

[故障分析]

STATCOM装置水冷控制器故障分析

文/广东电网有限责任公司东莞供电局 张承周 谢龙裕

对一起水冷控制器故障引发STATCOM装置闭锁跳闸的事件进行原因分析，通过一二次设备的检查情况，发现该STATCOM装置水冷控制器未按完全双重化冗余进行配置，背板通信故障将直接导致系统故障跳闸，提出了STATCOM装置水冷控制系统改造方案及运维建议。

STATCOM装置及水冷系统配置情况

500 kV某站1[#]、2[#]STATCOM装置分别经381、382开关直挂于35 kV 8M母线，并通过240 MV·A的专用变压器8[#]主变压器连接至220 kV系统。8[#]主变压器挂于220 kV 1 M正常运行，1[#]、2[#]STATCOM装置均处于稳态调压模式（目标电压231 kV，限幅-40~+40 Mvar）正常运行。故障前220 kV 1 M的电压为233.1 kV，1[#] STATCOM发出无功功率2.5 Mvar，2[#] STATCOM发出无功功率2.5 Mvar。

该站STATCOM由两套±100 Mvar STATCOM组成，其主要设备包括连接电抗器、阀组、水冷系统、控制系统和配电系统。每套STATCOM由3个阀组三角连接而成，每个阀组由26个功率单元串联而成，如图1所示。

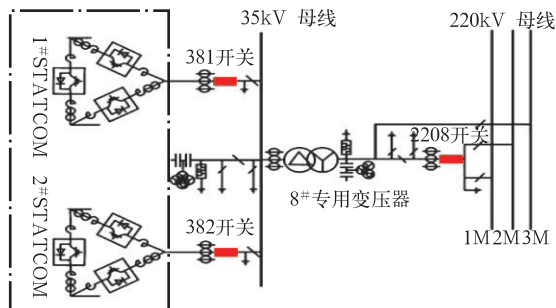


图1 ±200 MVar STATCOM装置接线图

STATCOM装置的阀冷却采用水冷方式，其阀冷却系统在集装箱中布置，每个阀组集装箱中安装了1个阀组和1套水冷系统，总共包括6个阀组集装箱和1个控保集装箱，控制集装箱内部配置了控制及保护系统等设备。6套水冷系统机械本体、管道结构等均相同；电气部分除通信部分有差异外，其余均相同，6套经CA-2水冷系统组网后通过一路Modbus与上位机进行通信。

STATCOM系统控制柜检测到阀组运行中水冷停止或者水冷保护装置发出的水冷系统综合故障时，水冷系统请求停机，并跳闸。水冷控制器故障等信号持续100 ms，则进入水冷保护逻辑，装置控制柜闭锁脉冲，系统控制柜跳闸。水冷故障的保护逻辑如图2所示。

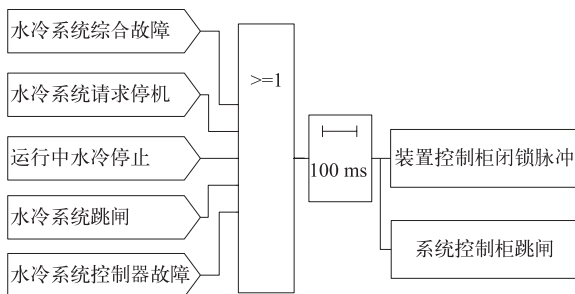


图2 水冷故障保护逻辑框图

故障情况

2021年1月20日11时45分,某500 kV变电站35 kV 2[#] STATCOM装置故障跳闸,后台机报“2[#]STATCOM 1[#]水冷系统控制器故障”,站内监控系统报“382开关分闸”“STATCOM2事故总信号”。

检查处理情况

1. 一次设备检查情况

技术人员对2[#] STATCOM三相阀组及水冷系统进行检查均无发现异常,其中2[#] STATCOM 1[#]水冷系统冷却水流量、进阀压力、进阀温度、主泵进口压力和缓冲罐液位均在正常范围,382开关跳闸前缓冲罐液位长时间稳定在670 mm,未发生液位突然下降的情况,不存在冷却水流量、进阀压力、进阀温度、主泵进口压力异常及水冷系统泄漏导致开关跳闸的条件。

2. STATCOM相关继电保护装置检查情况

检查35 kV 382开关保护、35 kV 382开关辅助保护和8[#]主变压器保护,各保护装置运行灯正常,保护跳闸灯熄灭,在2[#] STATCOM 382开关跳闸期间未发生保护装置动作记录。

检查STATCOM独立配套的故障录波装置,未发现任何故障记录,STATCOM所接的220 kV母线电压和35 kV母线电压录波记录正常,未出现电压下降。由此可判断本次382开关跳闸并非因一次设备相间短路或绝缘降低造成接地等故障所引起。

检查主控室内的STATCOM监控后台报文,在1后台报“382开关分位、2[#] STATCOM 1[#]水冷系统控制器故障、2[#] STATCOM停止运行”,接报“装置控制柜2的控制器2检测到故障”。从报文可分析判断,“2[#] STATCOM 1[#]水冷系统出现故障后,满足2[#] STATCOM的跳闸逻辑,进而跳开382开关,2[#] STATCOM闭锁脉冲停止运行。”

3. 水冷系统控制器检查

技术人员对2[#] STATCOM的1[#]柜水冷系统控制柜进行检查,发现冗余配置的CPU A与CPU B均故障且SF灯常亮,BF闪烁。IM153A接口模块与IM153A接口模块的SF灯常亮,BF闪烁,DI数字量输入模块信号指示灯部分点亮,尝试重起故障CPU A与CPU B,多次试验均未成功,尝试后重起水冷

控制系统,仍处于故障状态,如图3所示。



图3 水冷控制系统故障状态

现场按照以下步骤进行故障查找。

(1) 诊断信息采集

采用STEP7程序诊断采集CPU A与CPU B的故障诊断信息,诊断结果为:当CPU A为主时,发生DPA从站及IO模块丢失导致CPU A停机;CPUB同样诊断出DPB从站及IO模块丢失导致CPUB停机。

(2) CPU模块更换

将水冷控制系统断电,将故障CPU A拆除,更换为备用的CPU(旧CPU A送回厂家进行检测),将旧CPU存储卡插入更换的CPU内,安装完毕确认接线无误后上电,通过计算机无法读取数据,怀疑存储卡损坏,更换备用的存储卡,并更新下载用户程序后,数据连接正常,但新CPU A仍无法起动。

(3) DP接头连接检查

通过STEP7程序将空用户程序下载到新更换的CPU A,CPU A起动运行,检测DP接头连接PC端正常;然后将该空用户程序更新至CPU B,CPU B起动运行,检测DP接头连接PC端正常,确认CPU均正常,与IM153B连接的DP接头正常。

(4) 水冷系统的IM153接口模块检查

将水冷控制系统断电,将故障IM153A与IM153B拆除,并将其更换至另外一套正常的水冷控制系统,恢复上电后均恢复正常,确认故障水冷系统的IM153接口模块均正常。恢复两套水冷系统的各自模块与接线。

(5) 通信模块检查

将水冷控制系统再次断电,将连接IM153A与IM153B的背板通信模块拆除,更换备品,恢复上电后整套水冷系统恢复正常。确认导致双CPU故障的原因是背板通信模块故障。

(6) 更换完成后重起水冷系统工作正常,设备缺陷已消除。

故障原因分析

该站STATCOM装置水冷控制系统采用PLC-300冗余CPU的模式，对于CPU做了冗余配置，提高了系统的可靠性，但对于输入输出的通信模块没

有再做冗余，当模块出现故障时，输入输出信号控制失效，同样引起设备停机，发出跳闸信号，如图4所示。

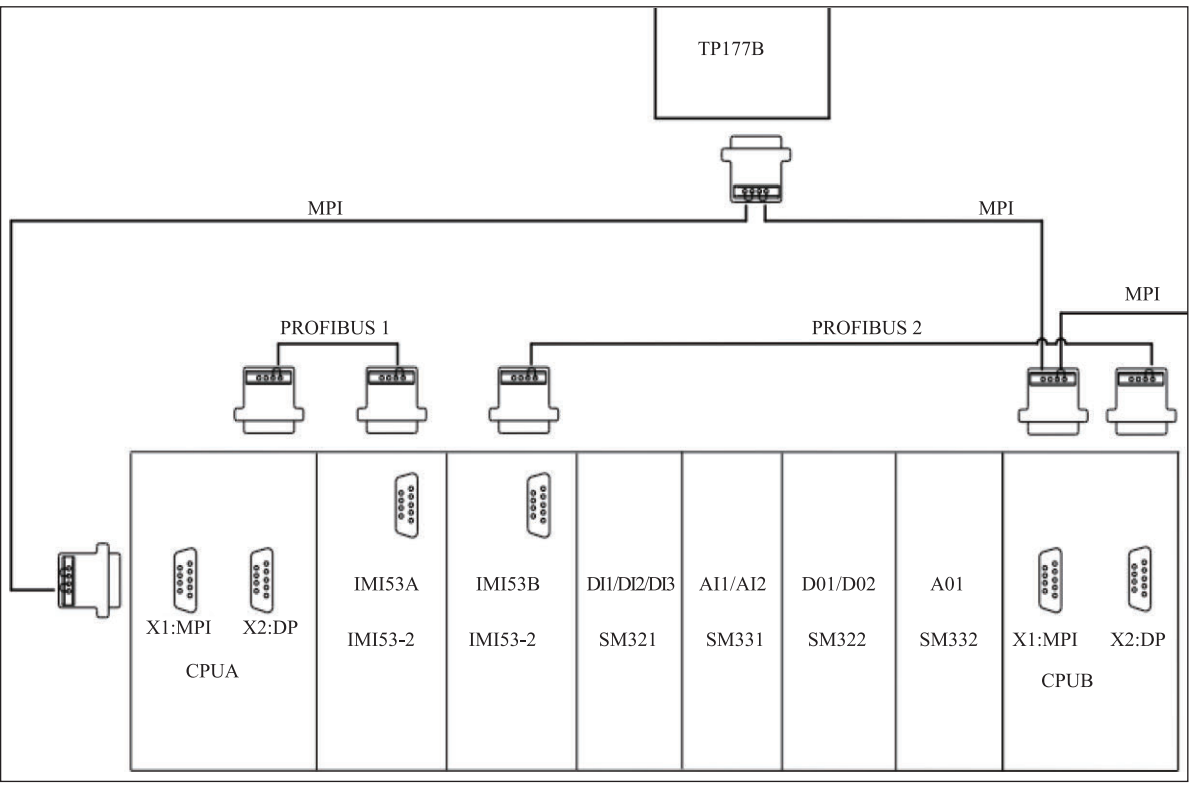


图4 水冷控制系统连接图

对于软冗余系统的水冷系统，当CPU A出现上述故障时会自动切换至CPU B运行，以保证水冷系统运行的可靠性，同时出现两个CPU 故障的现象极少发生。

水冷软冗余控制系统的IM153接口模块采用冗余配置，当IM153A出现模块故障或供电回路故障时，自动切换至IM153B工作。

控制系统的I/O模块单一故障不会导致双CPU停机，排除上述因素，根据CPU故障BF指示灯显示以及现场 CPU的故障诊断信息可知，CPU双停是由IM153接口模块及IO模块的通信故障引起的。

控制系统的冗余IM153接口模块通过背板通信接连，并与 I/O 模块的背板进行连接，由于背板通信模块采用串联式连接，为单一配置。一旦背板通信模块出现故障，则将导致双 IM153 模块与 I/O 模块的通信中断，从而导致双CPU停机。此时，水冷

系统无法正常运行，STATCOM发出跳闸命令跳开382开关。

运维提升措施

- 1) 将故障通信背板及CPU A模块进行返厂分析，排查CPU模块存在的设备安全隐患，对背板故障原因进行分析，防止同类跳闸事件发生。
- 2) 提前购置相关备品备件，结合STATCOM年度定检评估水冷控制器CPU及通信模块，必要时更换。
- 3) 考虑该站水冷控制系统已运行10年之久，设备进入老化期和故障频发期，存在安全隐患，为保证设备的稳定运行，须立项对水冷系统进行双重化冗余改造，避免因控制系统单一元件故障导致系统故障停机。EA

(收稿日期：2021.08.31)