

# 低压灭磁开关触头发热分析及处理

高雷, 肖立军

(神华国华太仓发电有限公司, 江苏 太仓 215433)

**摘要:**以国华太电8号机组一起灭磁开关主触头发热引起机组停机为例,介绍了框架式开关触头发热故障的危害,分析了造成低压灭磁开关柜触头发热的主要原因是接触电阻增加,讨论了接触压力、触头材料、触头温度及触头表面状况对接触电阻的影响,并提出有效的预防和处理措施,以确保安全可靠运行。

**关键词:**灭磁开关;触头发热;接触电阻

**中图分类号:**TM591

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)01-0061-02

低压抽屉式开关柜具有操作简单、动作安全可靠、检修维护方便等优点,广泛应用于发电厂及变电所。在日常运行过程中,由于其独特的结构,触头接触面不能有效接触、接触电阻过大、静触头弹簧老化、周围运行环境温度高等因素都有可能造成开关柜出现触头发热,导致开关电气性能下降,供电可靠性降低。开关柜触头发热会逐步成为安全隐患,造成开关柜内电气设备元件发生变性扭曲、烧毁等严重事故,甚至引起配电系统大范围停电,直接影响到企业的安全生产<sup>[1,2]</sup>。下面以国华太电8号机组灭磁开关主触头受热烧损引起机组停机为例,分析了低压灭磁开关触头发热的原因,并提出了预防和处理措施。

## 1 事故发生经过

8号机组灭磁开关型号为AT40;技术参数为:额定电压880V、最大1000V交流;额定电流4000A,最大开断电流65kA;开关绝缘等级为B级;生产厂家:日本三菱电机机电有限公司;投产日期2005.12.8;开关主触头采用铜镀银;开关柜操作方式为低压抽屉开关。

事故发生时,机组负荷为500MW,无功功率50MV·A,励磁电压271V,励磁电流2895A,定子电流14825A,励磁室内温度23℃,室内湿度70%。8:20就地检查发现8号机励磁小间有异味,8:30现场检查灭磁开关,发现A相触头温度高达158℃,B、C相温度为69℃。随即启动相关事故预案,采取降低励磁电流控制温度的措施,手动将机组无功由59.5Mvar降至15.5Mvar,励磁电流由2892A降至2740A。就地加装2组冷却风扇强制冷却灭磁开关触头温度,并使用红外成像仪持续监测开关温度变化。申请退出8号机组AGC,降低有功负荷,将机组负荷由528MW降低并保持在负荷450MW。9:44红外成像仪显示灭磁开关A相触头温度降低至125℃。11:13灭磁开关

A相触头温度突升,最高升至173℃,且温度有继续升高的趋势。11:348号机组手动解列停机。

## 2 事故原因分析

### 2.1 停机后灭磁开关柜检查情况

(1)外观检查。灭磁开关防护面板A相发热变色,灭弧栅处发热,B、C相完好无损。灭磁开关A相动触头塑料保护罩熔化,三相接触面长度一致

(2)解体开关主触头灭弧室。A相灭弧栅内有塑料保护罩溶解物,A相主触头正常,B、C相灭弧栅及主触头均正常。

(3)解体静触头及静触头触指。A相部分静触头触指固定弹簧疲劳,弹簧压力降低,接触电阻变大,动静触头接触面发热,触头发黑,A相静触头触指固定弹簧变色,触指发热变色。

### 2.2 原因分析

该次事故直接原因为灭磁开关A相静触头固定弹簧疲劳,弹性降低,静触头触指与开关动触头接触压力减小,接触电阻增大,在工作电流(2800A)流过时,因接触电阻增大,接触面发热,又促使静触头固定弹簧逐步疲劳恶化,弹性逐步降低,并进一步增大接触电阻,恶性循环,累积电热效应,最终造成A相触头过热,触指部分烧损。

接触电阻增加是影响触头发热的主要原因,而影响接触电阻的因素有接触压力、触头材料、触头温度、触头表面情况、接触形式及化学腐蚀等。这些因素将会导致动静触头接触电阻增大,触头接触面温度升高,静触头压紧弹簧长期处于高温下产生疲劳、老化。

#### 2.2.1 接触压力的影响

接触压力对接触电阻的影响最大,当接触压力很小时,其微小的变化都会使接触电阻值产生很大的波动。增大接触压力,可将氧化膜压碎,使膜电阻减小,但是压力增大到一定程度后,膜电阻稳定在一个较小的数值。

### 2.2.2 触头材料的影响

触头材料对接触电阻的影响主要决定于触头材料的电阻系数、材料的抗压强度、材料的化学性能等。触头材料的电阻系数 $\rho_k$ 越低,接触电阻就越小。常用材料电阻系数与铜的比较如表1所示。

表1 常用材料电阻系数与铜的比较

触头材料及其覆盖层	$\rho_k$ 比较值	触头材料及其覆盖层	$\rho_k$ 比较值
铜	1	钢	35
镀锡的铜	0.7	碳	1000
搪锡的铜	2.0	黄铜—黄铜	4.0
镀银的铜	0.3	铜—黄铜	2.2
银	0.2	铜—铝	1.3
铝	2.5	铜—钢	7.0

从表1可以看出银的电阻系数小于铜,但银比铜价格贵,所以常采用铜镀银或镶银的办法,以减小接触电阻。

### 2.2.3 触头温度的影响

触头的接触电阻与它本身的金属电阻一样,也受温度的影响,随着触头温度的升高,接触电阻增加。由试验得知,接触电阻 $R_j$ 与温度之间的关系式为:

$$R_j = R_{j_0} \left( 1 + \frac{2}{3} \alpha_0 \theta \right) \quad (1)$$

式中: $R_{j_0}$ 为触头在 $0^\circ\text{C}$ 时的接触电阻, $\Omega$ ; $\alpha_0$ 为触头材料的电阻温度系数, $1/^\circ\text{C}$ ; $\theta$ 为触头的温度, $^\circ\text{C}$ 。触头金属材料的电阻温度系数为 $1/^\circ\text{C}$ ,接触电阻的电阻温度系数为 $2/3 \alpha_0$ ,后者比前者小 $1/3 \alpha_0$ ,这是由于接触处温度升高后,材料硬度有所降低,有效接触面积增大,导致温度增加时接触电阻的增加比金属材料电阻的增加要小一些。实际上,因为温度升高会加剧氧化,所以,温度对接触电阻的影响要大些。

参考 GB1984—2003<sup>[3]</sup>及 GB/T 11022—2011<sup>[4]</sup>,在周围空气温度不超过 $40^\circ\text{C}$ ,断路器触头最高运行温度不应超过以下温度值:当触头材料为裸铜或裸铜合金时,在空气中不超过 $35^\circ\text{C}$ ,即最高温度不超过 $75^\circ\text{C}$ 。当触头表面镀银或镀镍时,在空气中不超过 $65^\circ\text{C}$ ,即最高温度不超过 $105^\circ\text{C}$ 。当温度超过规定值时,触头会加剧劣化。

### 2.2.4 触头表面情况的影响

(1) 触头表面氧化膜的影响。暴露在空气中的接触面(除铂和金外)会发生氧化作用。当温度高于 $70^\circ\text{C}$ 时,铜触头氧化加剧,氧化铜的导电性能很差,使膜电阻急剧增加,因此,铜触头的允许温升都是很低的。银氧化后的导电率与纯银差不多,所以银或镀银的触头工作很稳定。为了减小接触面的氧化,可以将触头表面搪锡或镀银,以获得较稳定的接触电阻。

(2) 触头表面清洁状况的影响。当触头的压力较小时,触头表面的清洁度对接触电阻影响较大,随着压力的增加,这种影响逐渐减小。

(3) 触头表面的电化学腐蚀。采用不同的金属作触头时,由于两金属接触处有电位差,当湿度大时,在触头对接触处会发生电解作用,引起触头的电学腐蚀,使接触电阻增加。

## 3 开关触头发热的危害

电力系统中,电气设备与电气设备、母线与母线、母线与设备连接的导体形成的可拆卸的电气触头在实际运行中经常出现过热故障。导电的金属材料如果长期处在高温下,则会退火软化,机械强度下降;有机绝缘材料若长期受到高温作用,则会逐渐变脆、老化、失去弹性,以致绝缘性能下降、寿命缩短;导体接触表面温度若过高,则会强烈氧化,接触电阻将增加,弹簧接触部分的弹性元件退火,压力降低,有效接触面积减小,当负荷电流增大时,发热量(温度)将相应增大,接触电阻因热效应而进一步增大,如此恶性循环,可能导致接触部分烧熔,无法正常工作,甚至可能酿成重大火灾事故。

## 4 事故防范措施

(1) 定期对灭磁开关进行红外成像,及时发现设备异常现象,并及时处理;(2) 每次停机检修时对灭磁开关动静触头进行检查,发现触头镀银层磨损严重,应及时更换触头;(3) 停机检修时清理开关主触头氧化层及触头上灰尘以减小接触电阻;(4) 改善灭磁开关运行环境,降低开关运行环境温度,必要时采取强制冷却方式进行冷却;(5) 必要时增加接触点数目,以减小接触电阻,降低触头发热;(6) 对于容量不符合规定的开关应立即更换。

## 5 结束语

低压灭磁开关在配电系统中起着重要作用,如果由于日常维护及检修不当,开关触头接触电阻增大将会造成触头发热,弹簧疲劳、老化,进而导致停机事故的发生。了解灭磁开关触头发热的原因并在检修和维护时采取适当的防范措施可以及时发现设备的异常现象并及时处理,可以避免因灭磁开关故障造成的经济损失。因此在日常工作中应加强巡检和检修维护,尤其是触头容易发热的部位,做到早发现早消除,采取相应的防范措施,杜绝事故发生。

### 参考文献:

- [1] 刘宇卿,王德胜. 电气设备过热的原因与对策[J]. 电气应用, 2008(24):38-41.

用电弧光保护产品的通知”等。此外,为了在设备选型、试验、安装、运行等环节有章可循,全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会已组建工作组,起草国家标准《弧光保护装置技术要求》(项目编号为20130678-T-604),预计2014年发布。该标准将助力弧光保护推广的有序进行,电弧光保护的应用将更加广泛,电力系统稳定、设备和人员的安全,都将会得到进一步提高。

#### 参考文献:

- [1] 田广青. 电弧光保护及其在中低压开关柜和母线保护中的应用[J]. 电工技术杂志, 2004(1):27-30.
- [2] 王梅义. 高压电网继电保护运行与设计[M]. 北京:中国电力出版社, 2005:138-139.
- [3] 吴志勇. 电弧光保护在电力系统的应用[J]. 四川电力技术, 2009, 32(4):49-51.
- [4] 安连生. 应用光学 [M]. 3版. 北京:北京理工大学出版, 2003:

112-113.

- [5] SIDHU T S, SAGOO G S, SACHDEV M S. Multi Sensor Secondary Device for Detection of Low-level Rrcing Faults in Meta-lclad MCC Switchgear Panel [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2002, 17(1): 129-134.
- [6] 万山景, 王 坚, 张梓望. 电弧光保护系统配置方案探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(16):99-103.
- [7] 王德志, 张爱萍. 电弧光保护在应用实践中的改进[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(24):230-231.

#### 作者简介:

牛洪海(1980),男,辽宁鞍山人,工程师,从事电厂继电保护及自动化装置研发工作;

严 伟(1975),男,湖南长沙人,高级工程师,从事电气主设备微机保护的研究、开发和管理工;

王 杰(1984),男,山西霍州人,助理工程师,从事厂矿继电保护及自动化装置研发工作。

## Design and Application of Arc Protection for LV/MV Busbar

NIU Honghai, YAN Wei, WANG Jie

(Nanjing NARI-relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

**Abstract:** This paper analyzes the necessity of arc protection for the low-voltage/medium-voltage switchgear and busbar. By taking PCS-9656 arc protection device as an example, the designing principles and key technologies, as well as the specific application of the arc protection are presented. The field operation and simulation results show that the arc protection device can quickly and accurately cut off the faults in milliseconds, and protect busbar and switchgear.

**Key words:** arc protection; photometry cosine law; passive optical sensor; power frequency variation

(上接第 55 页)

- [2] 张 钰, 杨晓慧. 2012 年江苏省电厂电气一次设备红外检测及分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(04):66-69.
- [3] GB1984—2003 高压交流断路器[S]. 北京:中国标准出版社, 2003.
- [4] GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求[S]. 北京:中国标准出版社, 2012.

#### 作者简介:

高 雷(1982),男,江苏徐州人,工程师,从事电气一次设备检修维护工作;

肖立军(1979),男,辽宁朝阳人,工程师,从事电气一次设备检修维护工作。

## Analysis and Recommendation on Contact Overheat of Low-voltage Field Discharge Switch

GAO Lei, XIAO Lijun

(Shenhua Guohua TaichangPower Generation Co. Ltd., Taicang 215433, China)

**Abstract:** The harm of contact overheat of a frame type switch is introduced by taking the example of the shutdown of the No.8 generator units in Guohua Taidian power plant caused by the overheat of the main contact of field discharge switch. The reason causing main contact overheat of field discharge switch is analyzed, and is believed to be the increase of contact resistance. The effects of contact pressure, contact material, contact temperature and surface condition of contact on contact resistance are discussed. Based on these analysis, effective preventing and handling measures are proposed to ensure safe operation.

**Key words:** field discharge switch; contact overheat; contact resistance