

一起开关拒动事故的分析处理

吴百合

国家能源集团宿迁发电有限公司 江苏 宿迁 223800

摘要: 通过一起开关合闸失败且开关分闸拒动事故的分析处理, 解决某电厂FC真空接触器开关的设备可靠性问题, 避免开关拒动事故的再次发生。

关键词: FC真空接触器开关; 合闸失败; 分闸拒动

Analysis and Treatment of a Switch Rejection Accident

Wu Baihe

National Energy Group Suqian Power Generation Co., LTD. Jiangsu Suqian 223800

Abstract: Through the analysis and treatment of a switch closure failure and a switch separation rejection accident, to solve the equipment reliability problem of the FC vacuum contactor switch in a power plant, to avoid the recurrence of the switch rejection accident.

Key words: FC vacuum contactor switch; Closing failure; Switch

引言:

2020年12月23日, 某电厂#3机组外围脱硫系统启动脱硫球磨机, 开关故障启动失败无法分闸, 负载所在母线进线开关跳闸且厂用电快切闭锁备用电源未投用, 母线失电, 锅炉失去燃料MFT保护动作, 机组跳闸。

1 事件经过

某电厂#3机组为单元制接线, 厂高变为分裂变, 次级为小电阻接地方式。机组中压6kV母线为6kV-3A、3B两段母线, 未设中压6kV脱硫段, 除码头、输煤系统外, 设备均接在主厂房中压母线上, 中压母线每段34个间隔。低压母线汽机、锅炉各两段, 400V-3A、3B汽机段和锅炉段, 保安段两段母线分别取自汽机段, 锅炉段作备用。柴油发电机作两段保安段备用电源。机组UPS两套电源, 有3A、3B-UPS出线柜。控制系统为110V直流电源。两台机组4段6kV母线共使用52台CVX-7型FC真空接触器, 输煤、码头共使用19台, 一共71台CVX-7型FC真空接触器。

12月23日13:34, 脱硫人员启动6kV-3B段上34A脱硫球磨机, 并电话汇报值长同意。球磨机电机900kW, 电机额定电流107A, 电源开关为CVX-7型FC真空接触器, 熔丝额定电流315A。此时机组运行方式为机组负荷550MW, 3A、3B、3D、3E、3F磨煤机运行(3C磨大修), 双送、引、一次风机运行, 脱硫34A(电源为6kV-3B段)、34B(电源为6kV-4B段)湿式球磨机热备用, 高压厂用电6kV-3A段、6kV-3B段正常运行于3号厂高变侧, 02启动变正常运行, 6kV厂用电备用电源正常联备, 6kV快切装置正常投运。

13:34:32 脱硫人员DCS合闸启动34A球磨机, 就地发现

球磨机滚筒动了一下, 电机有嗡嗡的异常声。13:34:38 电机电流为160A, 未正常返回, 正常运行电流80~83A, DCS手动停运无效, 13:36:12就地事故开关分闸无效。13:38电话汇报值长。运行人员查看画面发现6kV-3B段母线电流增大, DCS画面6kV-3B段进线开关电流由1188A左右上升至1549A左右, 电流上升360A, 故障录波器报警发出, 启动瞬间B相电压由3.52kV波动至3.42kV。

13:39:01, 发变组厂高变保护T35B分支零序过流保护动作出口, 6kV-3B段工作进线断路器跳闸, 快切装置闭锁6kV-3B段厂用电快切, 母线失电。3B段负载B、D、F磨煤机失电跳闸; 给煤机3E、3A运行信号消失。

13:39:02, 机组跳闸, 锅炉首出为“炉全燃料丧失”, 机组横向保护动作正常, 6kV-3A段厂用电切换正常。

2 检查情况

2.1 检查SOE记录及DCS曲线, 6kV-3B段母线失压导致B、D、F磨煤机及其他6kV-3B段负载跳闸, 3B保安电源短暂消失, 热控220V配电电源切换(保安电向UPS切换), 切换期间热控220V负载出现短暂失电(40至50毫秒), A、E给煤机运行信号消失, 6层燃料丧失信号全部发出, MFT动作。

2.2 脱硫34A湿式球磨机电机烧毁。球磨机电机本体损坏, 外壳脱落。检查开关综保装置保护启动, 记录显示34A脱硫球磨机电机保护动作正常。开关合闸后保护启动(只计时), $I_a=338A$, $I_b=212A$, $I_c=130A$, 电流不平衡。2秒后, CT断线报警, C相断开($I_a=600A$, $I_b=600A$, $I_c=0$), 负序一段、二段、长启动、过负荷等保护相继动作, 开关均未跳开^[1]。

2.3 将34A脱硫球磨机电源开关拉至检修位置,检查发现34A脱硫球磨机电源开关损坏,其中C相开关接点支撑处外保护绝缘层局部崩裂脱落、A相开关接点支撑处外保护绝缘层有裂纹且支撑柱有松动并向内倾斜。

2.4 检测开关三相接触电阻分别为 $2440\mu\Omega$ 、 $2430\mu\Omega$ 、 $2520\mu\Omega$,接触电阻均已超标12倍多(标准是不大于 $200\mu\Omega$);分析为开关不到位后动静触头击穿接通一次回路后大电流烧坏主触头。

2.5 检查开关柜内一二次回路接线正确,接线紧固;开关在试验位置,开展分合闸试验,均能够正常完成分合闸;开展开关保护校验,保护均能够正确动作出口动作;开展CT伏安特性测试,测试数据符合要求。

2.6 测6kV-3B段母线和3号厂高变B分支绝缘,测量6kV-3B段母线绝缘合格对地绝缘 $18G\Omega$,相间绝缘 $15G\Omega$,测量3号厂高变6kVB侧对地绝缘 $22G\Omega$,均合格。恢复6kV-3B段母线送电。对开关室内其它同型号开关进行外观及状态检查,未发现异常。

2.7 保护动作情况

- ① 13:34:32.0,保护启动,电流从无到有, $I_a=338A$ 、 $I_b=212A$ 、 $I_c=130A$,计时不出口;
- ② 13:34:34.3,CT断线告警, $I_a=600A$ 、 $I_b=600A$ 、 $I_c=0A$,报警发出;
- ③ 13:34:35.1,负序一段保护动作, $I_a=600A$ 、 $I_b=600A$ 、 $I_c=0A$,跳闸发出开关未动作;
- ④ 13:34:35.5,负序二段保护动作, $I_a=600A$ 、 $I_b=600A$ 、 $I_c=0A$,跳闸发出开关未动作;
- ⑤ 13:34:38,过热保护告警,告警发出;
- ⑥ 13:34:56,长启动保护动作,跳闸发出开关未动作;
- ⑦ 13:34:57,过负荷告警,跳闸发出开关未动作;
- ⑧ 13:39:00.4,厂高变B分支零序过流I段启动;启动开始1.2S计时,跳B分支工作,闭锁快切;
- ⑨ 13:39:00.8,零序过流I段保护动作,0.4S跳闸发出开关未动作;
- ⑩ 13:39:01.6,厂高变B分支零序过流I段动作,跳B分支工作,闭锁快切,6kV3B段工作电源进线开关跳闸;
- 11 13:39:01.7,厂高变保护返回,快切闭锁。

3 原因分析

梳理事故逻辑过程:34A脱硫球磨机启动时,电机开关未合到位,从启动电流可知,启动后2.3s,C相电流为0,A相、B相电流为600A,就地电机动了一下后有嗡嗡声,与缺相启动的故障现象相符。持续大电流,电机发热,电机B相击穿接地,发展成6kV-3B段母线接地,由于开关未合闸到位且合闸回路自保持,开关位置辅助接点未变位,串接在跳闸回路中的开关位置辅助触点未能接通,导致电机开关跳闸回路无法接通,开关拒动,6kV分支零序电流保护动作导致越级跳闸。6kV-3B段失电,B、D、F磨煤机跳闸后,同

时3B段保安电源短暂消失,热控220V配电柜由保安电向备用的UPS电源切换过程出现电源短暂消失(切换过程是先断后合,切换时间40ms左右),导致A、E给煤机运行信号消失,锅炉失去燃料MFT动作^[2]。

发生开关合闸故障且拒动事故后,在现场对开关进行故障排查,同时在试验位置进行分合闸试验1700余次,故障现象未重复发生,将故障开关返厂进行相关检测并进行故障分析。故障排查情况如下:

3.1 开关合闸不成功原因为:该开关三相真空灭弧室超程均偏大(标准范围是0.5-1.5mm),A、B相接近1.5mm,C相为1.6mm。因超程偏大,引起开关合闸不成功,合闸时A相、B相接通,C相未接通。

3.2 分闸回路失效原因为:开关位置辅助开关机械联动机构配合不好,未跟随开关分合闸状态实现正确变位。

3.3 开关未全合且合闸自保持原因为:DCS合闸指令(2s)执行完成后,开关未合闸到位,开关位置辅助开关未变位,合闸自保持使得合闸中间继电器KA1仍然带电,开关保持在半分半合状态。

4 整改提升

结合原因分析,从以下几个方面进行缺陷整改提升:

4.1 对现场所有该型号FC真空接触器开关真空灭弧室超程进行复测,厂家该型号产品超程标准值为0.5mm-1.5mm,对不符合标准的开关进行超程调整。

4.2 对该型号FC真空接触器开关进行辅助开关机械联动位置配合确认,保证辅助开关随开关的分合闸状态变化可靠变位。

4.3 取消综保装置操作板合闸自保持回路。当开关出现合闸不到位时,自保持回路不存在“使合闸回路一直接通”的可能,便于弹簧结构将开关返回至分闸位置^[3]。

4.4 对现场的FC真空接触器开关二次控制回路进行改进,解决合闸中间继电器KA1异常带电保持不能靠弹簧自力分闸的问题。增加合闸回路故障带电时的分闸中间继电器KA3,“S16+分闸线圈”支路上并联“KA1开接点+KA3继电器”回路,合闸回路中串联KA3常闭接点,防止KA1继电器异常带电保持,造成无法分闸。中间继电器KA1、KA2、K21上并联电阻,避免异常扰动引起继电器误动。防跳回路并联KA3开接点,当合闸指令一直存在时,KA3动作后启动防跳回路,在合闸回路中形成一个可靠的断开点。在分闸线圈TC回路中“KA1开接点+KA1开接点”上再并联一组“KA1开接点+KA1开接点”,防止开关误动的同时,也能防止开关拒动。合闸监视回路改接至KA1继电器回路,分闸监视回路改接至分闸线圈TC回路。分闸线圈TC烧损时能及时发出报警,便于开关安全使用。

4.5 加强开关的维护管理。操作次数每10000次或每两年(以哪个先到为准),对开关进行全面维护,关键性能指标应合格,合闸时间 $\leq 250ms$ 、分闸时间 $\leq 100ms$ 、合分闸同

期性 $\leq 2\text{ms}$ 、回路电阻 $< 350\mu\Omega$ 、超程 $0.5\text{mm}-1.5\text{mm}$ 、耐压测试工频 30kV 持续 1min 合格。

4.6 编制 6kV 电动机启动异常应急事故预案。 6kV 电动机启动时存在启动异常的风险,电动机可能缺相启动,5至8倍的缺相启动电流3至4分钟内即可造成电动机的烧毁爆炸,引起不可控的严重后果,为此 6kV 电动机的启动异常处理要点现场所有人员必须熟练掌握,切实提升设备开关拒动、 6kV 母线失电等典型故障应急处置水平^[4]。

4.7 采取整改措施后,开关二次回路变复杂,应重视该型号开关的缺陷管理工作,确保开关缺陷得到及时发现,及时处理。另外,在主要辅机设备消缺时,要制定有针对性的预防措施,如本机组非正常运行方式时,减少 6kV 母线负载启动,减少扰动;主要辅机消缺检修结束后,立即验收,并恢复正常运行方式。

4.8 建议考虑采用可靠性高的开关替代该类型开关,逐步完成71台开关更换工作。研究厂用电优化方案,降低厂用电系统故障风险。

4.9 对热工配电柜电源供电方式进行梳理排查,及时发现和消除设备隐患。对已暴露有问题的热工双电源制定防范措施,不能躲过延时切换的给煤机等重要设备要有专门的电

源供电方案,防止在电源切换时,信号丢失。

结束语

开关合闸失败造成电机缺相启动,大电流导致电机过热发生接地故障,同时由于开关的拒动最终造成母线失电,进而发展成机组跳闸,可见开关拒动故障不可轻视,发生后要面对严重故障和事故扩大。通过对该型号FC真空接触器开关故障的分析处理,排查发现该型号开关在安装制造、二次回路控制方面均存在不少缺陷和不足,采取积极的措施后有效提高该厂同型号共计71台开关的设备可靠性,对该发电厂安全生产工作有较好促进。

参考文献

- [1]廖文彪.一起 10kV 馈线开关拒动的原因分析及整改措施.黑龙江电力,2020(4):173-176页.
- [2]陈廷章等.空压机开关拒动烧机原因分析及治理.产业与科技论坛,2014.(13).13:69-70页.
- [3]洪康福. 6kV 真空接触器拒跳的原因和解决措施. 电气时代, 2004.(7):120-121页.
- [4]许超. 出线开关拒动致 35kV 全站失电的分析. 电工电气,2020(9):33-37页.

