

宝安换流站极控 COL 故障跳闸分析及改进方案

刘高峰¹, 陈勇²

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 许昌开普电气研究院, 河南 许昌 461000)

摘要: 根据宝安换流站的一次冗余极控系统的 COL 故障引起的跳闸事件, 通过现场实际情况的描述和对受损模块 PCB 板的详细观察和分析, 找到了导致故障的原因所在——电容击穿而产生的非极低阻性短路导致的模块被烧毁。并根据现场电气接线提出了 COL 安装接线和 COL 电源回路改进方案。新方案可很好地避免由前述类似单元器件故障引起的系统跳闸, 极大地提高了系统的可靠性和稳定性。

关键词: 极控系统; 冗余; COL; 跳闸; 电容击穿; 电源回路

Analysis of trip for COL fault of pole control and the improved scheme in Baoan converter station

LIU Gaofeng¹, CHEN Yong²

(1. XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China; 2. Xuchang KETOP Electrical Research Institute, Xuchang 461000, China)

Abstract: According to a trip event of redundant pole control system in Baoan converter station, based on onsite description and observation and analysis for spoiled COL module, we found out that a capacitor breakdown led to the COL fault. The capacitor breakdown produced a nonlinear and low resistance short circuit. This translated into that COL was burned down. An improved scheme is given for COL installation and power supply circuit in pole control cubicle. The improved scheme can avoid trip caused by COL fault, and greatly improve the reliability and stability of pole control system.

Key words: pole control system; redundant; COL; trip; capacitor breakdown; power supply circuit

中图分类号: TM77

文章编号: 1674-3415(2016)02-0151-04

0 引言

高压直流输电控制保护系统被誉为“直流输电的神经和大脑”, 实现对直流输电运行的自动控制和故障下的自动保护功能^[1], 其稳定运行与正确动作保障了直流输电系统的安全稳定和可控性。其中极控系统更是控制保护系统的核心部分, 承担着直流系统启动和停止、运行参数调整和传输功率调节等重要功能^[2-6]。

为了提高稳定性和可靠性, 在实际工程应用中极控系统均采用双重化冗余配置, 并配备切换逻辑(Changeover Logic, COL)硬件设备。主要作用是用于必要时极控主备系统间的无缝切换^[7]。

COL 模块的正常运行对控制保护系统的安全稳定运行起着至关重要的作用, 任何故障和设计上的疏忽都可能给现场运行带来风险和隐患。

1 故障情况及分析

1.1 故障描述

南方电网兴安直流投运以来, 在实施西电东送、促进区域资源优化配置和推动社会经济发展方面发挥了重要作用^[8]。

经查, 原因是极 1 极控系统 1 冗余切换逻辑模块 COL1 内部故障致烧毁, 并使与之通过自带插接端子相连的极 1 极控系统 2 冗余切换逻辑模块 COL2 模块也失去电源, 两个 COL 模块均停止工作导致极 1 两套极控系统均不可用而跳闸。

现场检查发现 COL1 模块已被烧毁, COL2 模块正常。更换 COL1 模块之后, 极 1 极控系统恢复正常运行。

故障 COL 模块现场照片如图 1 所示。

1.2 故障分析

外观检查发现, 故障模块气味刺鼻难闻, 外壳

与端子盖咬接处的梯形薄片已断裂，外壳的散热开孔一侧有栅栏横条断裂，留有发黑痕迹。取出模块内部 PCB 电路板，发现 PCB 板四个端子都有明显烧熔现象。具体可见图 2。



图 1 现场故障 COL 模块
Fig. 1 Fault COL module on site

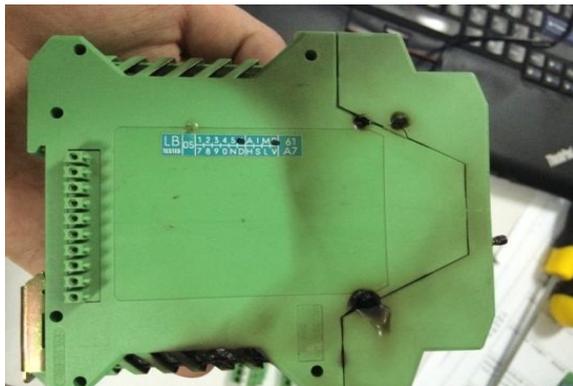


图 2 故障 COL 模块
Fig. 2 Fault COL module

正常 COL 模块 PCB 电路底层的电源层主要包含三块电源正极性区和两个专用信号的电平面。如图 3，红色区是 24V 电源正极性区，由端子 15 接

入；绿色区为 24V 正极性解耦输出区；蓝色框内为 3.3V 电源正极性区，是由 24V 正极性区解耦输出区电压转换得到，采用 1.5 mm 宽的短布线。端子 14、15 分别通过相应的正极性区平面连接到插接端子金手指管脚 B1、B2，然后分别连接到解耦二极管，经解耦输出以通孔方式直接连接到 24V 正极性解耦 C 输出区。

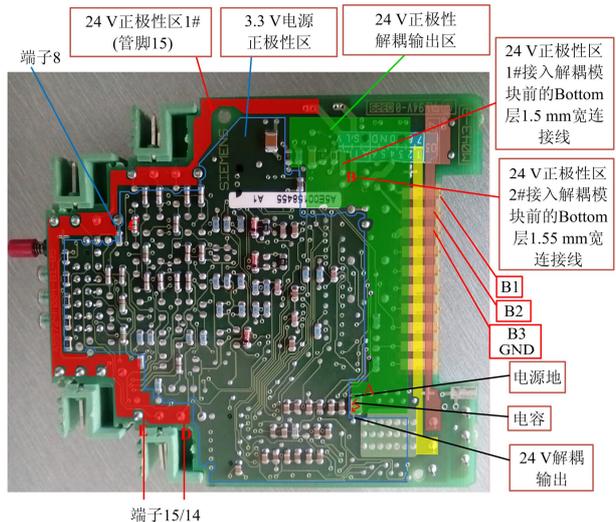


图 3 正常 COL 模块底层电源层分割示意
Fig. 3 Segmentation of power level at the bottom in normal COL module

正常 COL 模块 PCB 电路顶层的电源层主要包含两块，一块是 24V 电源正极性区(2#区)，与底层的 24V 电源正极性区(1#区)完全对称覆盖，由端子 14 接入；另一块是电源地平面，端子 8 和 PCB 电路插接端子金手指的 B3 管脚共同接入。

基于基本的 PCB 经验和电气检查，以及光学的手段，对故障模块 PCB 的电源层进行详细分析。由图 4 可知，烧熔区域在 24V 的电源层，PCB 表面材质已经烧坏，电路层明显受损。PCB 的 A、B 两点处都出现明显的鼓裂开的痕迹：A 处一个约 3.6 mm×3.6 mm 左右的方形凹陷区，发黑；B 处约 2.0 mm×8.4 mm 的长条形凹陷区，发黑。

A 处方形凹陷区恰好是一个电容的安装位置，而且电容本体外形也与凹陷区重叠，PCB 材质炭化厉害，说明有大电流流过。

由于 A 点电容近处是 24V 正极性区，1#区、2#区分别与 B1、B2 端子短接金属线的位置，烧熔厉害，断开了端子管脚 B1、B2 的电源输出功能，导致与之联接供电的另一块 COL 模块失电。

B 点也是 24V 正极性区，1#区、2#区与 24V 正极性解耦输出区金属性跨接的焊点处，也是故障

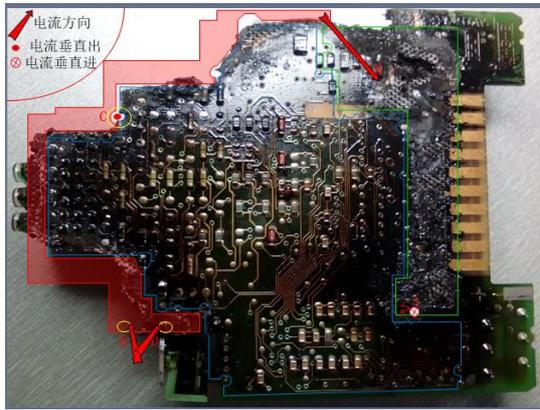


图 4 故障 COL 模块 PCB 底层电源层的损坏区示意
Fig. 4 Damage zone of power level at the bottom
in fault COL module

电流的汇入点, 烧毁严重。

24 V 电源正极性区长时间流过低阻负荷大电流, 使得本区域的热量持续累积, 从而引起对应位置 PCB 基材烧坏, 所以形成了一个“C”型区的破坏痕迹——PCB 中间部分是熏黑导致的效果。

因此, 短路电流的基本路径是由 D、E 处 PCB 端子 14、15 入, 经过红色 24 V 正极性区(1#区、2#区), 进入 24 V 正极性解耦输出区, 通过 A 处的电容进入宽大的地平面, 从 C 处流出 PCB 端子 8。

A 处的故障损伤点是电源正极性区通过电容返回电源地的交汇处, 是 24 V 电源正极性区最远端部分, 也位于可能的故障电流路径上, 故 A 处可能是初始故障发生点, 这样才能解释 PCB 材质烧坏的“C”型区特征。所以可推测 A 处的电容击穿是导致本模块故障的直接原因。

综上所述, 可判断故障 COL 模块 A 处电容击穿而产生的非极低阻性短路故障是该模块故障的基本原因。该处非极低阻性短路故障导致电容烧损, 进而蔓延至整个模块 PCB 板及塑料外壳。

该批次 COL 模块约生产于 2005 年左右, 实际投入使用已近 10 年。由于器件的寿命具有分散性, 故本次电容损坏应属个别。

2 极控系统 COL 模块回路改进方案

原设计中极 1 COL1 模块与极 2 COL2 模块通过模块自身插接端子进行电源和信号的连接。上述故障中 COL1 烧损了插接端子的连接, 致使 COL2 也失去电源不可用, 两 COL 均停止工作使得两冗余极控系统均不可用, 从而导致系统跳闸。所以模块间的电气回路连接方式, 也是造成本次系统跳闸故障的另一个原因。

为避免单一元器件故障造成系统停运, 最大程度减小故障影响范围, 极控系统冗余两 COL 模块的电气回路也应进行优化改进设计。

原两 COL 电源回路如图 5 所示, 两 COL 模块的电源及信号通过插接端子 B1、B2、B3 等进行连接。

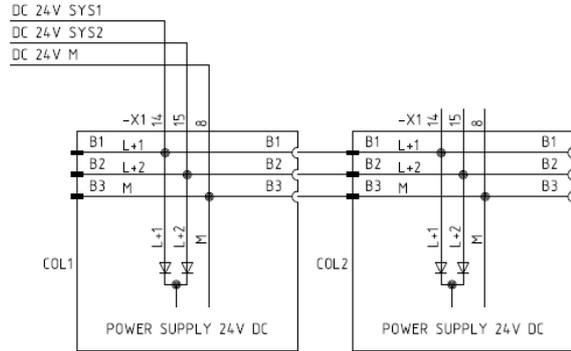


图 5 原两 COL 模块电源回路

Fig. 5 Former power supply circuit of two COL modules

对回路进行如下优化改进:

1) 两 COL 模块分开布置

即两 COL 模块在屏上安装位置分隔开, 从物理空间上减小单个模块故障对另一个正常模块的影响。

不再使用模块中间的插接端子连接, 原通过插接端子的信号现使用导线连接。

2) 两 COL 模块电源独立

即 COL1 模块只使用电源系统 1 的电源, COL2 模块只使用电源系统 2 的电源, 电源系统分别独立, 减小两模块相互间的影响。

两 COL 模块上的第二路电源输入均并接到第一路电源输入。

不再使用两模块中间的插接端子 B1、B2、B3 连接。

改后的两 COL 模块电源回路如图 6 所示。

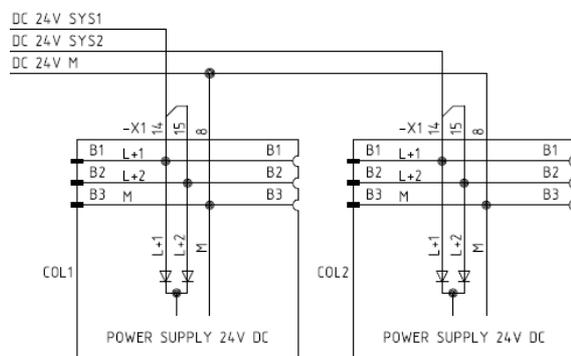


图 6 改进后两 COL 模块电源回路

Fig. 6 Improved power supply circuit of two COL modules

上述改进后,任何一个 COL 模块自身故障,都不会影响到另一个正常工作的 COL 模块。极大提高了极控系统的工作稳定性和可靠性,降低了故障情况下的跳闸风险。

3 总结

此次故障主要原因在于设备长年长期运行,PCB 元器件的自然老化偶发故障引起。现场运行维护工作人员也应该加强巡视和检查,及时发现和排除一些隐患。

改造后的回路能够保证在任何一个 COL 模块损坏的情况下,另一个 COL 模块不受影响,从而保证冗余极控系统中至少一套系统可用,不会影响整个直流系统的正常运行。

设备元器件在长期运行之后会有自然的老化,外部电气回路的设计应该能够使得单个元器件的故障影响限制在最小范围,尽量不能够影响整个直流系统的正常稳定运行。

参考文献

- [1] 赵畹君. 高压直流输电工程技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [2] 陈仕龙, 谢佳伟, 毕贵红, 等. 一种特高压直流输电线路神经网络双端故障测距新方法[J]. 电工技术学报, 2015, 30(4): 257-264.
CHEN Shilong, XIE Jiawei, BI Guihong, et al. A novel two terminal fault location method used ANN for UHVDC transmission line[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(4): 257-264.
- [3] 胡欢, 王国玉, 曾丽丽, 等. 双系统双网络通道架构下的 HVDC 冗余网络通信故障检测与控制的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(15): 103-110.
HU Huan, WANG Guoyu, ZENG Lili, et al. Communication fault detection and control research in dual system with dual network channel architecture of HVDC control and protection system[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(15): 103-110.
- [4] 高本锋, 张学伟, 刘辛晔, 等. 高压直流输电保护定值整定流程的研究[J]. 电工技术学报, 2015, 30(12): 400-407.
GAO Benfeng, ZHANG Xuewei, LIU Xinye, et al. Research of HVDC protection value setting process[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(12): 400-407.
- [5] 黄银龙, 乐健, 毛涛, 等. 一种新型的高压直流输电系统直流侧谐波电压测量方法[J]. 电工技术学报, 2015, 30(22): 144-152.
HUANG Yinlong, LE Jian, MAO Tao, et al. A novel measurement method of the harmonic voltage on the DC-side of HVDC transmission system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(22): 144-152.
- [6] 金鑫. 高压直流输电系统极控信号通信网络可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(12): 110-116.
JIN Xin. Reliability analysis on HVDC pole control signal transmission network[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(12): 110-116.
- [7] 刘敏, 姚致清, 张培珍, 等. COL 逻辑模块在直流输电控制系统中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(4): 137-140.
LIU Min, YAO Zhiqing, ZHANG Peizhen, et al. The application of the COL logic module in DC transmission control system[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(4): 137-140.
- [8] 曾丽, 郑伟, 郭乾晋. 兴安直流 2012 年度运行情况析[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(12): 131-136.
ZENG Li, ZHENG Wei, WU Qianjin. Operation condition analysis of Xing-an HVDC project in 2012[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(12): 131-136.

收稿日期: 2015-03-20

作者简介:

刘高峰(1978-), 男, 本科, 工程师, 从事高压直流控制保护开发及应用工作; E-mail: liugaofeng9793@163.com

陈勇(1981-), 女, 本科, 行业工程师, 从事自动化及保护设备行业管理工作。

(编辑 魏小丽)