

电网中高压隔离开关触头接触温升实验测试分析

滕松¹ 刘新¹ 李毅¹ 李通²

(1.国网江苏省电力有限公司徐州供电分公司 徐州 221000; 2.中国电力科学研究院有限公司 北京 100192)

摘要: 探讨了GW16-220隔离开关在不同的触头接触状态下产生的最大温升,同时分析了触头温升和隔离开关参数之间的关系。研究表明,在450~600 N的夹紧力范围内,GW16-220隔离开关处于一个状态良好的夹紧力区间中,在这一区间中接触电阻与温升都没有发生显著的改变。当负载电流升高后,触头温度升高。触头表面的污秽程度对于隔离开关的稳态温升具有明显影响,触头温升受到接触压力的影响程度将会不断增加。随热点温度的升高,得到的最高温度和最低温度差值也会增加。静触头上下两侧具有相近的温升规律,并且下方略微低于上方温升。

关键词: GW16-220型隔离开关;触头温升;接触电阻;接触状态

中图分类号: TM564 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 413.20

Experimental analysis on contact temperature rise of high voltage isolating switch contacts in power grid

Teng Song¹ Liu Xin¹ Li Yi¹ Li Tong²(1.State Grid Jiangsu Electric Power Company Xuzhou Power Supply Company, Xuzhou 221000,China;
2.China Electric Power Research Institute Co., Ltd., Beijing 100192, China)

Abstract: The maximum temperature rise of GW16-220 isolation switch under different contact conditions is discussed, and the relationship between contact temperature rise and isolation switch parameters is analyzed. The results show that the GW16-220 isolation switch is in a good clamping force range within the clamping force range of 450~600 N, and there is no significant change in contact resistance and temperature rise in this range. Contact temperature increases when load current increases. The fouling degree of contact surface has obvious influence on the steady temperature rise of the isolation switch. The difference between the maximum temperature and the minimum temperature will increase with the increase of the hot spot temperature. Under the static contact head the two sides have similar temperature rise law, and the lower slightly lower than the upper temperature rise.

Keywords: GW16-220 isolation switch; contact temperature rise; contact resistance; contact state

0 引言

目前,在电网中使用的高压开关设备主要以高压隔离开关为主,其数量达到了高压断路器的近4倍^[1-3]。在实际应用中,隔离开关的不良状态包括触头烧蚀、接触松动、表面污染等问题都会使其工作状况发生明显恶化的现象,随着接触电阻的增大,接触区域的温度也会逐渐升高,引起接触面的快速氧化,导致局部区域出现熔焊或者松动引起电弧的情况,严重时可能使电气设备发生损毁或停电等故障^[4-6]。因此,为变电站设备设置接触温度的实时监测系统成为了一项非常重要的内容,可以根据电气设备温度状况来判断设备的工作状态是否正常^[7-10]。

对高压隔离开关而言,触头的温升状况对其工作可靠

性具有重要影响,当触头快速温升后会缩短触头的使用寿命并降低工作的安全性^[11]。所以,必须对隔离开关的触头温度采取实时监测措施,以此确保高压隔离开关能够长期处于安全运行状态,不断提升设备的安全性能,在第一时间察觉事故隐患,有效避免事故发生^[12-14]。本文主要探讨了GW16-220隔离开关在不同的触头接触状态下产生的最大温升,同时分析了触头温升和隔离开关参数之间的关系,并为后续检修隔离开关的缺陷提供指导依据。

1 触头接触温升试验

为研究不同温升与触头接触电阻对隔离开关触头状态的影响,本文全面分析了隔离开关的各项过热缺陷,同时构建了隔离开关温升测试平台分析GW16-220隔离开关的温

升过程,并比较了接触电阻与触头接触状态的关系以及各种电流状态下的触头温升特点。

本实验选择大电流测试设备为 GW16-220 隔离开关提供大电流,同时分析了接触电阻和触头的温升情况。利用回路电阻测试仪检测了隔离开关的触头接触电阻,同时选择隔离开关触指压力智能检测仪测试了隔离开关的触头压力,之后利用热电偶测温仪测试了隔离开关的触头温度,测试之前需先校验测温仪的温度,同时确认隔离开关是否完全合闸;要求间隔 10 min 测试并记录一次温度,确保 0.5 h 时间中温升低于 0.5 °C 再结束测试过程;应对测试前与测试后的隔离开关接触电阻都进行记录。

对温升进行测试应根据 GW16-220 隔离开关在运行期间产生的各类故障再实施模拟分析。其中,触指镀层材料是用于模拟隔离开关经过多次闭合而引起镀层脱落的情况;动静触头的污秽状态是模拟触头在运行过程中产生的表面污秽现象;采用蚀点来模拟母线隔离开关发生开合闸时引起的放电,产生电弧蚀点。为更加深入分析隔离开关的触头温度分布状态,在 GW16-220 隔离开关动静触头上总共设置了 6~8 个温度探测点,具体布置结构如图 1 所示,各个测温点分别以 1~5 进行了标注。

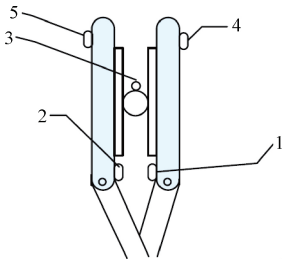


图 1 试验测温传感器布置

2 参数对触头温升影响结果分析

先将 GW16-220 隔离开关设置成不同的触头接触状态,再对各种触头接触状态的隔离开关施加大电流进行测试,采用同样的电流条件测试了如表 1 所示的各种隔离开关触头接触状态的温度。

2.1 接触压力

各个接触压力条件下到达不同时间时的触头最高温度变化曲线如图 2 所示。当夹紧力介于 450~600 N 时,接触电阻并未发生显著变化,同时热点稳态温升情况也保持相对稳定,由 25.5 °C 升高至 26.5 °C。当夹紧力到达 200 N 左右时,温升出现了升高的现象,到达 28.8 °C。根据接触电阻可以发现,在 450~600 N 的夹紧力范围内,GW16-220 隔离开关处于一个状态良好的夹紧力区间中,在这一区间中接触电阻与温升都没有发生显著的改变。随着夹紧力降低到 200 N 左右时,因为动静触头的接触面积受到夹紧力的较大影响,由于接触面积较小,因此接触电阻快速上升,使温度发生快速上升的现象。

表 1 不同触头接触状态与接触电阻的关系

序号	接触压力/ N	触头 材质	表面 质量	表面 污秽	接触电阻/ $\mu\Omega$
1	200				26.22
	420	硬质银	正常	正常	20.38
	580				19.54
2	205				79.85
	425	硬质银	正常	污秽	66.25
	595				41.23
3	203				22.32
	422	硬质银	点蚀	正常	26.52
	605				29.31
4	206				43.21
	425	裸铜	正常	正常	32.25
	610				28.52

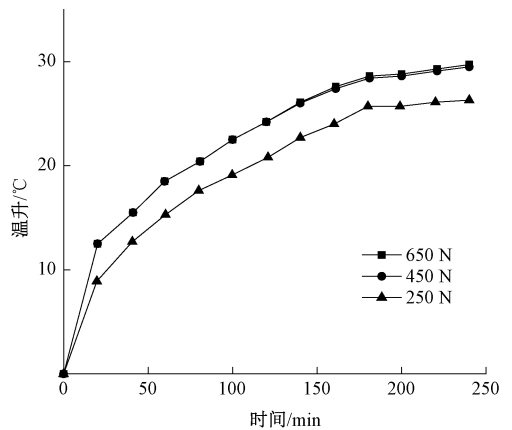


图 2 不同接触压力下触头最高温度随时间变化曲线

2.2 负载电流

为研究不同负载电流下的隔离开关触头温升规律,本文选择镀硬质银材料作为 GW16-220 隔离开关的动触头镀层,并将其接触压力设置成 202 N,获得具有良好表面状态的动静触头,所有蚀点与污秽都被彻底清除,同时把大电流发生器依次设置成 300、600、900、1 200 与 1 500 A 共 5 个等级,之后进行温升测试并对隔离开关触头温度进行检测与记录。通过上述测试发现,隔离开关的触头接触电阻在温升测试前是 26.5 $\mu\Omega$,测试后是 27.2 $\mu\Omega$,如图 3 所示,可以看到各个负载电流下的热点稳态温升。对图 3 进行分析可以发现,当负载电流升高后,GW16-220 隔离开关触头也出现了温度升高的情况。主要是因为发热功率正比于电流平方,热点稳态温升受到负载电流的明显影响。而热点温升和电流之间并不是平方关系,这是由于当电流增加后,热点发热功率也表现为平方增大的现象,而当功率增加以及温度上升后,触头表面具有对流功能的热点和其他区域产生了更大的温差,导致对流散热和热传导散热获得更大的

功率,导致触头发热点温度低于功率增长速率,因此得到的温度曲线处在线性上升和平方增长之间。

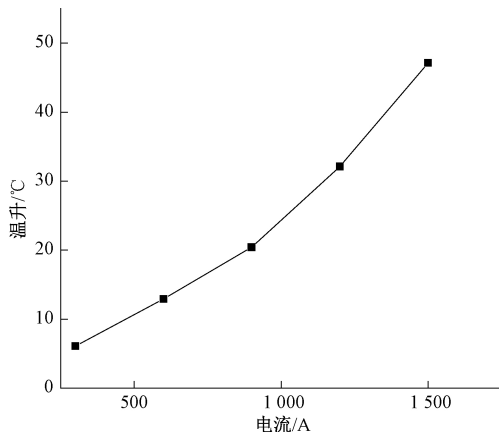


图3 触头最高温度随负载电流变化曲线

2.3 污秽程度

将干粉尘撒到 GW16-220 隔离开关的动静触头上,使动触头上形成约 0.08 mm 厚的污秽层,实现轻度污秽程度。将湿粉尘播撒到动静触头上,得到 0.15 mm 厚的污秽层,实现重度污秽程度。根据以上 3 组夹紧力条件下的温升测试结果可以获得稳态状态下热点温升与隔离开关温度变化趋势。热点稳态温升与污秽程度和夹紧力的关系如表 2 所示。

表 2 隔离开关触头最高温度污秽程度变化关系

触头夹紧力	无污秽	轻度污秽	重度污秽
205	28.8	44.6	74.2
415	25.6	38.2	63.5
605	24.2	32.6	54.7

通过分析表 2 数据可以发现,当隔离开关表面含有污秽缺陷时会引起热点温升的明显增大。对比之前正常表面状态下接触压力对温升的影响可以发现,含有污秽缺陷的情况下,热点温升受到接触压力的显著影响。没有污秽的情况下,接触压力处于 400~450 N,温升将处于一个基本恒定的状态。而当表面含有污秽时,在 200~600 N 范围内热点温度就会发生明显改变。同时还可发现,对于同等接触压力,污秽的不同状态也会对热点温升造成明显影响。当接触状态到达最差情况时,热点温升可以达到 74.1 °C,与 26 °C 的正常温升相比上升了 48 °C。根据以上分析可知,触头表面的污秽程度对于隔离开关的稳态温升具有明显影响,并且在含有污秽的情况下, GW16-220 隔离开关的触头温升受到接触压力的影响程度将会不断增加。

2.4 触头材质

为进一步探讨触头温升与 GW16-220 隔离开关触头的压力与材质间的关系,对比分析了动触头单侧与双侧镀银

两种情况下的温升情况,同时对各个接触压力下的单侧镀银模型温升结果进行了测试比较。各个位置点的稳态温升状态。如表 3 所示,可以发现,动静触头点表现为相近的温升状态,都是随热点温度的升高,得到的最高温度和最低温度差值也会增加。同时还可以看到,同组测试中的静触头上下两侧具有相近的温升规律,并且下方略微低于上方温升,这是因为触头边缘的热空气上升时导致上方温度比下方温度更高。

表 3 隔离开关不同位置稳态温升

接触压力/ N	动触头 上侧	动触头 上下	静触头 上侧	静触头 上下
200	17.6	28.2	33.2	26.6
420	18.3	26.0	26.8	28.2
580	19.6	24.3	26.2	33.0

3 结 论

1) 在 450~600 N 的夹紧力范围内, GW16-220 隔离开关处于一个状态良好的夹紧力区间中,在这一区间中接触电阻与温升都没有发生显著的改变。

2) 当负载电流升高后, GW16-220 隔离开关触头也出现了温度升高的情况,当功率增加以及温度上升后,触头表面具有对流功能的热点和其他区域产生了更大的温差,导致对流散热和热传导散热获得更大的功率。

3) 触头表面的污秽程度对于隔离开关的稳态温升具有明显影响,并且在含有污秽的情况下, GW16-220 隔离开关的触头温升受到接触压力的影响程度将会不断增加。

4) 动静触头点表现为相近的温升状态,都是随热点温度的升高,得到的最高温度和最低温度差值也会增加。同组测试中的静触头上下两侧具有相近的温升规律,并且下方略微低于上方温升。

参考文献

- [1] 郭文平. 煤矿井下高压开关隔离触头高温防护措施的探讨[J]. 机械管理开发, 2018, 33(7): 258-259.
- [2] 张杰, 王炯耿, 周阳洋, 等. 145 kV 户外交流隔离开关触头发热原因分析[J]. 浙江电力, 2018, 37(5): 70-73.
- [3] 黄涛, 冯世涛, 李勣, 等. 高压隔离开关触头温度实时监测技术的研究[J]. 通信电源技术, 2018, 35(3): 241-242.
- [4] 周甜, 李自品, 沈泉宇, 等. GIS 隔离开关触头温升多场耦合数值计算与分析[J]. 中国电力, 2018, 51(2): 13-20.
- [5] 石巧莉, 谢艳彬. 220 kV GIS 隔离开关触头烧坏故障分析与对策[J]. 南方农机, 2018, 49(2): 68.
- [6] 荀华, 姜涛, 岳永刚. GW12-550DW 型隔离开关触头发热缺陷原因分析[J]. 内蒙古电力技术, 2017, 35(5): 65-67.

- [7] 李爽,韦德福,李斌,等.角型隔离开关触头接触程度对其导通特性的影响[J].高压电器,2017,53(9):72-77.
- [8] 郭志宏,孟庆臣,杨榆.防止 10 kV 隔离开关触头频发烧毁事故[J].农村电气化,2017(8):24-25.
- [9] 李晶,周电波,刘晋勇.基于布拉格光栅的隔离开关触头在线测温方法测评[J].四川电力技术,2017,40(4):61-64,86.
- [10] 佚名.一种用于隔离开关触头温度在线监测的方法[J].电气技术,2017(4):70.
- [11] 王珩,刘兰兰,颜小芳,等.电触头材料接触电阻研究分析[J].电器与能效管理技术,2017(17):21-25.
- [12] 赵庆,茅大钧.户外高压隔离开关触头发热机理分析及预防过热故障措施探讨[J].电气应用,2016,35(3):72-76.
- [13] 李晶,满家健,周电波,等.金属封闭高压开关柜手车触头温度场仿真分析及实验研究[J].高压电器,2015,51(8):74-79.
- [14] 孙国霞,舒乃秋,吴晓文,等.基于多物理场耦合的气体绝缘母线触头接触温升有限元计算[J].电工技术学报,2013,28(S2):408-413.

作者简介

滕松,硕士、工程师,主要研究方向为柔性直流输电技术等。

E-mail: chenhong642991@126.com