三、设备老化（5起）

（一）某某某电网某某供电局“5.6”110kV洛文线开关拒动三级电力安全事件

1. 事件经过

2018年5月6日15时15分，220kV洛基站110kV洛文线发生A相接地故障，差动保护、接地距离Ⅰ段和零序Ⅰ段保护动作跳闸，110kV洛文线1123开关重合成功，因存在永久性故障，差动保护、零序不灵敏I段和距离后加速永跳出口，1123开关拒动。中后备零序I段2时限保护动作，#1主变中压侧1101开关跳闸；#2主变中压侧1102开关中后备保护零序过流Ⅰ段1时限保护动作，110kV母联1100开关同时跳闸，220kV洛基站110kVⅠ段母线失压。事件前运行方式见图3-3-1。

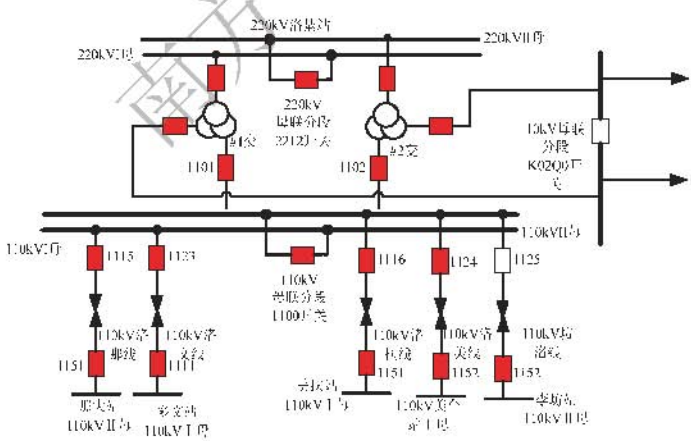


图3-3-1 事件前220kV洛基站运行方式

同时造成上一级线路110kV那大站110kV洛那线零序IV段出口永跳，1151开关跳闸；110kV美台站110kV洛美线接地距离III段和零序IV段保护出口永跳，1152开关跳闸。

110kV洛文线巡视发现，P68杆A相U型环断裂导线掉落（见图3-3-2）。

图3-3-2 110kV洛文线P68杆A相U型环断裂导线掉落

220kV洛基站二次设备检查、测试发现，110kV洛文线保护装置、保护屏上的回路无明显异常。在没有进行任何处理之前，进行了3次保护后加速带开关传动试验，开关均能正确跳、合闸。进一步对二次回路进行检查，发现SF_6压力闭锁继电器K3的跳、合闸接点有老化腐蚀、氧化现象（见图3-3-3）。

图3-3-3 继电器K3的跳、合闸接点老化腐蚀、氧化

2. 事件定级

依据公司《电力事故事件调查规程》表A2（31）“故障时，110kV开关拒动”，定为三级电力安全事件。

3. 原因分析

110kV洛文线线路发生接地故障，差动保护动作跳闸，重合闸动作合闸；由于110kV洛文线为接地永久性故障，差动保护永跳出口，110kV洛文线开关拒动，导致#1主变低压侧开关、110kV母联开关跳闸，110kV #1母线失压。

4. 暴露问题

线路上的附件老化难以及时发现及时处置，海南高温、高湿、高盐密度运行环境下，断路器操作机构箱内各设备接头，触点等部位容易发生氧化锈蚀，且较为隐蔽，日常巡视和一般试验不易发现，导致处置不及时。

（二）某某发电有限公司“6.18”A厂500kV AB联络线非计划停运三级电力安全事件

1. 事件经过

2018年6月18日23时51分，A厂500kV 5003断路器由冷备用转运行操作。当运行人员执行50032隔离开关合闸操作时，在50032合闸过程中（5003断路器处于断开位置），广蓄A厂500kV AB联络线主一及主二差动保护动作，跳5002、5003（处于分位）断路器C相，#2母线主一及主二差动保护动作，跳

5003、5004三相断路器（均处于分位）；广蓄B厂500kV AB联络线主一及主二差动保护动作，跳5007（处于分位）、5008断路器C相。

广蓄B厂5008断路器重合后，B厂侧500kV AB联络线主一及主二差动保护因再次检测到C相故障而动作，跳5008断路器三相；广蓄A厂侧由于5003断路器处于分位，5002断路器C相处于分位，无故障电流，保护未启动出口（断路器分位，仅向对侧发允许信号）。广蓄A厂#2母线主一及主二差动保护再次动作，跳5003、5004三相断路器（均处于分位）。A厂5002断路器C相分位时间满足本体三相不一致动作延时后，由本体三相不一致继电器动作跳开断路器三相。

广蓄A厂：500kV 5001、5004断路器因其保护改造处于检修状态，5003断路器处于冷备用状态（进行传动试验），5002断路器正常运行；500kV蓄北线检修，AB联络线正常运行；#1、#2主变空载，#3、#4主变停运；#1~#4机组停机。主接线图见图3-3-4。

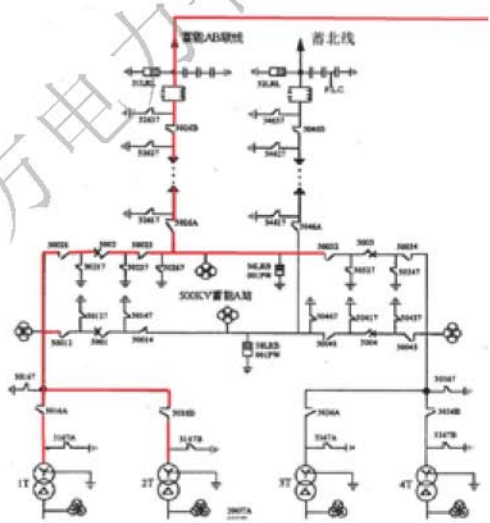


图3-3-4 主接线图（红色为带电部分）

南方电力书店

2. 事件定级

依据公司《电力事故事件调查规程》“500kV输电线路非计划停运24h以上7日以下”，定为三级电力安全事件。

3. 原因分析

50032隔离开关在合闸操作过程中可能产生过电压，过电压使5003断路器下部断口发生对地击穿短路（击穿部位是均压环或绝缘拉杆），因此时隔离开关还未完全合闸到位，短路故障电流（两次短路电流均在12kA左右）使隔离开关断口弧光放电（见图3-3-5）。

图3-3-5

4. 暴露问题

（1）受现有维护方式的影响，对运行超过20年以上的500kV GIS设备的运行状态评估及运维经验存在不足。

（2）广蓄A厂500kV GIS断路器、隔离开关备品备件不足（依据网公司A类备品定额标准，广蓄不备有500kV GIS备品），设备故障发生后没有足够的备品备件。

（三）某某供电局某变电管理所“8.22”500kV北郊站#2主变保护误动三级电力安全事件

1. 事件经过

2018年8月22日5时50分51秒，500kV北郊站#2主变三侧开关跳闸。

现场检查#2主变电量保护装置无动作，变高5021开关、5022开关、变中202A、202B开关断控保护无动作，#2主变三侧开关及主变本体外观无异常。

试验人员#2主变本体取油样，油试结果合格。进行#2主变故障后电气试验，试验合格。检查#2主变本体瓦斯、有载瓦斯继电器正常；对有载瓦斯回路摇绝缘试验：采用1000V摇表，测试回路对地绝缘正常；采用1000V摇表测试两端子间绝缘，在#2主变冷却器总控制箱发现#2主变有载瓦斯回路绝缘降低。

对#2主变非电量保护本体二次回路进行回路绝缘测试，测试结果显示有载重瓦斯回路绝缘低，数值接近0刻度。逐段排除故障，最终故障定位在#2主变端子箱C相有载重瓦斯回路63Q1、63Q2（见图3-3-6）。

对拆下来的端子进行分析，端子63Q1、63Q2之间的垫片断裂为两小块，对绝缘垫片的裂缝进行微观形态检查，如图3-3-7所示，发现其断口为脆性断裂，判断为运行时间长（约18年）引起垫片材料脆化导致。

综合以上情况，判断事件原因为二次端子箱在长期运行中端子间绝缘垫片出现裂纹、端子锈蚀及镀锌层脱落、天气潮湿等综合因素导致端子间绝缘降低，变压器有载分接开关重瓦斯

南京电力学院

保护出口跳闸。

图3-3-6 #2主变端子箱C相有载重瓦斯回路

图3-3-7 端子排

南方电力书店

2. 事件定级

依据公司《电力事故事件调查规程》（2014版）中“（33）继电保护、开关或安全自动装置误动”中“500kV以上继电保护、开关及安稳装置误动”，定为三级电力安全事件。

3. 原因分析

（1）直接原因

#2主变端子箱C相有载重瓦斯回路绝缘老旧裂化，端子及绝缘垫片有积尘，潮湿天气时端子间绝缘降低，导致#2主变有载重瓦斯保护出口跳闸。

（2）间接原因

作业表单中针对端子箱的巡视、清扫维护作业要求不明确、不完善，导致运维人员未能及时发现绝缘垫片裂纹、二次端子锈蚀。

4. 暴露问题

（1）一次设备所属二次部分规范运行状态评估及使用寿命评估的要求不完善，缺乏对一次设备二次部分设备运行状态及使用寿命评估的规范要求。在公司范围内，也缺乏端子箱的改造周期和改造标准，同时也缺乏端子箱日常维护工作标准。

（2）作业标准不完善，端子箱巡视检查及清扫等要求未明确，未能及时发现端子排积污、开裂隐患。

5. 整改措施

（1）逐步安排更换北郊站#1、#2主变端子箱端子排。组织开展主变端子箱、断路器、隔离开关等端子箱巡视检查，对

南方电力书店

状态欠佳的端子箱、端子排应及时上报，并及时进行更换、维护处理，对箱内加热器故障情况及时消缺。

（2）组织编制一次设备相关二次部分（端子箱、二次回路等）技术规范。全面规范其设计、材质、材料等要求，优化维护、检修、技改等策略要求，明确其运行状态及使用寿命评估的规范要求，强化一次设备附属二次部分的技术管理。

（3）完善端子箱巡视、维护相关标准。编制端子箱维护工作标准和作业表单，明确维护周期和具体要求，规范端子箱维护工作。

（4）明确户外端子箱和主变端子箱技改更换策略。参照二次设备改造周期（一般为12年），结合主变保护改造，应对主变端子箱进行改造，确保功能可靠。对于现存的超过12年未更换的端子箱，应加强监视和检查，根据设备的重要度以及端子箱的健康度，按照轻重缓急的原则制定更换计划。

国家电力监管

（四）某某某电网某某供电局“10.11”500kV曲江站500kV第三串联络5032开关误跳三级电力设备事件

1. 事件经过

10月9日10时21分，中国能源建设集团某某火电工程有限公司在500kV曲江变电站开展“新稳控屏柜接线及相关运行屏柜二次电缆敷设、穿入、排线”工作，工作负责人董某某，工作计划时间：2018年10月10日9时00分至2018年10月21日18时00分。

10月11日15时08分，董某某和黄某某、费某到5032总控箱敷设5032总控箱内电缆。

15时40分，黄某某和董某某完成5032总控箱电缆穿入工作后，董某某检查了箱内封堵完好，无遗留物。

15时45分，董某某交代黄某某关闭5032总控箱内门。黄某某在关闭内门时，听到现场开关跳闸声音，现场运行人员费某立即通知作业人员停止工作。

15时57分，值班负责人钟某某向运行专责胡某某汇报5032开关跳闸情况，保护无动作信息，开关本体三相不一致动作。

16时35分，继保人员姜某、张某某到达现场，根据后台信息、故障录波图及施工人员描述的情况，判断最有可能为开关本地第二组三相不一致时间继电器导致开关跳闸，随后填写工作票查找图纸，对5032总控箱两组三相不一致回路进行检查，随后更换第二组时间继电器，重新检查回路无异常后上报处理结果可以送电。

18时57分，500kV第三串联络5032开关由热备用转运行。

2. 事件定级

依据公司《电力事故事件调查规程》（2014版）中“（33）继电保护、开关或安全自动装置误动”中“500kV以上继电保护、开关及安稳装置误动”，定为三级电力设备事件。

3. 原因分析

开关本体三相不一致时间继电器K35老化（2007年7月投运），其接点可靠性降低，在作业人员关门时，受到垂直震动

南方电力评析

接点抖动闭合，导致三相不一致出口继电器K37动作出口（见图3-3-8）。

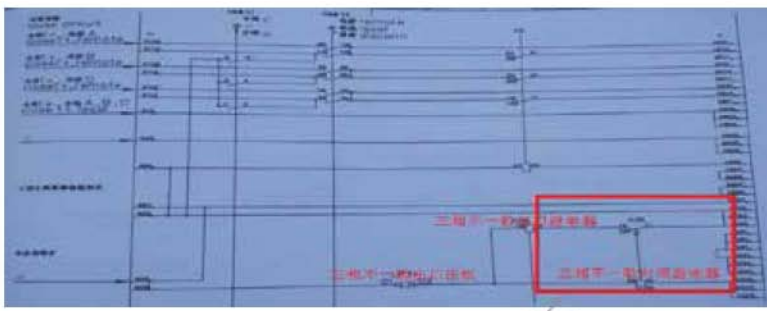


图3-3-8 三相不一致时间继电器K36回路图（K35同）

现场检查5032开关总控箱内门，在打开、关闭内门时继电器会产生垂直方向震动，存在总控箱内门震动时三相不一致时间继电器11-14接点抖动闭合，启动本体三相不一致继电器K37的可能性。为重现故障，继保人员现场对5032开关三相不一致时间继电器K35做震动试验40次，水平试验20次，垂直试验20次，水平震动试验未见异常，垂直震动试验，接点闭合13次，动作概率65%；将全新的三相不一致时间继电器（备品）与5032开关三相不一致时间继电器K35同时进行垂直震动试验20次，全新的三相不一致继电器未出现异常，而5032开关三相不一致继电器K35则13次出现接点闭合情况。

4. 暴露问题

开关柜内的继电器布置存在误动风险。三相不一致继电器作为出口继电器安装在了可活动的内门上，给继电器的运行增加了风险。

（五）某某某电网某某供电局“10.19”500kV施秉变500kV施黎乙线5022断路器误动三级电力安全事件

1. 事件经过

2018年10月19日1时31分06秒825毫秒，500kV施秉变5022断路器A相跳闸，经1402ms后重合闸动作成功，开关合上。除断路器重合闸动作外无其他保护动作。

1时31分36秒178毫秒，500kV施秉变5022断路器A相跳闸，经1402ms后重合闸动作后，A相再跳闸、然后B、C相又跳开（沟通三跳动作），断路器三相分位。操作箱第一组跳B相、跳C相灯点亮，重合闸灯点亮，除断路器保护重合闸动作外无其他保护动作。

因录波显示电流电压均正常且现场检查情况无异常，判断一次设备未发生故障。在开关跳闸时发“500kV 5022开关低气压闭锁”信号。

故障设备信息：

500kV施黎乙线5022断路器：设备型号：HPL550B2，生产厂家为北京ABB电气有限公司，投运日期：2008年2月。

500kV施黎乙线5022断路器SF_6闭锁继电器：设备型号：C5-A30，生产厂家为北京ABB电气有限公司，投运日期：2008年2月。

2. 事件定级

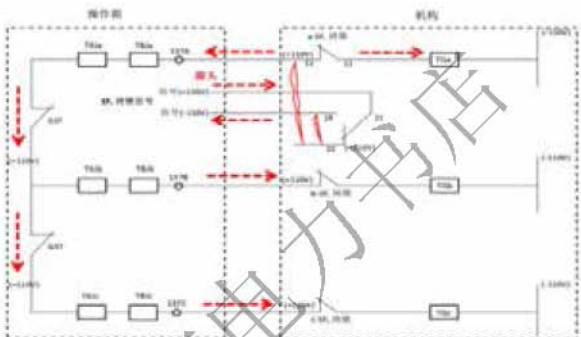
依据公司《电力事故事件调查规程》（2014版）“（33）继电保护、开关及安稳装置误动”中“500kV以上开关”，定为三级电力安全事件。

南方电力书店

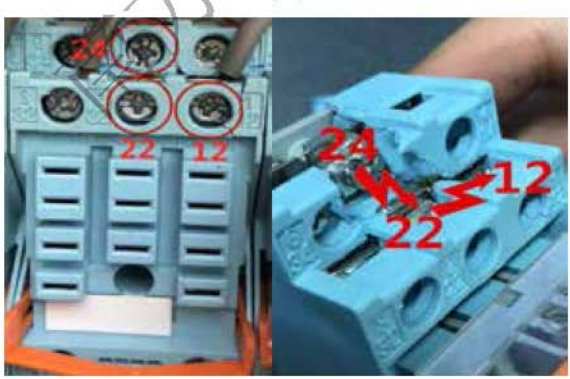
3. 原因分析

（1）直接原因

低气压闭锁继电器绝缘底座老化开裂、绝缘降低，触点22带直流正电110V，当触点22对触点24放电，此时信号回路正电串至触点24，引起后台发“500kV5022开关低气压闭锁”信号。触点22对触点12放电，信号回路正电串至触点12，造成断路器A相跳闸（见图3-3-9）。



（a）



（b）

图3-3-9 动作原理图及继电器图

电力书店

（2）间接原因

巡视没有有效识别出继电器隐患导致断路器误动的风险，巡视作业指导书、检修作业指导书没有针对继电器作业进行详细规定。

4. 暴露问题

（1）HPL550B2型号断路器机构箱配置的2008年批次C5-A30型号继电器质量差，未达到其建议的12年更换年限前破损。

（2）变电运行维护人员责任心不强，技能水平有待提高。II级管控设备巡视质量差，日常巡视、专业巡视质量不满足断路器运维策略的要求。

（3）变电设备检修项目及检修质量不满足检修预试规程要求，机构箱内继电器等二次元件的检查性项目存在检查漏项。

（4）断路器机构箱内加热器损坏，机构箱内存在明显的积潮现象，日常巡视、专业巡视均未发现此缺陷和现象。巡视质量不满足运维策略要求。

5. 整改措施

对同批次C5-A30型号继电器及其底座开展检查，存在隐患的继电器更换。

南方电力书店