纤异常的可能; 对光发射模块和光接收模块通过交换试验进行检测, 确认光发射模块和光接收模块功能正常, 排除了板卡故障的可能; 因此, 故障原因应该在传感头上, 更换两个系统的传感头后, 经过一个月试运行没有再次发生测量故障。经过对两个传感头进行检测发现: 在运行允许的高温环境下, 两个传感头的工作特性已经严重畸变。

综上所述, 在目前“三取二”出口逻辑回路配置的情况下, 极1直流保护系统1和系统2同时测量故障, 引起极1无保护判断条件成立, 从而导致极1闭锁。

3 暴露问题及防范措施

3.1 暴露问题

通过对两次测量故障导致的极闭锁原因进行分析可以发现天广直流工程直流保护系统存在以下问题。

1) 直流保护系统与“三取二”出口逻辑回路的故障检测功能没有完全分开, 导致系统故障信号不能明确指示是保护系统故障还是“三取二”回路故障。无法根据故障现象采取相应的措施。

2) 三套直流保护系统的功能完全一致, 在直流保护系统1和直流保护系统2同时发生故障时, 还有直流保护系统3可以正常运行, 但是在设计上却采取了极闭锁措施, 设计不尽合理。

3) 测量故障是一个系统故障, 从光发射模块、触发光纤、传感头、返回光纤到光接收模块, 任一环节出现异常都会导致测量故障的发生。但由于现场不具备故障检测的仪器, 光发射模块和光接收模块的故障必须建立相应的测试系统才能检测。对由触发光纤、传感头及返回光纤组成的测量回路故障

难以在线排查, 必须将直流系统停运, 解除各段光纤分别进行检测, 这种分段检测的方法需要的时间较长, 因此将严重降低直流系统的可用率, 从而造成重大经济损失。对于传感头, 只能送往相关检测中心才能进行故障检测。因此, 测量故障的检测问题严重影响着直流系统的可用率。

3.2 防范措施研究

针对以上问题, 经过研究后确定以下防范措施:

1) 将直流保护系统的“三取二”出口逻辑回路与直流保护系统分开, “三取二”出口逻辑回路的故障检测功能单独设置, 为了确保直流系统在任何情况下都不失去保护, 两套“三取二”出口逻辑回路同时故障时应该采取闭锁极措施。

2) 在将直流保护系统与“三取二”出口逻辑回路隔离后, 直流保护系统故障仅用来闭锁本系统的所有出口回路。任一套直流保护系统运行正常, 都不应采取闭锁极措施。在三套系统同时故障时, 为了确保直流系统不失去保护, 应该采取闭锁极措施。

3) 采用新型的光发射模块替代原光发射模块, 使得测量故障排查工作可以在线开展。通过测量光发射模块的输出电压, 可以直接判断相应测量回路是否正常, 这将在很大程度上提高故障排查的效率, 并且将在很大程度上提高直流系统的可用率。

4 防范措施实施及效果

4.1 防范措施实施

根据现场的实际情况, 将“三取二”出口逻辑回路与直流保护系统分开的防范措施实施起来难度较大, 且工期较长, 对系统的影响较大, 因此系统改造不宜采取这项防范措施。同样, 两套“三取二”出口逻辑回路同时故障时应该采取闭锁极的防范措施也不宜采取。但对于新建的直流保护系统, 在设计阶段应该落实这两项防范措施。

采用“三套系统同时故障, 闭锁极”的防范措施实施起来比较简单, 只需将第三套直流保护系统的系统故障信号串接到原来的两套系统故障回路中就可以了。

修改前、后的逻辑回路如图4所示。

采用新型光发射模块替代原光发射模块的防范措施实施起来也比较简单, 新开发的LM3.1光发射模块就具备在线检测功能, 并且该型号的板卡与原来的LM3光发射模块完全兼容, 可以直接进行替换。

根据研究, 天生桥换流站于2008年7月5日在极1直流保护系统上落实了“三套系统同时故障, 闭锁极”的防范措施。于2008年7月15日从其它单位调配了一块LM3.1板卡。

值得注意的是直流保护系统 1 和系统 2 的系统故障也有可能是“三取二”逻辑回路故障所引起的, 为避免直流系统完全失去保护, 必须加强对直流保护系统的监视, 一旦“三取二”逻辑回路故障必须立即采取措施。

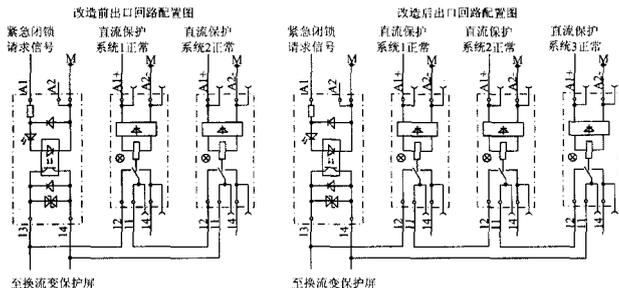


图 4 “三套系统同时故障, 闭锁极”

修改前后的逻辑示意图

Fig.4 The Original and Mended Logic Diagram of Pole-block

4.2 防范措施效果

天生桥换流站于 2008 年 7 月 5 日在极 1 直流保护系统落实“三套系统同时故障, 闭锁极”的防范措施后, 成功避免了 7 月 16 日和 7 月 18 日两次可能发生的极闭锁事件, 效果明显。

2008 年 7 月 18 日使用调配的 LM3.1 板卡更换原来的光发射模块后, 通过进行在线检测, 很快确定故障通道为 I_{dN} 采样回路。为随后的故障处理节约了大量时间, 效果明显。

5 结束语

本文通过对天生桥换流站发生的测量故障进行

(上接第 89 页 continued from page 89)

而且实现了可靠选线和安全快速并网, 并利用 PLC 的剩余 I/O 点可实现系统扩充。PLC 和准同期装置的通讯功能可使同期过程的参数记录更加方便。因此, 该同期控制系统适合于在广大变电站或发电站监控系统中推广以适应电站自动化进程的需要。

参考文献

[1] 李继晟, 郑蔚, 叶艳军. 一种新型的综合测控装置中同期功能的设计实现[J]. 继电器, 2005, 33(5): 56-58.
LI Ji-sheng, ZHENG Wei, YE Yan-jun. Design and Realization of Synchronization Function of Integrated Measuring and Control Device. Relay, 2005, 33(5): 56-58.

[2] 张海霞, 魏守平, 常黎, 等. 基于 PLC 的水电站同期选线控制研究与设计[J]. 继电器, 2004, 32(13): 48-50.
ZHANG Hai-xia, WEI Shou-ping, CHANG Li, et al. Study and Design of Quasi-synchronization Selector

深入分析, 暴露出直流保护系统所存在的问题, 并针对存在的问题提出了防范措施。通过采取这些防范措施, 一方面可以提高直流系统运行的可靠性, 减少不必要的闭锁事件; 另一方面可以提高直流系统的可用率, 减少经济损失。对今后的直流工程建设和直流保护系统提供了技术参考和运行维护经验。

参考文献

[1] SIMENS, DC Protection Maintenance Manual B4.351. TZ (Tian-Guang), 1999.

[2] SIMENS, DC Protection Software Design Report C3.351.TZ (Tian-Guang), 1999.

[3] SIMENS, DC Protection Hardware Design Report C2.351.T (Tian-Guang), 1999.

[4] 赵婉君. 高压直流输电工程技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

[5] 浙江大学. 直流输电[M]. 北京: 电力工业出版社, 1982.

[6] 陈立, 周翔胜, 林睿. 贵广直流系统双极相继跳闸事故分析[J]. 南方电网技术研究, 2007.
CHEN Li, ZHOU Xiang-sheng, LIN Rui. Analysis About Bipolar Sequential Trip in Gui-Guang HVDC System[J]. Southern Power System Technology Research, 2007.

[7] 田杰. 高压直流系统控制保护系统的设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2005.
TIAN Jie. Design and Realization of HVDC Control and Protection System[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005.

收稿日期: 2008-10-09; 修回日期: 2008-11-03

作者简介:

曹 鸿(1979-), 男, 学士, 助理工程师, 从事高压直流输电运行维护工作; E-mail: hong_cao@126.com

李书勇(1979-), 男, 硕士, 工程师, 从事高压直流输电运行维护工作。

Control Based on PLC in Hydropower Station[J]. Relay, 2004, 32(13): 48-50.

[3] 程彦, 杨振勇. 火力发电厂电气控制系统的设计及自动准同期的研究[J]. 电力设备, 2005, 6(12): 45-48.
CHENG Yan, YANG Zhen-yong. Design of Electric Control System and Study of Automatic Quasi-Synchronization of Thermal Power Plant[J]. Electrical Equipment, 2005, 6(12): 45-48.

收稿日期: 2008-02-25; 修回日期: 2008-03-15

作者简介:

张海霞(1979-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向为仪器仪表自动化; E-mail: zhx793@163.com

刘素一(1962-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为智能模糊控制;

张敬艳(1972-), 女, 本科, 高级工程师, 主要从事电力系统自动化及信息化管理工作。