

220 kV变电站低压侧跳闸原因分析及防范措施

变压器绕组变形故障大多是由于变电站低压侧短路跳闸引起的，为此分析了220 kV变电站低压侧短路产生的各种原因，并给出了案例支持，针对每种故障原因给出了相应的治理措施，为减少220 kV变电站低压侧短路故障发生概率提供了技术支持。

岳国良^{1,2} 刘宏亮³ 吴楠³ 赵军³ 梁博渊³/1.华北电力大学河北省输电设备安全防御重点实验室 2.国网河北省电力公司 3.国网河北省电力公司电力科学研究院



岳国良/高级工程师

当变压器低压侧近区或出口发生短路跳闸时，变压器绕组内会产生较大的过电流，如承受短路能力不足，变压器就会发生损坏。据有关统计，因低压侧短路故障引起变压器变形损坏已经成为变压器损坏的首要原因，尤其在220 kV等级尤为严重，给电网运行安全带来了安全隐患^[1-2]。为减少变压器短路损坏故障，一方面应从源头入手，在设计阶段提高变压器抗短路能力，目前各个网省公司已逐渐重视此项工作，变压器自身抗短路能力有了很大提高；另一方面对运行中的变压器应采取有效的治理措施，减少变压器低压侧短路故障的发生。为此分析了220 kV变电站低压侧站出口及近区短路跳闸的主要原因，在此基础上提出了故障防范的各项措施。

关键词/Keywords

变压器·
低压·
跳闸·

220 kV变电站低压侧故障原因分析

220 kV变电站内低压侧主要有低压母线、穿墙套管、电缆、开关柜及电容器组等设备，由于设备电压等级低，且多为小厂产品，因此质量难以控制，再加上运行环境恶劣，容易发生故障跳闸^[3]。按照设备种类、跳闸原因等可将故障分

为以下几种。

(1) 开关柜质量缺陷引起的跳闸故障^[4]

部分高压开关设备工艺不良，质量缺陷较多，执行的标准偏低，主要表现在：部分开关柜柜内隔板材质为非阻燃绝缘材料（如酚醛树脂、聚氯乙烯及聚碳酸酯等），运行中可能存在吸潮和局部场强过于集中的缺陷；开关柜内元器件绝缘性能低，在出现接地故障或过电压时极易发生击穿或炸裂；部分开关切断感性电流的能力不足，在切除感性电流时无法正常熄弧；部分真空开关切除电容器组时发生重燃，造成过电压。低压侧发生单相接地故障时，在健全相电压升高或弧光接地过电压情况下，柜内绝缘薄弱环节可能发生对地或相间闪络击穿，严重时发展为三相短路故障。

典型案例：

1) 2006年8月28日，某220 kV站2[#]主变压器在低压35 kV侧经受短路故障后发生了内部电弧放电现象。故障原因为切除3[#]电容器组时，由于3910开关存在质量问题，产生重燃过电压；又因室内湿度较大，开关绝缘隔板、绝缘支柱受潮使绝缘性能降低，造成3910开关B、C相间放电，进而发展到三相短路，且波及到主变压器，开关故障如图1所示。

2) 2007年7月30日，某220 kV变电站运行人员在进行3221开关由试验至运行位置操作时，3221开关柜内发生短路故障，35 kV母差保护动作跳开35 kV II母线所有开关。事后分析原因为开关柜

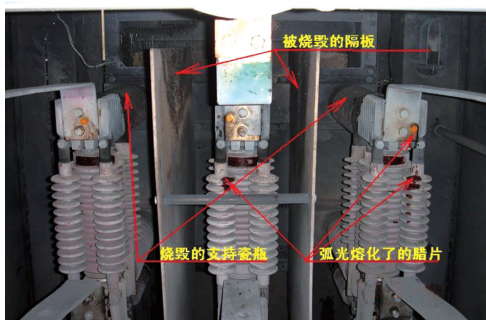


图1 开关烧毁示意图

内活门驱动链条由于设计缺陷和制造质量问题，导致金属活门在正常操作中上挡板坠落，造成相间短路。又由于35 kV母线室为非防潮设计，即湿度很大，导致B相母线对地闪络，最终发展为母线三相短路。

(2) 电缆损坏故障^[5]

电缆故障是造成变压器低压侧跳闸的重要原因，其中电缆头是发生放电最多的部位。电缆终端制作工艺要求高，制作时易产生潜伏性缺陷，再加上电缆经常在高温、高负荷等恶劣环境下运行，且运行时电场集中，绝缘材料劣化，如不及时发现处理，在大负荷、过电压等情况下，电缆终端可能会发生爆炸故障，并有可能进一步扩大为相间或三相短路故障。此外电缆35 kV及10 kV电缆厂家繁多，质量良莠不齐，当电缆质量控制不严时，运行中电缆在电场的作用下因缺陷劣化严重进而发生放电。

典型案例：

1) 2011年3月26日，某220 kV变电站2[#]变压器差动保护、重瓦斯保护动作，跳开主变压器三侧开关，故障未造成负荷损失。现场检查2[#]变压器外观无异常；6[#]电容器组电缆沟内中间部位烧断，如图2所示。该电缆于2011年3月3日投运，至故障发生时仅运行23天，随后送检电缆样品表明：电缆质量不合格是造成故障的主要原因。

2) 2006年10月1日，220 kV某变电站1[#]主变压器差动保护动作跳闸，10 kV I段配电室内起火。经检查，现场烧毁电缆沟内控缆5根（约20 m），522高压电缆在电缆沟中间头（位于511开关柜前）处烧毁约3 m，分析原因为522电缆中



图2 6[#]电容器组电缆沟内电缆中间部位烧断

间接头制作工艺不良。2006年7月31日，522电缆终端头发生渗油现象，因原电缆长度不满足重新制作缆头的需要，故加装了一段电缆和中间接头，2006年8月1日凌晨投运。运行两个月后，该中间接头发生了相间短路，如图3所示。



图3 电缆故障烧毁情况

(3) 配电室进水

低压配电室进水引起的跳闸是故障又一重要原因。在夏天多雨季节，室内湿度大，严重时会产生凝露。风雨天气时，雨水易由百叶窗或排气扇部位进入配电室，造成室内设备或母线闪络，并进一步引发短路故障。此外部分配电室房顶年久失修出现裂缝，如不及时处理，雨天漏水也会造成配电室内设备跳闸，如图4所示。

典型案例：

1) 2008年5月9日，220 kV某站1[#]主变压器差动保护动作，其211、111和511开关跳闸；电容器730、740开关失电压保护动作跳闸。检查发现，1[#]主变压器10 kV侧电抗器室窗口玻璃被气浪冲碎；电抗器室内墙上支瓶及电抗器母线排（主变压器侧）三相存在多处放电痕迹；电抗器室内天花板及地面有大面积水迹，雨水正从屋顶处不断滴落。1[#]主变压器跳闸原因为电抗器室屋顶漏雨引



图4 1#主变压器电抗器室内雨水渗漏情况

起10 kV母线排发生短路，造成1#主变压器差动保护动作，故主变压器三侧开关跳闸。

2) 2009年7月12日，220 kV某站2#主变压器差动保护动作，跳开主变压器三侧开关；之后，1#主变压器间隙过电压保护动作，跳开211、111开关。经检查，35 kV I段母线331断路器室A、B和C相设备引线排有相间及对地放电痕迹；35 kV II段母线312断路器室A、B和C相设备引线排有相间及对地放电痕迹。受狂风暴雨及冰雹恶劣天气影响，雨水打在配电室上方的百叶窗上，形成的水汽侵入室内，导致断路器室内湿度过大，因此35 kV断路器室内发生相间和对地放电故障。

(4) 电容器组故障原因分析

电容器组故障跳闸主要原因有：①开关选型不当，或者开关选型质量低，使开关损坏频率大，从而导致开关重燃；②电容器组存在质量绝缘性能薄弱、薄膜表面粗糙等质量缺陷，运行中电容器被击穿；③部分厂家大容量外熔断器的可靠性较低，在故障开断过程中极易发生重燃爆炸，目前国家还没有外熔断器的相关归口管理部门，产品质量很难控制。

典型案例：

2006年5月24日，220 kV某变电站2#、4#和6#电容器组开关032、034和036同时跳闸，主控室发出“掉牌未复归”光字牌。现场外观检查发现，2#电容器组B相、C相和5#电容器套管破裂，绝缘油泄漏，部分陶瓷碎片散落在地；2#电容器组西侧整面有明显雨水冲刷痕迹；在北侧靠墙布置的放电电压互感器A相有较明显的对墙放电痕迹。分析原因为2#电容器组（半室外布置）所处环境污染比较严

重，电容器表面积累粉尘等污秽较多。雷雨天气条件下，雨水从电容器组西侧进入，C相电容器绝缘子外绝缘性能降低，对电容器外壳闪络放电，如图5所示。

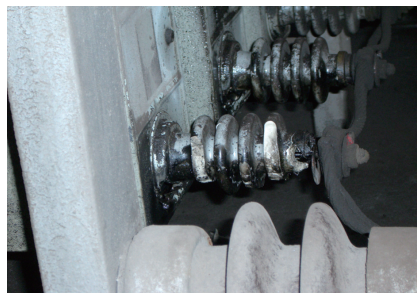


图5 2#电容器套管炸裂

(5) 小动物或异物

春秋季节小动物活动频繁，如果采用敞开式母线排的户内开关柜或主变压器低压侧母线排没有进行绝缘化处理，则当小动物爬到这些设备时，可能会造成低压母线相间短路故障。此外刮大风时，时有异物刮到低压母线排上，也会造成低压侧短路故障。

典型案例：

1) 2006年2月25日，某站2#主变压器差动保护动作，主变压器三侧开关跳开，未损失负荷。检查发现，2#主变压器10 kV母线桥至512-4刀开关间的三相室外穿墙套管上有放电痕迹，穿墙套管下部的防雨檐上有一只被电击死亡的长度约为46 cm的黄鼠狼，其他设备外观无异常。

2) 2007年4月19日，220 kV某站1#主变压器发生A、B相相间短路故障，1#主变压器差动保护动作，三侧开关跳闸。故障前衡水地区骤降冰雹，后转为雨夹雪，短时风力4~5级。故障原因为进行变压器低压侧母线绝缘化改造时，由于只对A、C相引线进行了绝缘化，支屏塑封套内进水失去绝缘，架构上吹落的湿树枝在35 kV侧A、B相间形成放电通道，因此引起相间短路故障。

故障防范措施

1. 开关柜故障防范措施

1) 根据新建变电站的重要程度不同，尽量提

高低压侧开关类设备选型标准。应选用加强绝缘型金属封闭式高压开关柜，特别是潮湿污秽严重地区，需选用加强绝缘型且母线室封闭的高压开关柜，并适当考虑采用充气柜。

2) 高压开关柜内的绝缘件（如绝缘子、套管、隔板和触头罩等）应采用阻燃绝缘材料（如SMC材料），严禁采用酚醛树脂、聚氯乙烯及聚碳酸酯等有机绝缘材料。

3) 在真空断路器的完善改进上，柜内绝缘隔板应由设备厂家根据柜内空间距离适当加大尺寸，对真空断路器的散热器等尖角部位进行适当圆滑处理，采用能满足分闸反弹试验要求的缓冲器。

4) 开展对入网真空断路器的老炼处理工作，以确保35 kV和10 kV系统断路器、电容器的安全可靠运行。

2. 配电室进水防范措施

做好配电室防潮、通风工作，定期检查和开启通风设备，降低开关柜设备运行环境的湿度，防止凝露的发生；减少外绝缘表面的污秽累积，降低外绝缘闪络概率；定期对配电室进行登顶检查，及时消除房屋漏雨和配电室进水情况。

3. 电容器组故障防范措施

一是变电站电容器优选框架式机构，35 kV电容器组支路中，串联电抗器布置方式应根据电容器支路断路器切断感性电流能力进行选择；在电源侧布置时，电容器支路断路器应是电感电流型式试验合格的产品，否则，宜将串联电抗器布置在中性点侧。二是推广应用内熔丝电容器，严格控制外熔丝的产品质量和安装质量，确保外熔丝无重燃开断，改善电容器组引线压接方式，且采用哈佛线夹，防止接触不良。三是严格进行电容器组质量检查，在电容器组交接验收试验项目中增加交流耐压试验，投运行前考核电容器极间及对地绝缘水平。

4. 电缆故障防范措施

严格控制站内低压侧电缆头产品质量和制作工艺，防止缆头爆炸。运行中可采用红外测温、局部放电带电检测等手段检测电缆终端运行情况，保障电缆运行安全。

况，保障电缆运行安全。

5. 小动物及异物防范措施

改善变压器运行条件，最大限度地防止或减少变压器出口短路，根据《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》的要求，主变压器低压侧母线排、高压开关柜内母线及各支引线应采用可靠的绝缘材料包封，特别做好低压侧出线套管和穿墙套管等相间距离较小部位的绝缘化措施。

应做好低压母线绝缘化的防脱落措施，防止因小动物蹬踏、异物坠落等原因造成绝缘护套脱落进而发生短路故障^[6]。

结束语

2006年之前，河北公司变电站低压侧每年故障数量递增，2006年跳闸数量最多，共发生低压侧跳闸故障10起。采取措施后，2007年降到了2起。截至目前，河北公司平均每年低压侧故障发生不足1起，已连续5年未发生变压器短路损坏故障。这些说明上述低压侧故障防范措施可靠有效，大幅度降低了220 kV变电站内低压侧设备故障及变压器短路损坏故障的发生概率，提高了系统运行的安全性。

参考文献

- [1] 张静波，王新彤，肖志国．预防变压器外部短路冲击损坏事故的措施[J]．电网技术，2008，32(24)：101-104．
- [2] 姜益民．变压器运行中短路损坏的常见部位及原因分析[J]．变压器，2005，42(4)：34-38．
- [3] 徐建刚．一起由于变压器附件质量问题导致的停电故障分析[J]．变压器，2011，48(12)：56-57．
- [4] 杜大全，苗俊杰，潘瑾，等．10 kV集合式电容器组的故障原因分析[J]．电气应用，2010，29(5)：65-66．
- [5] 李君宏．750 kV 变电站站用变压器电缆头爆炸故障分析[J]．宁夏电力，2011(5)：25-27．
- [6] 刘兆元，于立涛．220 kV 主变低压短路事故及反事故措施[J]．变压器，2004，41(12)：45-46．

(收稿日期：2014-05-16) EA