

一种高压隔离开关触头在线磨光装置

王富勇¹, 李庆凯², 陈华贵¹

(1. 福建电力职业技术学院, 福建 泉州 362000; 2. 福建厦门电业局, 福建 厦门 361004)

摘要: 针对高压隔离开关触头异常发热的检修作业对系统安全、可靠供电的影响,提出了带电维护的新方案,研制开发出不停电处理的磨光装置。装置的先进创新性和高速高效性,确保了电力系统的安全可靠运行,并可产生较大的经济效益。

关键词: 带电处理; 隔离开关; 磨光装置; 绝缘杆; 应用

中图分类号: TM643

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)06-0148-05

A Live Polishing Machine for Disconnecter Contact with High-voltage

WANG Fu-yong¹, LI Qing-kai², CHEN Hua-Gui¹

(1. Fujian Electric Vocational and Technical College, Quanzhou 362000, China;

2. Xiamen Electric Power Administration, Xiamen 361004, China)

Abstract: The treatment of contact abnormal heating of high-voltage isolating knife switch often causes accidents and unreliable power supply. The authors present a new scheme of live maintenance of the isolating knife switch, and thus developed a polishing machine to deal with the contact with high-voltage. This polishing machine is innovative and efficient, and it can benefit the safety and reliability of electric power system.

Key words: live-wire treatment; disconnecter; polishing machine; insulating rod; application

0 引言

受运行工况变化和氧化锈蚀、恶劣环境、严重污染、导电膏油脂丧失及盐垢等因素的影响,变电站内的高压隔离开关动静触头极易产生过热、烧坏、烧熔的事故,为确保电网安全可靠运行,目前通常采用红外热成像技术巡检隔离开关发热情况,根据触头温度异常超标情况,采用停电高空作业法^[1,2]。停电检修带来的繁琐倒闸操作、安全措施布置和人工高空打磨处理等,需要花费很长的停电时间,不仅耗费巨大的人力和物力,还严重影响系统的安全。因此,研制开发不停电处理装置显得十分必要和迫切。

1 高压隔离开关触头带电磨光机的技术参数设计

高压隔离开关触头带电磨光机适用于变电站 35~220 kV 高压隔离开关触头带电磨光作业。产品设计参考了有关技术标准,包括 GB 311《高压输变

电设备的绝缘配合》、DL 408《电业安全工作规程》、IEC 855《带电作业用泡沫填充绝缘管和实心绝缘棒》、GB 13398《带电作业用绝缘杆通用技术条件》等规定要求,提出高压隔离开关触头带电磨光机的主要技术参数,见表 1。

表 1 高压隔离开关触头带电磨光机主要技术参数

参数	产品型号	
	GZM-	GZM-
额定电压等级/kV	110	220
适用电压等级/kV	35、66、110	110、220
最短有效主绝缘长度/m	1.3	2.1
磨光高度范围/m	2~4.5	2.5~6
工作电源/V	交流 220	交流 220
电动机功率/kW	0.75	0.75
磨光器旋转速度/(r·min ⁻¹)	≥800	≥800
辅助支撑方式	单杆支撑	单杆支撑
磨光器升降控制方式	手动	电动
使用环境温度/°C	-20~60	
使用环境湿度/%	≥85	
使用海拔高度/m	1 000 及以下	

收稿日期:2009-06-30; 修回日期:2009-08-24

作者简介:王富勇(1965),男,副教授,从事动力与电气工程教学及技术研究。

2 高压隔离开关触头带电磨光装置的结构设计

高压隔离开关触头带电磨光装置由动力部件、绝缘部件、辅助升降部件及磨具4个部分组成,见图1。

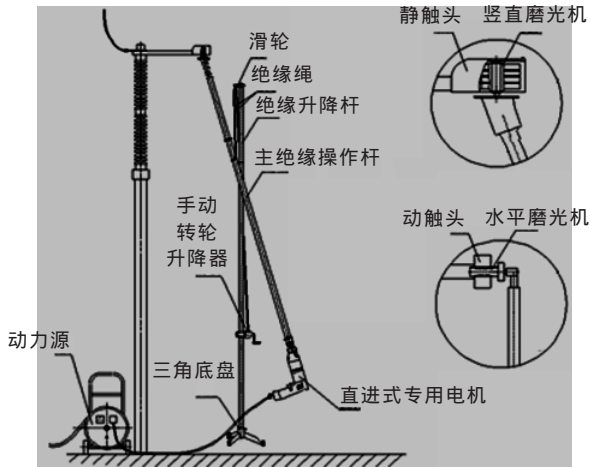


图1 高压隔离开关动触头带电磨光装置整机形式

2.1 动力部件

主要由绝缘传动操作杆、小型电动机、可控电源线小车组成。工作原理:采用小型电动机作为动力源,借助直进式专用电机带动绝缘传动操作杆顶端的磨具,高速旋转的磨具与高压隔离开关触头表面接触,完成触头表面带电磨光作业。绝缘传动操作部件可根据设备安装高度的需要进行分级加长,每节杆两端接头的接口相互兼容。35~110 kV级磨光

装置最大打磨高度可达6 m,220 kV磨光装置最大打磨高度可达7 m。

2.2 绝缘部件

绝缘部件由主绝缘操作杆、绝缘升降杆和辅助绝缘管组成。主绝缘操作杆在带电打磨作业中直接承受系统工作电压,为保证带电作业的安全,严格按照GB 13398《带电作业用绝缘杆通用技术条件》、IEC 855《带电作业用泡沫填充绝缘杆和实心绝缘棒》标准要求对各种材料的性能进行比较^[3-6]。最终采用具有优良电气性能、机械性能、抗老化性能、抗渗透性能的树脂增强型玻璃纤维引拔棒和环氧玻璃布缠绕彩色憎水性绝缘管作为绝缘主材材料。主要性能指标及性能试验结果见表2~4。

2.3 辅助升降部件

辅助升降部件由绝缘升降杆、滑轮杆、绝缘绳和升降器组成。

2.4 磨具

磨具全部采用绝缘材料,由金刚砂磨布、中密度百洁布、环氧树脂胶水和环氧树脂绝缘螺杆组成。磨具具有机械强度高、耐磨性强、重量轻的特点,在与带电体进行高速摩擦时,不会产生悬浮电位造成放电烧坏磨具。粗、中、细3种型号磨具能够满足各种隔离开关不同结构形式及污染、烧伤程度的清扫需求,充分满足镀银材质和触指高低不平等要求。

磨具具体结构见图2~4。金刚砂磨布夹在百洁布中间,根据金刚砂磨布在百洁布中间的装设高度、

表2 玻璃纤维引拔棒性能抽样试验

序号	试验项目	试验条件	试验结果
1	渗透试验	试样置于品红溶液中,抽真空6 500 Pa以下保持1 h	通过
2	弯曲破坏试验	试样试验长度1.5 m	破坏力矩500 N·m
3	干态工频耐受试验	试样300 mm、施加电压100 kV耐受1 min	泄漏电流6.0 μA
4	受潮后耐受试验	同上试样,RH=93%、23℃受潮168 h后耐压	泄漏电流6.8 μA
5	淋雨耐压试验	试样1 m、雨量1 mm/min、雨水电阻率10 000 Ω·cm	通过
6	机械疲劳试验	4 000次弯曲试验,每进行1 000次旋转90°再进行	通过
7	疲劳试验后耐受试验	干态、受潮后100 kV工频1 min耐受试验	通过

表3 玻璃纤维引拔棒的性能指标

序号	性能	单位	技术指标
1	密度	kg/cm ³	>1.8
2	吸水性	%	<0.15
3	拉伸强度	MPa	≥500
4	弯曲强度	N/cm ²	≥500
5	抗压强度	MPa	420
6	变形温度	℃	155
7	线膨胀系数	1/℃	40×10 ⁻⁶
8	相对介电常数		3.7~5.0
9	电击穿强度(20℃)	kV/mm	>25
10	表面电阻率(20℃)	Ω	10 ¹¹ ~10 ¹²
11	体积电阻率(20℃)	Ω·cm	10 ¹⁵

表4 环氧玻璃布缠绕彩色憎水性绝缘管性能试验

序号	试验项目	试验标准值	试验结果
1	300 mm 长试品工频电压 100 kV/1 min 时泄漏电流	干态试验: 泄漏电流 $\geq 10 \mu\text{A}$ 受潮后试验: 泄漏电流 $\geq 30 \mu\text{A}$	5.5 μA 12.0 μA
2	工频电压耐受试验	试品长 3.7 m 施加 640 kV/5 min	通过
3	操作冲击电压耐受试验	试品长 3.7 m 施加 1 175 kV/15 次	通过
4	弯曲力矩试验	允许荷载值 $< 110 \text{ N}\cdot\text{m}$ 破坏荷载值 $< 330 \text{ N}\cdot\text{m}$	165 $\text{N}\cdot\text{m}$ 980 $\text{N}\cdot\text{m}$
5	扭曲力矩试验	允许荷载值 $< 30 \text{ N}\cdot\text{m}$ 破坏荷载值 $< 90 \text{ N}\cdot\text{m}$	45 $\text{N}\cdot\text{m}$ 215 $\text{N}\cdot\text{m}$
6	淋雨耐压试验试品 1.0 m, 雨量 1 mm/min, 雨水电阻率 10 000 $\Omega\cdot\text{cm}$, 施加工频电压 100 kV)	不同耐受时间下测量的泄漏电流值	5 min 0.80, 无发热 30 min 2.11, 无发热 60 min 3.40, 无发热

方式不同,可以起到粗、中、细不同的打磨效果。金刚砂磨布与百洁布以不同的三种形式叠放绕成圈状,使用环氧树脂胶水将其与环氧树脂绝缘螺杆接在一起形成磨具整体。

打磨处理时,磨具 $\phi 12 \text{ mm}$ 的环氧树脂绝缘螺杆与绝缘传动器械连接,传动器械带动磨具逆时针旋转运动,转速控制在 $100 \sim 600 \text{ r/min}$ 之间,以便掌握打磨质量。

(1)对隔离开关触头只有氧化层或轻微粉尘的处理,可采用细质磨具一次性彻底清除,一个触头一般只需 $10 \sim 15 \text{ s}$ 就能处理干净。

(2)对于有较厚重的顽固污垢,可采用中质磨具进行处理,利用金刚砂磨布与被磨物体间的摩擦力,可对个别触头触片的高低不平整不留死角地进行打磨。一般 30 s 内可以将触头的厚重污垢清除干净。

(3)对触头表面因过热出现的烧损(烧损程度小于 $\pm 1 \text{ mm}$ 时),可采用粗质磨具进行处理。由于粗质

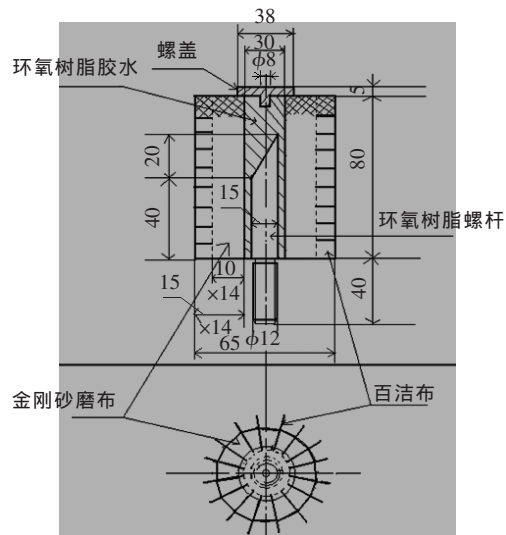


图3 中质磨具

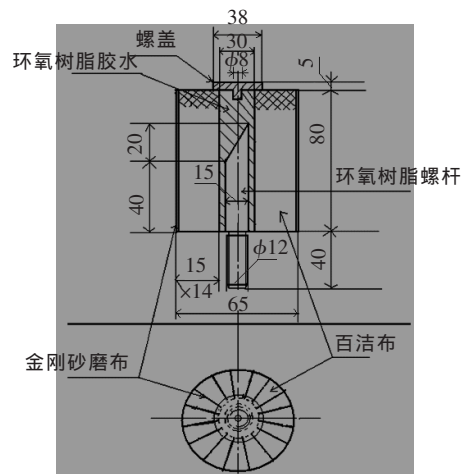


图4 粗质磨具

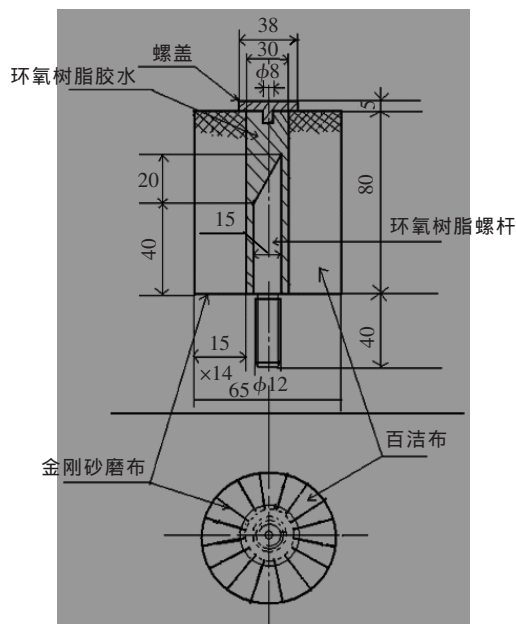


图2 细质磨具

磨具金刚砂磨布直接包裹住百洁布,具有较强的摩擦系数,可将熔焊在触头表面的金属颗粒磨平,同时百洁布作为金刚砂磨布的铺垫,性质较为柔性,适合于烧损触头不平整表面的打磨处理。由于粗质磨具摩擦系数较大,该磨具仅适用于烧损触头不平整部位的处理,处理后可通过更换细质磨具对没有烧损

的部位进行一般性维护处理。通过专用磨具处理后的隔离开关触头的接触电阻可以达到 $40 \mu\Omega$ 以下。

3 磨光机的使用

3.1 现场作业前的准备与检查

进入作业现场前,由工作负责人宣讲工作票,布置工作任务,交代安全措施和注意事项;检查磨光装置各组成零部件的完好性,特别是干燥绝缘性能,要求 5 kV 绝缘摇表或绝缘检测仪分段绝缘检测(电极宽 2 cm 、极间宽 2 cm)的阻值应不低于 $700 \text{ M}\Omega$ 。

3.2 现场作业

进入现场后,据隔离开关动、静触头的锈蚀状况选择并安装粗、中、细不同型号的磨具,连接组装磨光装置,连接电源,检查合格后方可开始作业。

操作人员手持磨光器操作杆上保护环的以下部位,将磨具搭靠在需磨光的高压隔离开关触头表面,启动电机,磨光器高速旋转即可磨光触头表面。使用中,不可直接对磨具进行加压,否则会造成磨具弹跳或因过分施压引起触头镀银磨脱的严重后果。为了满足 220 kV 隔离开关(高度大于 5 m)的清扫要求,专门设计了提升装置,采用绝缘绳和小型轱辘对操作棒进行提升,只要上下轻微转动轱辘,磨具就能在触头间上下往返运动,达到全面清扫触头的目的。

完成一个设备磨光后,应断开电源,移至下一个待处理设备继续进行磨光作业。在磨光机转移时,应将其放平移动,避免与现场设备以及构架相碰。磨光作业全部结束后,先断开电源,按与连接组装顺序相反的步骤拆卸各部件,清理作业现场后,结束工作。

作业后应将绝缘杆擦净并放回储有干燥剂的防潮保护管内(见图5),以确保绝缘部件状态良好,并堵封两端后进行保存或运输。磨光整机还应定期进行预防性试验和检查性试验。

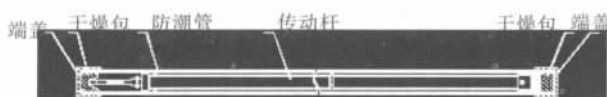


图5 防潮保护管示意图

4 高压隔离开关触头带电磨光机的特点

4.1 安全可靠

高压隔离开关触头带电磨光属于地电位间接带电作业,作业人员始终处于人身与带电体间有足够安全距离的地面上,再加上磨光机采用的树脂增强型玻璃纤维作绝缘材料,按 GB 13398-2003《带电作业用空心绝缘管、泡沫填充绝缘管和实心绝缘棒》,经过严格试验,确保了人身安全;可不停电作业。在

减少操作次数、降低检修人员高空作业给电网及人身带来风险的同时,提高了供电可靠性。

4.2 经济高效

采用磨光装置进行在线处理,不需要登高作业器械和高空作业车,减少了设备投入。从表5还可看出,不停电作业大大提高了工作效率。

表5 采用磨光装置带电作业与停电登高检修的比较

	停电登高检修	磨光装置带电作业
检修1台人数	3人	2人
检修1台时间	110 kV:1 h 220 kV:2 h	15~20 min
可检修隔离开关组数	110 kV:4.5组/3人·天 220 kV:2.3组/3人·天	20~30组/2人·天

4.3 结构新颖

多种型式的打磨器,适用于各种不同型号隔离开关触头的打磨需要。磨光轮采用了各种不同材料的羊毛轮、帆布轮、工程塑料轮、磨砂轮等制成各种不同直径的抛光轮以满足磨光的要求,灵活组装,既能有效地打磨掉触头接触表面的锈蚀层和氧化层,又不损坏隔离开关触头接触面的白金导电层。

机具动力源采用 $350 \sim 750 \text{ W}$ 的电动机,打磨器转速可达 800 r/min 以上,能够有效打磨掉隔离开关触头表面的氧化层和污垢。

4.4 操作方便

采用可控升降杆调节绝缘传动操作杆的升降,使作业人员手持操作部件重量减少,减轻了带电作业人员的劳动强度,并保证作业时机具稳定可靠。

5 高压隔离开关触头带电磨光机的应用实例

实例1:2008年8月19日,发现半兰山变电站1号主变 110 kV 侧 $18\text{A}2$ 隔离开关B相触头温度异常,于8月20日采用红外检测仪进行复测,试验数据见表6,通过对热影像进行分析以及现场采用高清晰照相机拍摄分析,得出的结论是触头表面污染附着物严重。

不停电处理:将磨光装置树立在隔离开关下方,操作棒缓慢靠近带电触头,没有出现异常放电声响或放电现象。将磨具与隔离开关触头接触后以低速转动磨具,运转正常,继续缓慢加快转速,运转正常。处理过程中,先采用细质磨具进行清扫,电机转速控制在中速,由于隔离开关触头表面附着的污垢实在太牢固,一时无法达到较理想的效果。根据现场实际情况及时更换粗质磨具对触头进行打磨,通过 2 min 的往返打磨,动触头表面的附着物被完全清除,露出金属本色,通过多角度拍照分析及 12 h 后红外热成

表6 红外检测仪进行复测数

变电站	半兰山变电站
缺陷部位	18A2 刀闸 B 相刀口
红外测试设备	FLIR P30
正常相温度/°C	44.5
故障相温度/°C	121.8
温升/°C	90.8
相对温差/%	85.1
负荷电流/A	322
缺陷类型	一类

注:试验日期 2008 年 8 月 20 日,环境温度 31 °C,湿度 30%。

像,再次对 18A2 隔离开关测温,发现动静触头没有

任何异常发热点,在三相负荷相近条件下三相温度平衡,确定动触头处理成功,见图 6。

实例 2:2008 年 9 月 19 日,发现半兰山变电站半莲线 1842 隔离开关 B 相触头温度异常,通过比对发现触头接触部分达到 150 °C,为了及时消除异常发热缺陷,同时也为了进一步检验清扫装置性能,决定再次进行带电处理缺陷。

通过将负荷倒到 I 段母线后,断开 1842 开关,发现动静触头局部已经严重过热,上层触指已经过热伴有起皮现象,其余触指,特别是动触头表面附着较为顽固的污垢,表面氧化严重,伴有中等过热烧损现象。本次清扫工作利用粗质磨具及中质磨具进行



图 6 利用磨光装置不停电处理的前后效果对比

处理,没有发现异常放电。其中中质磨具能够根据触头的不平整度,自动寻找触指间不平整的部分进行打磨,而不会过分磨损突出部分。处理后的隔离开关在送电 12 h 后运行人员通过红外测温无任何异常发热点。

6 结语

新型隔离开关动、静触头磨光装置不仅具有重量轻、绝缘性能好、抗潮性能强等特点,而且易损零部件少,操作灵活方便,打磨效果好,易于维护。采用本装置进行隔离开关发热部分的打磨处理,可以避免倒闸操作的繁琐步骤,保证系统供电可靠性和安全性。实践证明该装置具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 梁方建,张道乾.GW5-110 型隔离开关触头发热缺陷分析及检修处理[J].高压电器,2008,44(1):88-90.
- [2] 吕念明,黄伟坚,胡泰.220 kV 变电站隔离开关静触头过热原因分析及解决方案[J].电工技术,2006(12):63-64.
- [3] GB 2900.19-94 中国国家标准汇编.电工名词术语:高电压试验技术和绝缘配合[S].1992.
- [4] GB 11022-1999 高压开关设备通用技术条件[S].北京:中国标准出版社,1999.
- [5] DL/T 878-2004 带电作业用绝缘工具试验导则[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [6] DL/T 976-2005 带电作业工具、装置和设备预防性试验规程[S].北京:中国标准出版社,2006.