

# 高压开关柜两种常见机械故障及防范策略

## Two Kinds of Common Mechanical Faults and Prevention Strategies of High Voltage Switch Cabinet

孙聪 杨斯文

Cong Sun Siwen Yang

沈阳华德海泰电器有限公司 中国·辽宁 沈阳 110027

Shenyang Huade Haitai Electric Appliance Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110027, China

**摘要:** 在高压开关柜故障中,电压互感器间隔的高压熔断器熔断和线路间隔的断路器分合闸异常最常见。电压互感器间隔的高压熔断器熔断往往由外部条件激发,如倒闸操作、雷击、单相接地等会使电压互感器磁饱和,磁饱和的电压互感器的感抗会下降,与系统对地电容形成铁磁谐振,这种谐振会引起过电压,反映在电压互感器一次绕组是过电流,当电流超过高压熔断器的限流值时,高压熔断器会熔断;线路间隔的断路器分合闸异常包括分合闸线圈烧毁导致失去分合闸动力和断路器机构卡涩导致无法分合闸。文章结合实例分析以上两种常见开关柜故障,并提出防范措施。

**Abstract:** In the fault of high voltage switch cabinet, the high voltage circuit breaker of voltage transformer interval and the circuit breaker of line interval are the most common abnormal. The high voltage fuse separated by voltage transformer is often excited by external conditions, such as switching operation, lightning strike, single-phase grounding, etc., saturated the voltage transformer. The magnetic saturated voltage transformer will decrease and the system. This resonance will cause overvoltage, which is overcurrent in the high voltage circuit breaker in the primary winding of the voltage transformer and the jamming of circuit breaker mechanism. This paper analyzes the above two common switch cabinet faults and puts forward preventive measures.

**关键词:** 高压开关柜; 断路器; 高压熔断器; 分合闸; 熔断故障

**Keywords:** high voltage switch cabinet; circuit breaker; high voltage fuse; split and close; fuse fault

**DOI:** 10.12346/etr.v5i2.7707

## 1 引言

随着高压开关柜的大规模应用,其故障屡见不鲜。高压开关柜故障大体上分为机械故障和短路故障,以机械故障为主,最常见的两种机械故障为电压互感器间隔的高压熔断器熔断和线路间隔的断路器分合闸异常。机械故障未得到及时解除可能导致设备越级跳闸,甚至引起事故,设备管理和运维部门应给予足够重视。其中,电压互感器间隔的高压熔断器熔断多由铁磁谐振导致,而线路间隔的断路器分合闸异常原因包括分合闸线圈烧毁失去分合闸动力、断路器机构卡涩导致无法分合闸。论文对上述两种常见机械故障的原因进行分析,提出以规范化检修、技改等方式解决高压开关柜常见机械故障<sup>[1]</sup>。

## 2 电压互感器间隔的高压熔断器熔断故障及防范措施

某电压互感器间隔的高压熔断器发生熔断故障。对电压互感器间隔开展预防性试验,直阻、耐压等常规试验结果正常,励磁特性结果也正常,排除了设备内部原因导致高压熔断器熔断的可能性。但投入运行后不久,再次发生高压熔断器熔断。对比三次故障发生时的天气情况,发现都是雷雨天气,再观察高压熔断器熔断前后该变电站后台机告警信号,发现都有“母线接地信号”,同时有多条10kV线路保护启动。

### 2.1 故障原因

该站采用10kV系统的中性点不接地系统,在正常状态下,系统的三相电压对称平衡,电压互感器三相都工作在额

【作者简介】孙聪(1991-),男,中国吉林敦化人,本科,工程师,从事电气工程及其自动化研究。

定电压下。当系统发生单相接地后，中性点电压上升为相电压，非故障相电压上升为线电压，对地电容充电。当单相接地消失后，非故障相的电压要恢复为正常的相电压，对地电容的电荷要释放。由于故障消失，电荷释放的通道被切断，电荷只能通过电压互感器一次侧中性点接地处流入大地。此过程会在电压互感器一次绕组中流过有效值比较大的电流，电压互感器出现磁饱和，且感抗下降，当感抗下降到一定程度时，出现铁磁谐振，谐振的过电流引起电压互感器熔断器熔断。该站装有小电抗接地选线保护系统，在单相接地时线路没有跳闸。经分析，造成该问题的原因是接地选线保护动作时间较长，约为4s，如果有不稳定漂移的物体触碰线路然后瞬时脱离，或高阻接地形成弧光等，不会造成长时间的故障，线路不会跳闸，而电压互感器的熔断器由于过流会熔断。

## 2.2 防范措施

防范措施一：将接地保护装置改装为消弧线圈并联小电阻装置。消弧线圈投入运行后，相当于系统除电压互感器外多了一个金属接地点。当系统发生单相接地时，由于消弧线圈的阻抗较小，接地电流大部分会通过消弧线圈，而通过电压互感器的电流较少，出现铁磁谐振的概率很小，高压熔断器不容易发生熔断。另外，消弧线圈在单相接地时会自动补偿电流，非故障相的电压不会太高，也不会积聚太多电荷，当单相接地消失后，也不存在电荷释放的通道，从源头上减少了电压互感器出现铁磁谐振的概率。

防范措施二：安装性能优异的一次消谐装置。消谐装置是一个高容量非线性电阻，可以起阻尼与限流作用，安装消谐装置后，电压互感器一次侧中性点可以经消谐装置接地，从而限制电压互感器的铁磁谐振或减轻铁磁谐振程度。安装消谐装置后，高压熔断器的熔断概率会大幅减小<sup>[2]</sup>。

## 3 线路间隔的断路器分合闸异常及防范措施

某线路开关跳闸，现场调查发现跳闸原因为高压开关拒分导致的越级跳闸。另一高压开关无法遥控分闸。检修、继保、试验三个专业对两台开关及相关二次回路进行了全面排查，发现两台开关均存在分闸相关传动机构卡涩和分闸线圈被烧毁的情况，两台开关是同批次同类型的ZN98开关。

### 3.1 故障原因

高压开关分闸线圈外部有黑色溶解物，经检查是分闸线圈内部绝缘材料经高温后溶解溅出。同时测得分闸线圈电阻只有 $1.2\Omega$ （正常电阻为 $130\pm 5\%\Omega$ ），存在匝间短路，分闸线圈已经烧毁。铁芯有黏稠物，按下衔铁有阻尼感，铁芯存在卡涩。检查分闸传动系统，分闸掣子在首次手动分闸后，复位缓慢，多次分闸后才恢复顺畅，存在分闸掣子固定孔卡涩情况。分闸掣子和分闸线圈衔铁卡涩共同导致线圈在额定电压下提供的分闸力量不足，开关无法正常分闸，导致分闸线圈长时间带电烧毁。检查高压开关发现开关机构内分闸线

圈严重烧毁，分闸衔铁固死。分闸掣子顶死，分闸掣子转轴润滑油失效，导致分闸传动无法动作。705开关局部地方存在生锈，分闸掣子卡扣面磨损，接触面有金属粉末，对分闸掣子有轻微“咬死”情况。现场可看到，分闸掣子固定位置两侧，一侧润滑油失效，一侧很干燥，同时机构内有螺丝生锈现象。在锈蚀、干燥的情况下，开关长时间不动作，容易产生金属“咬死”现象，导致分闸失败，从而损坏分闸线圈。综合两台开关的检查情况，一般情况下，分闸线圈通电后，电磁作用可以将电能转化为机械能，使分闸线圈的衔铁撞击断路器的分闸操动机构，达到使断路器分闸的目的。高压开关受到保护跳闸命令，但未动作，以致后来跳开主变低502开关，因为没有其他异常信号，可以判断为机械卡涩导致线圈长时间带电而损坏。高压开关在分闸未完全的情况下，断路器分闸传动部分卡涩，线圈长期带电烧毁。断路器分闸传动部分卡涩原因有很多，如润滑油失效、受潮生锈、积污严重、金属磨损、接触面不平整等。卡涩后会出现“咬死”现象，导致断路器缓动或拒动，动作过程中不能及时分闸，造成线圈长时间带电而烧毁。因此，断路器拒分的主要原因是“卡涩”，机械连接位置在有油或者有水的情况下长时间不动作，很容易出现“粘死”“抱紧”的现象，加上机械碰触面在多次动作后会出现磨损，长此以往，造成接触面不平整，在大力按压下会加大接触面摩擦力，容易出现“咬死”现象<sup>[3]</sup>。

### 3.2 防范措施

防范措施一：开展培训，确保相关人员及时掌握诊断机械卡涩及其他机械元件故障的技术，加强对设备的运行维护。结合规范化检修要求，优先开展同批次同类型（ZN98）开关的规范化检修工作。认真检查开关的润滑脂状况、金属磨损情况、机械部件运行状况以及线圈的安装角度、外观、直阻等有无变化。

防范措施二：同型号的设备多次出现该缺陷，该缺陷属于该型号设备的家族性缺陷，要对入网的设备进行严格把关。需要组织在建、待建工程设备排查，发现同型号设备后及时整改。

## 4 高压开关柜其他故障及防范

### 4.1 故障

第一，开关柜的绝缘性能。高压开关柜的绝缘性能是一个很重要的指标，它很容易受到环境条件、安装和维护、操作不当等因素的影响。开关柜工作环境较差，如室内环境潮湿，绝缘子和母线表面受到污染，导致开关柜内部积存水分，造成污染，造成开关设备的绝缘损坏。老化对高压开关设备的绝缘性能也有很大影响。随着近十年来中国经济和社会的迅速发展，原有的高压开关柜在长时间的使用中难免会发生超负荷，长时间的过载，导致其内部的绝缘材料会发生老化。另外，绝缘系数、空气间隙对高压电容器的绝缘特性也有一定的影响。很多厂家都把开关柜的大小做得很小，以达到客

户的需求。一般的方法是降低高压开关和 ASU 内的绝缘插头的相距或接地间距,在这种情况下没有采取相应的改进措施,造成空分设备的隔离水平降低,造成空分设备在操作中经常发生事故。

第二,操作中的问题。高压开关装置中,断路器是一种一次性的重要装置,它在使用时会受到高压、大电流等多种因素的影响。总体而言,主要有三个方面:①如果出现短路,则会使电流迅速增加。若高压开关柜的机械强度不高,则在电流通过开关时,柜体会受到电流的影响而运动,从而使触点间的接触电阻急剧增大,从而引起火花。这是很严重的,有时候会有一次爆破,破坏了电力供应。②在长时间的使用中,静触头或动触头会因机械摩擦而产生一定的摩擦,从而使触头与触头的接触面积减小,从而造成触头的接触不良。③在使用时,如果不做或不小心中摇动,很可能造成开关柜的失效,从而使开关柜的零件发生变形或短路。易引起电器、副线路的损坏,从而使开关柜的保护设备无法地完成指令。

第三,安装和检修的隐患。在高压配电网的安装与维修中,若没有足够的技术力量,不但无法保障其运行的安全性,而且会对其造成一定的危害。母线和相应的引出导线的安装和维修工作量很大。母线连接螺栓在拧上后,因各螺栓的固定松动,导致出线后出现发热现象。切断分段汇流条和各输出线路,排除故障。在检修高压开关柜时,往往会因电缆敷设不当而引起的故障。主要问题是线缆头部的的气体未彻底排出,在制造线缆时,因切断而造成的绝缘破坏、线缆接地不良,以及在工作期间产生的杂散电流或感应电压。

## 4.2 防范策略

第一,加强高压开关柜内部运行环境控制。①降低高压开关箱内的尘埃,如设置滤网、栅栏等。②严格控制高压开关装置的工作温度。采用通风设备等措施,使高压开关柜的内部工作温度下降,从而降低了所产生的热。通过对高压开关柜操作过程中的温度进行影响和测量,从而实现了对开关柜内部操作温度的控制。③对高压开关柜的温度进行严格的控制。为了降低高压开关柜内部的湿度,在高压开关柜中设置有干燥机。

第二,提高设备防护。35kV 固态绝缘变压器和电磁变压器可以按照 10% (但不低于 1 个) 比例进行。三频耐压

变压器的三频耐压测试,必须在局部放电测试的基础上进行。高压开关柜采用的是没有缝隙的复合绝缘的 MOA,而不是采用串联间隙的。为避免由于低质量的电缆头制造过程中出现的绝缘事故,必须建立和实行电缆头生产追踪制度,从而提高生产技术和提高产品质量。

第三,材料选型和制造工艺改进。在对整个电网进行初步设计时,要对引起开关设备发生故障的多种因素进行分析,防止其发生危险,并采取相应的对策。开关柜的设计,包括柜体的安装,以及适当的电器部件的选用。当前市场上的电器元件种类繁多,设计者在进行设计时,要对其性能进行全面的分析,从运行的稳定性、安全性等方面进行优化,以使其达到最优的设计状态。要使各类电子元器件具有良好的特性,必须选用适当的工作环境。同时,为适应工程应用的需要,采用高性能的材料,以保证装置的安全运行。

第四,爬电比距的处理。在高压开关装置的设计中,这是一个需要考虑的因素。根据国家规定,高压开关设备的各个部分和相应的绝缘元件,其外部绝缘的漏电系数为 18mm/kV 以上,而有机绝缘应为 20mm/kV。由于漏电流会影响到整个系统的正常工作,高压开关柜中的各个部件都要经过专业的制造,不得使用假冒产品,确保其正常工作。

## 5 结语

高压开关柜的故障多样,必须具体问题具体分析。其中,电压互感器间隔的高压熔断器熔断和线路间隔的断路器分合闸异常是两种比较常见的开关柜故障。电压互感器间隔的高压熔断器熔断多由铁磁谐振导致,可通过改装消弧线圈和加装一次消谐装置解决;线路间隔的断路器分合闸异常原因包括分合闸线圈烧毁导致失去分合闸动力和断路器机构卡涩导致无法分合闸,可通过规范化检修、技改、设备把关等方式解决。

## 参考文献

- [1] 郑跃斌.浅析10kV高压开关柜故障原因及防范措施[J].科学与信息化,2021(2).
- [2] 吴乐意.10kV高压开关柜故障原因分析及措施探讨[J].科学与信息化,2021(11):103.
- [3] 顾冬铭.高压开关柜发热和放电原因分析和改进措施[J].水利水电,2021,5(3):13-14.