

配电柜触头故障导致用电负荷跳闸分析及改进

陈世臣 孙剑 周凌波 黄怀铎

中广核核电运营有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i5.9874

[摘要] 低压配电设备应用范围广泛,但是因其设备零部件较多,所以故障模式也呈多样化特点。基于此,本文针对一起低压配电盘开关跳闸事件,从配电开关动触头结构特点、触头材质特性、活动部件原理等方面进行分析,确定了故障根本原因为触头保持架卡扣未完全契合的安装缺陷,导致开关送电后隔离触头解除不良,启动瞬间电流起弧导致负荷缺相运行,开关过载保护动作导致开关跳闸。对此确定了增加对一次触头保持架进行相关检查的最终措施。

[关键词] 低压配电盘; 触头; 保持架; 跳闸

中图分类号: U224.3+1 **文献标识码:** A

Analysis and improvement of power load tripping caused by contact failure in distribution cabinet

Shichen Chen Jian Sun Lingbo Zhou Huaiduo Huang

CGN Nuclear Power Operation Co.,LTD

[Abstract] Low voltage distribution equipment has a wide range of applications. Due to the large number of equipment components, their failure modes are also diverse and abundant. This article analyzes a low-voltage distribution panel switch tripping event from the structural characteristics, material properties, and principles of the moving contacts of the distribution switch. The root cause of the fault is determined to be the installation defect of the contact holder buckle not fully fitting, which resulted in poor release of the isolation contacts after the switch was powered on. At the moment of starting, the current started to arc, causing the load to run in phase loss, and the switch overload protection action caused the switch to trip. The final measure to increase the inspection of the contact holder has been determined.

[Key words] low-voltage distribution board; contact; holder; trip

引言

低压配电设备凭借高可靠性、方便远程控制、易于操作等特点,在发电厂中应用广泛。其运行状态对电厂各种冷却系统、传动系统、各类水泵、油泵、电动执行机构的可用性都有重要影响。由于配电设备结构特殊,在周期维修时能否对设备做全面的检查,彻底发现并解决隐藏缺陷,对设备下一周期的稳定运行非常重要。其中配电柜的触头状态,因直接关系到电回路的连接情况,如运行期间因故障无法做到有效连接,可能导致触头在运行时发热,会导致安全隐患问题的产生^[1]。

1 背景信息介绍

1.1 事件说明

某核电厂执行L4CTE002P0泵进行功能鉴定,启动后约10S上游开关L4LKH301跳闸。维修人员检查发现L4LKH301抽屉开关隔离动触头B相保持架开裂,B相动静触头存在灼伤痕迹。更换开关动触头及B相垂直母排后重新送电执行负荷再鉴定,结果合格,

设备恢复可用状态。此次L4LKH301(L4CTE002P0)开关跳闸是由于抽屉开关隔离动触头B相保持架开裂,琴键片脱落,B相动触头接触不良导致开关缺相运行,保护正常动作。

1.2 配电柜触头及触头系统简介

本事件中的配电盘是某公司成熟产品,应用广泛。其抽屉动触头采用铍铜合金与银质弹性叠片叠加,琴键式结构。铍铜合金抗压能力及弹性性能优良,与C形垂直母排接触可靠(见图1)。银质弹性叠片有良好导电性能,保证了触头与垂直母排的接触面积。抽屉的抽出式机构有导轨及导向装置,且一次主触头有一定范围的活动余量,使得抽屉抽拉灵活、轻便,触头接触紧密,触头通断可靠、准确。

抽屉的触头系统由动触头本体、触头保持架、触头琴键片组成,再通过保持架与触头框的契合结构、定位销、焊接来组成整个动触头系统。详细结构示意图如下图2。触头盒与触头框均有一定活动裕度,抽屉插入时能够自适应槽口位置;触头

盒与触头框前端有引导角,保证触头能够顺畅插入C型排槽口。当抽屉插入时触头盒能够保护触头框不受垂直排或绝缘挡板的撞击。

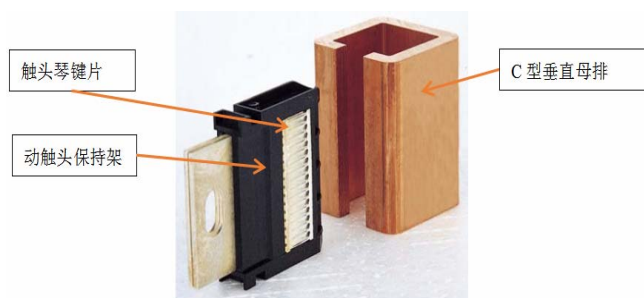


图1 抽屉式动触头与C型垂直母排

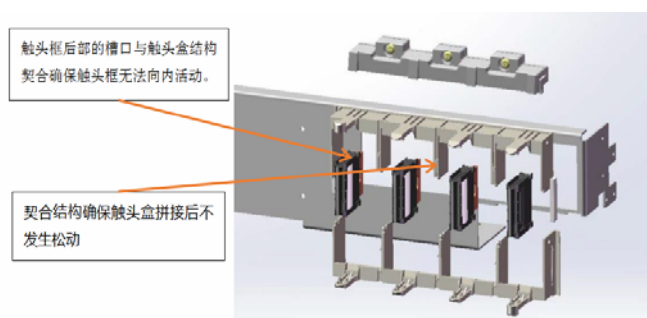


图2 抽屉触头系统结构示意图

2 故障原因分析

根据现场核实, L4LKH301开关启动时接触器吸合, 抽屉面板红色运行指示灯亮, 电压输出正常, 运行约10S开关跳闸。拉出L4LKH301开关进行检查, 开关内热继电器动作, 其余内部元件、断路器和接触器未见异常, 主电缆、电缆接头以及其他电连接均无过热现象。测量下游电机三相直阻数据正常, 抽屉开关内断路器和接触器三相接触电阻正常。进一步检查发现抽屉开关隔离动触头B相保持架开裂, 动触头琴键片灼伤, 部分缺失(见图3左), 开关与B相垂直母排连接部位有轻微灼伤(见图3右)。



图3 开关B相动触头(左)及垂直母排(右)

由检查结果可以确定L4LKH301开关跳闸是开关B相缺相运行所致。结合抽屉开关隔离动触头B相琴键片灼伤, 部分缺失的现象, 判断抽屉缺相运行原因是隔离动触头B相接触不良。对保持架开裂, 琴键片缺失, 触头灼伤的可能原因分析如下:

(1) B相触头保持架受外力开裂: 配电盘抽屉开关动触头通过琴键片与C型母排接触。当触头保持架受外力碰撞开裂, 开关推入运行位时动触头琴键片与C型母排虚接, 电机启动时的大电流拉弧引起动静触头灼伤。L4LKH301抽屉开关在配电盘最底部, 操作位置不便, 抽屉推入如操作不规范, 发力点可能与抽屉重心不水平, 导致开关以斜向下的方向插入母排缝隙, 可能导致触头保持架超出对应的C型母排间隙, 撞击作用使触头保持架开裂。针对这种假设, 对同型号配电盘上抽屉进行了多次反复插拔操作, 未能模拟出触头保持架受撞开裂的故障现象; 厂家也对一次触头进行了一分钟5次共计1000次的高频插拔试验, 未能模拟出触头开裂的现象。试验验证说明了触头结构的可靠性。

从触头结构图4可以看出, 正常触头框前端导向角对黑色保持架起保护作用。若触头保持架开裂是碰撞造成, 那么起保护作用的白色触头框前端导向角会被破坏。观察故障抽屉白色触头框导向角未见明显异常, 未见有撞击痕迹。厂家结合抽屉触头的结构设计, 通过对故障抽屉触头进行分析, 模拟对比触头系统的机械特性试验, 排除了触头保持架开裂是由碰撞造成的可能。

(2) 触头琴键片受力变形: 低压配电系统中一次回路的接通通过动静触头的配合接触实现, 一次回路接通时, 触头本身要有一定的接触压力^[2]。配电盘触头琴键片主要化学成分是CuBe₂, 表面有一层镀银层, 触头通过琴键片与C型垂直母排压接的方式接触。当琴键片受侧向冲击作用力变形受损, 与C型母排接触压力欠缺或者接触不上, 可能导致设备启动时动触头与C型垂直母排产生拉弧。

铜铍合金又称铍青铜, 是铜合金中的“弹性之王”。配电盘厂家使用的是一种强度和导电性、导热性均较高的材料, 通过对样品簧片的材质和性能检测, 结果均合格; 同时对触头进行一分钟5次, 1000次的插拔试验后, 未见琴键片有形变。该隔离动触头设计载流量为168A, 实际运行电流102.6A, 设计载流量满足现场需求。根据厂家运行经验反馈, 该设备投入市场运行近20年, 从未出现过触头琴键片变形受损的故障。综上, 触头琴键片变形受损导致动触头与垂直母排接触不良的可能性低。

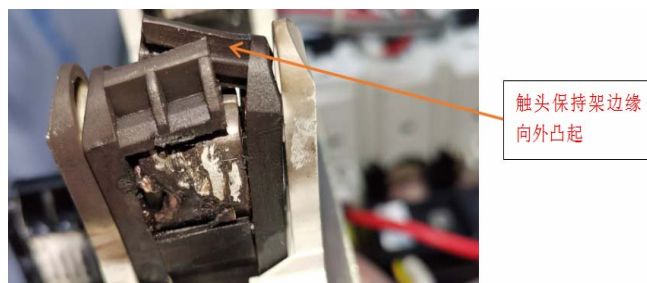


图4 故障隔离动触头图

(3) 触头保持架卡扣未完全契合受力松脱: 隔离动触头由触头本体、琴键片、保持架通过多个卡槽契合成一个整体。如果该故障触头保持架未完全契合(卡扣或卡槽存在缺陷), 开关在操作过程中受外力撞击, 保持架松脱, 琴键片移位松动, 导致动

静触头接触不良;设备启动瞬间大电流在动触头与C型母排接触处产生放电拉弧,动触头与垂直母排接触处产生灼伤。动触头受热膨胀进一步导致触头保持架受热应力作用胀开,外观上表现为触头保持架边缘向外凸起。

通过对抽屉开关隔离动触头进行解体,发现隔离动触头保持架的结构设计在保持架安装正常契合严密时,保持架只能沿着卡槽方向上下移动,水平向撞击受力无法开裂,撞击导致卡扣失效的可能性极低;如触头保持架的卡扣在安装时即未完全契合,再加操作过程不规范导致偏移碰撞,造成未完全契合的保持架间隙扩大,琴键片移位,则可能造成动静触头接触不良问题的发生。设备投运后触头部位由接触不良发展为拉弧,温升剧烈,表面的应力变化超过了材料的屈服极限,局部发生了永久性塑性变形(保持架边缘向外凸起)。若触头保持架安装完全到位,即使受热应力作用也不会胀开。

综合以上分析,抽屉开关隔离动触头B相保持架内部卡扣安装未完全契合,操作过程中,保持架受外力碰撞,琴键片移位,抽屉开关隔离动触头B相接触不良,抽屉缺相是造成本次故障的根本原因。

3 后续改进行动

L4LKH301开关故障后,维修专业更换了开关动触头及配电盘B相垂直母排,并对L4LKH001TB配电盘上其他所有抽屉开关一次触头的保持架进行了反馈检查,未发现异常。动触头及母排更换完成后,运行执行负荷再鉴定,结果合格,设备恢复可用状态。针对此次故障特征,最终措施为升版配电盘的检修方案,增加对

此型号配电盘一次触头保持架的检查内容,避免后续出现触头保持架卡扣安装不到位的同类故障。

4 结论

低压配电设备结构复杂,故障模式多样。要保证设备的安全稳定运行,一方面运维人员的综合素质要不断提高,减少人为操作引入的因素;另外设备的维修方案要尽可能全面,同时要根据现场故障情况持续进行完善和升版。相关的维修项目必须要逐个开展,不得出现漏项或跳项检查^[3]。本文针对开关跳闸的故障现象进行深入分析和故障模拟,最终确定故障直接原因为抽屉开关隔离动触头与垂直母排接触不良,设备启动瞬间电流起弧导致开关缺相运行;根本原因为隔离动触头保持架卡扣未完全契合,导致保持架受外力后松脱。针对此问题对配电盘的检修方案进行了升版和完善,避免同类缺陷再次发生。

[参考文献]

[1]王超.浅析低压开关柜触头发热原因分析及解决措施[J].电气开关,2020,58(01):103-104+108.

[2]王义,李元鹏,马如海.低压开关柜一次触头弹簧断裂典型案例分析[J].机电工程技术,2021,50(08):277-280+283.

[3]龚亮.低压开关柜触头发热原因分析及解决措施[J].中国设备工程,2020,(11):176-177.

作者简介:

陈世臣(1986--),男,汉族,河北省衡水市人,大学本科,工程师,研究方向:电力维修。