

# 220 kV变电站自动化系统直流高阻接地问题分析与处理

彭崑,王志华

(广东电网有限责任公司 珠海供电局,广东 珠海 519000)

## DC High-Impedance Grounding in the Automation System of the 220 kV Substation

PENG Kun, WANG Zhihua

(Zhuhai Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Company Limited, Zhuhai 519000, Guangdong, China)

**ABSTRACT:** Based on the fault searching process and analysis result of the DC earthing incident in 220 kV Bayi Substation of Zhuhai Power Supply Bureau, this paper expounds the harms of the high-resistance earthing in the DC system and explains the solution and treatment process, therefore the conclusion made in the paper is of certain guidance to deal with similar situations encountered in practice.

**KEY WORDS:** 220 kV Bayi Substation; DC system; high-resistance earthing

**摘要:** 以珠海供电局220 kV八一变电站直流接地故障查找过程及分析结果为案例,介绍了直流系统高阻接地的危害及处理过程,对实际工作中遇到的类似情况具有一定的借鉴指导意义。

**关键词:** 220 kV八一变电站;直流系统;高阻接地

## 1 事件背景

220 kV八一站是珠海地区重要的一座枢纽变电站,对侧连接有220 kV尖峰站、220 kV南屏站等多座重要变电站以及珠海电网的重要电源——珠海电厂,是珠海电网以及珠海对澳供电的重要支点。该变电站的稳定可靠性直接影响着整个珠海电网甚至对澳供电的安全稳定。

220 kV八一站于2008年投入运行,投产初期,直流系统是比较完好的,但随着时间的推移,直流系统开始出现一定的问题,其中,最大的问题是段直流系统绝缘偏低,并且伴随着正负电压不平衡的现象。在2011年至2012年期间,出现了多起绝缘

水平偏低的告警。

然而,更加困扰继保人员的是,虽然有种种不正常现象,直流系统对地绝缘一直没能出现全接地(绝缘水平低于7 kΩ)的情况,这让继保人员在利用直流接地查找仪对接地位置进行确定时无法准确地找到接地点的位置。为应对这种情况,继保人员采用了加强巡视,结合定检对场地机构箱、端子箱等易产生直流接地的地方采取处理措施,停电检修时对本间隔直流进行拉路来寻找或排除接地点的方式,然而由于八一站的实际情况是存在高阻接地的接地点,因此,给问题的解决带来了很大的困难。

## 2 故障分析

传统意义上,发生一点接地时,仍然可以继续运行,但也必须及时发现,及时消除;发生两点接地时,会造成不同情况的误动和拒动。

如图1所示,当发生A、B两点接地时,电流继电器KA<sub>1</sub>、KA<sub>2</sub>触点被短接,使KM继电器动作致开关跳闸;当A、C两点接地,又会使KM继电器触点被短接而跳闸;同理,在A、D两点,D、F两点等接地时也同样会造成开关误跳闸。

接地点发生在D、E两点,B、E两点或C、E两点,则开关可能会拒跳闸。

然而,在系统实际运行中,如图2所示正对地、负对地电容C代表直流系统所接电缆对地电容及各静态保护装置的抗干扰对地电容之和,正因为分布电容C的存在,图2中预设的接地点发生接地时,Y<sub>3</sub>

线圈两端电压有可能大于其动作电压而跳闸。在实际工作中曾经出现过因①点接地而开关误跳的事故,事后分别在②、③点模拟一点接地,也同样发生开关跳闸。

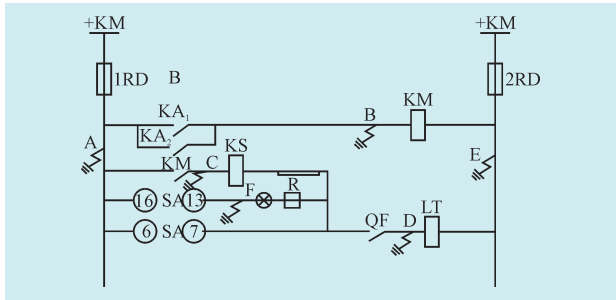


图1 二次回路展开图

Fig. 1 Unfolded plan of the secondary circuit

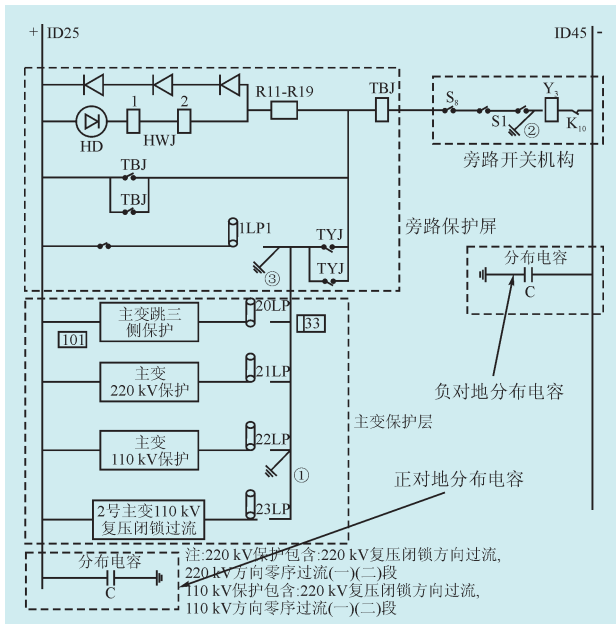


图2 保护回路原理展开图

Fig. 2 Unfolded schematic of the protection circuit

220 kV八一站是珠海地区重要的枢纽变电站,连接电源侧珠海电厂以及南屏、尖峰等多座重要的变电站,起到了对珠海、澳门电网的电力枢纽作用,若开关误跳闸、拒跳闸将有可能造成珠海甚至澳门的大面积停电,该缺陷严重危害电网的安全运行,是很大的安全隐患。

### 3 处理过程

2013年3月7日,继保班工作人员在巡视中发现八一站直流绝缘降低至18 kΩ,虽然还未低至直流接地报警值,但伴随着正负电压不平衡的现象也十

分紧急,于是携带某公司生产的QDB系列直流接地查找仪前往八一站。在对直流系统进行了一轮排查后,直流感地查找仪仍然未能准确指明接地点的位置所在,仪器经常报“双回路或环网”的提示,厂家解释为仪器受到干扰,使用时应尽量用钳表同时钳住一对出线的正负2个回路,若仍不可行,则应在仪器自检过程中必须保持远离干扰源(如手机、wifi网络、高频信号源等),以减少干扰。但经过新一轮重新检验,结果仍然不能令人满意,但有一个细节引起了工作人员的注意,仪器主机在开机后会显示仪器自身对系统接地电阻的监测结果并显示5 s左右,而现场的显示数据是正对地6.4 kΩ,负对地1.0 kΩ,通过对直流系统负荷分布图的分析,工作人员怀疑接地点存在于蓄电池室。在重新办理工作票增加工作地点和安全措施后,继保人员到了蓄电池室发现一般的查找方法在蓄电池侧很难行得通,因为蓄电池本身是电源,也没有什么支路可言。但每个蓄电池都接有一根细电线并全部引到电池巡检仪上,继保人员怀疑是施工人员绑扎带太紧,弄伤了这些电线,于是便解开所有扎带,让这些电线悬空,不过并未解决问题。这时工作人员也担心是蓄电池内部问题,但蓄电池之间都是用硬导体连接,根本不能用钳表测量,于是想到将引至电池巡检仪的电缆每2根钳住进行测量。当工作人员钳到46号电池时,手持仪器报巡检仪侧有接地。工作人员顺藤摸瓜到巡检仪,发现端子爆开,如图3所示,怀疑是端子问题,于是将BAT46电缆解开,但还是没解决。工作人员把2个底座拆开,仪器再也不报接地。于是工作人员拆除主机端,将绝缘监测仪接地线接入,并恢复正常。正负对地电阻均为999 kΩ,可以判断是电池巡检仪内部接地。

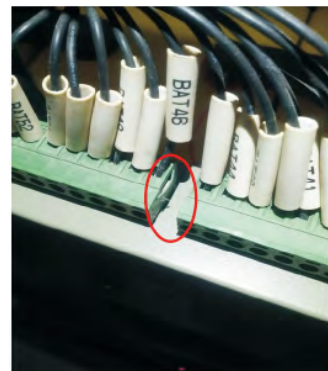


图3 模块端子排图

Fig. 3 The module terminal block diagram

拆开电池巡检仪模块后,如图4所示,工作人员发现巡检仪内部电路板焊脚过长,与后盖接触,所以导致绝缘下降,起初工作人员想将焊脚剪短,但实施过程中发现焊脚很多且很长,也担心剪短焊脚会导致虚焊等问题,使用绝缘胶布将底板与电路板隔离,同时在螺丝增加垫片,抬高电路板。最后把巡检仪模块安装好,遵照安全要求将巡检仪模块接入系统后检查正常,至此,八一站直流接地查找已经完成,困扰继保人员多年的难题得到解决。

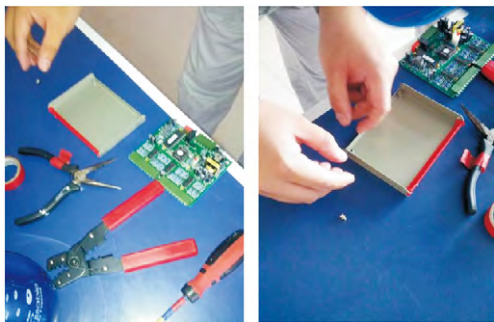


图4 电路板解体图

Fig. 4 Circuit board disintegration drawing

## 4 注意事项

### 4.1 直流系统运行中应注意的相关问题

1) 蓄电池在直流系统电流方向的反方向侧,因此,当此处存在接地点时,直流系统会呈现正负母线绝缘都明显降低的情况。因蓄电池内阻本身较小,而且蓄电池直接与直流系统正负极相连接,当一点接地点在蓄电池端,会产生正负绝缘都偏低且相差不远的情况。若场地控制回路、信号回路产生一点接地,则由于回路中有电容及断开的接点的存在而不会反映出直流系统正负绝缘同时偏低的情况。

2) 蓄电池室内存在直流接地可能除了直流系统电缆接地、蓄电池故障接地之外,还有蓄电池监测装置内部直流接地,由于蓄电池监测装置内部空间比较小,电路板焊脚稍长就会与外壳接触导致接地。

### 4.2 使用直流接地查找仪时应注意的相关问题

1) 该项成果所用到的仪器是某公司生产的QDB系列直流接地查找仪,查找接地点的原理是信号源通过切换可变电阻低频交变的微电流信号,通过移动的钳形互感器检测信号流向,从而找到接地点。设备由信号源、手持器和钳形互感器组成。

2) 直流接地查找仪的工作原理为:在直流系统发生接地故障时,将原本接于系统中的绝缘监测仪检测地线解开,将直流接地查找仪的检测地线可靠接在系统的地上,直流接地查找仪输出高频电流信号,该高频电流信号可通过接地点使仪器与系统形成回路,从而在直流系统中存在接地点的支路感应到高频信号电流,据此确定接地点的位置所在。

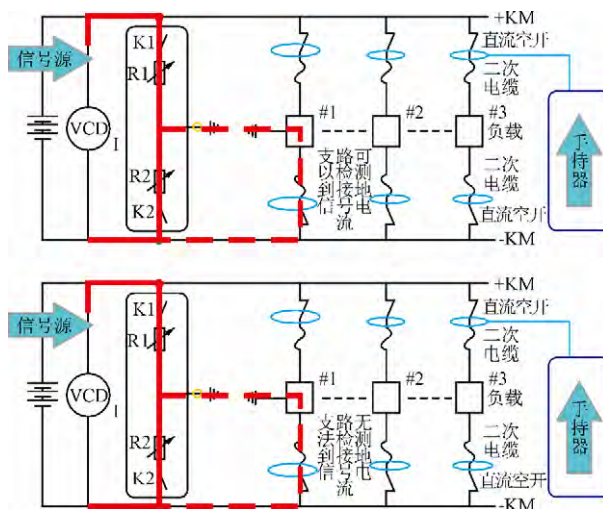


图5 直流馈线原理图

Fig. 5 Schematic of the DC feeder

3) 当直流系统存在高阻接地的情况时,由于接地电阻有可能与直流接地查找仪的接地电阻相类似甚至还更大,因此,仪器所输出的电流信号便有可能产生分流,使得接地回路中没有足够大的信号电流。因此,无法在存在接地点的支路检测到高频信号电流。

4) 根据1)、2)情况,需要对直流接地查找仪的接地电阻进行调整(见图4),可根据现场直流系统监测装置所报的接地电阻来对仪器的接地电阻进行调整,调整后的值大于系统显示的接地电阻值。

5) 主机与手持装置自检调零后无任何异常方可开始对接地点进行查找,在装置进行自检或调零的过程中,必须保持远离干扰源(如手机、WIFI网络、高频信号源等),因为手持装置是通过无线通讯与主机相连,若在自检调零时受到干扰,会造成手持设备的测量信号无法准确地传送给主机,影响查找的准确性。

6) 准确理解主机在开机瞬间显示出的正负对地电阻值,若两者都偏低且相差不大,那么此接地



点很有可能在直流系统的反方向侧,即蓄电池;若两者相差较大,则接地点在开关场地的可能性比较大。因蓄电池内阻本身较小,而且蓄电池直接与直流系统正负极相连接,当一点接地点在蓄电池端,会产生正负绝缘都偏低且相差不远的情况。若场地控制回路、信号回路产生一点接地,则由于回路中有电容及断开的接点的存在而不会反映出直流系统正负绝缘同时偏低的情况。

7) 在使用手持设备对支路进行查找的过程中,要保证钳表的完全封闭,而且钳住正负2条电缆来测量。

8) 系统绝缘监测仪在查找接地点期间会读数不准确,如果已经确定接地点的位置,应退出接地查找仪并恢复原监测仪的接地线再观察对地电阻。

9)“双回路或环网”这一信号的含义是该回路或该回路的连接子回路有接地的可能,但若接地点接地电阻相对较高时,现场测量会有许多回路都报出该信号。因此,该信号不能作为查找接地点的直接依据,但可以在基本确定接地点的情况下对接地点的位置进行验证。

## 5 结语

直流系统是变电站的重要组成部分,涉及众多设备,范围较广,直流接地形式多样,查找困难,对设备的稳定运行带来巨大危害,这就需要运行维护人员不断总结和学习,保障直流系统的稳定运行,维护电网的稳定。

### 参考文献

- [1] 中国南方电网公司. 继电保护反事故措施汇编[S]. 广州: 中国南方电网公司, 2008.
- [2] 广东电网公司. 变电站直流电源系统技术规范[S]. 广州: 广东电网公司, 2007.
- [3] DL/T 969-2005. 变电站运行导则[S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [4] 郭旭敏. 直流系统的运行维护[J]. 通信电源技术, 2012, 29(4): 126-127.  
GUO Xumin. The operation maintenance of DC system[J]. Telecom Power Technologies, 2012, 29(4): 126-127( in Chinese).
- [5] 张次衡. 直流系统接地故障检测装置电容影响问题的探讨[J]. 电力自动化设备, 1996(1): 45-50.  
ZHANG Ciheng. Research on performance of insulation detection system and improvement of the calibration method in hebei south power system[J]. Electric Power Automation Equipment, 1996(1): 48-50( in Chinese).
- [6] 金海望, 董杰, 张金祥, 等. 厂站直流系统接地故障引起开关误跳闸的仿真与研究[J]. 电网与清洁能源, 2013, 29(12): 75-80.  
JIN Haiwang, DONG Jie, ZHANG Jinxiang, et al. Simulation and study of the breaker mis-trip due to DC system grounding faults in the plant station[J]. Power System and Clean Energy, 2013, 29(12): 75-80( in Chinese).
- [7] 邹卫华. 微机超高压并联电抗器保护的研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2007: 44-46.
- [8] 李立伟. 直流系统故障监测的理论及应用研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006: 41.
- [9] 吴剑鸣, 严正. 控制电缆的分布电容对继电保护的影响及防范措施[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(11): 115-118.  
WU Jianming, YAN Zheng. Influence on relay protection of the distributed capacitance of control cable and preventive measures[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(11): 115-118( in Chinese).
- [10] 李兵, 张洪涛, 王来军, 等. 直流串电引起的直流接地信号误报分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(23): 98-100.  
LI Bing, ZHANG Hongtao, WANG Laijun, et al. Analysis to ground signal misinformation of two sets of DC power supplies of which cathode and anode are mixed to connect[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(23): 98-100( in Chinese).
- [11] 李秉宇, 陈晓东. 河北南网绝缘监测装置的性能研究及校验方法的改进[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(23): 231-233.  
LI Bingyu, CHEN Xiaodong. Research on the performance of insulation detection system and improvement of the calibration method in hebei south power system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(23): 231-233( in Chinese).
- [12] 刘利成. 光伏太阳能在变电站直流系统的应用[J]. 电网与清洁能源, 2008, 24(4): 23-25.  
LIU Licheng. The application of solar cells in the substation's DC system[J]. Power System and Clean Energy, 2008, 24(4): 23-25( in Chinese).
- [13] 苏凤飞, 原中东. 一种变电站站用交流系统的智能化设计 and 应用[J]. 电网与清洁能源, 2011, 27(11): 35-40.  
SU Fengfei, YUAN Zhongdong. An intelligent design and application of the AC system in substation power[J]. Power

- System and Clean Energy, 2011, 27(11): 35-40 (in Chinese).
- [14] 魏伟明, 魏秉国. 直流系统负极一点接地致开关跳闸原因分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(9): 76-79.  
WEI Weiming, WEI Bingguo. Causes analysis about one point earthing leading to breaker tripping in DC system[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(9): 76-79 (in Chinese).
- [15] 中国南方电网公司安全自动装置反事故措施汇编[S]. 广州: 中国南方电网公司, 2009.
- 收稿日期: 2015-01-05.  
作者简介:  
彭 焱 (1977—), 男, 大学本科, 工程师, 长期从事电力系统继电保护运行分析维护与管理工作;  
王志华 (1959—), 男, 大学本科, 高级工程师, 长期从事电力系统继电保护运行分析与维护管理工作。  
(编辑 董小兵)



## (上接第42页)

- GAO Dongna, HUANG Jiadong, CAI Guihua. Design and application of automatic voltage control system of regional grid[J]. Electric Power Science and Engineering, 2012, 28(7): 21-23, 35 (in Chinese).
- [7] 郭小薇, 王朝明, 马春生. 智能电网地区无功电压优化控制关键技术研究[J]. 供用电, 2012, 29(6): 36-39.  
QUO Xiaoyou, WANG Zhaoming, MA Chunsheng. Study on key controlling technology of voltage-reactive power optimization at areas with smart grid[J]. Distribution & Utilization, 2012, 29(6): 36-39 (in Chinese).
- [8] 翟海保, 励刚, 黄志龙, 等. 华东电网自动电压控制系统的设计与建设[J]. 华东电力, 2010, 38(5): 0613-0615.  
ZHAI Haibao, LI Gang, HUANG Zhilong, et al. Design and construction of east china grid automatic voltage control system[J]. East China Electric Power, 2010, 38(5): 0613-0615 (in Chinese).
- [9] 杨晓雷, 钱啸. 嘉兴电网分层分区协调控制AVC系统的开发和应用[J]. 浙江电力, 2010, 29(5): 25-27.  
YANG Xiaolei, QIAN Xiao. Development and application of AVC system by layering partition and cooperative control in jiaxing power grid[J]. Zhejiang Electric Power, 2010, 29(5): 25-27 (in Chinese).
- [10] 孙维真, 蒋援平, 郭瑞鹏. 浙江电网省地协调智能无功电压优化控制系统[C]// 第四届全国电力系统无功电压技术交流会论文集, 西安: 2010.
- [11] 苏辛一, 张雪敏, 何光宇, 等. 互联电网自动电压控制系统协调变量设计[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(14): 22-26.  
SU Xinyi, ZHANG Xuemin, HE Guangyu, et al. A new coordination variable for automatic voltage control of inter-connected power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(14): 22-26 (in Chinese).
- [12] 牟善科, 秦莹. 华东电网自动电压控制系统网省协调控制方案研究[J]. 电力与能源, 2014, 35(2): 148-151.  
MOU Shanke, QIN Ying. Research on regional and provincial coordination control scheme for east china grid's AVC system[J]. Power & Energy, 2014, 35(2): 148-151 (in Chinese).
- [13] 邹根华, 郭玉金, 姚诸香, 等. 省地协调自动电压控制(AVC)实现方法的研究[J]. 中国电力, 2008, 41(12): 6-9.  
ZOU Genhua, GUO Yujin, YAO Zhuxiang, et al. An implementation scheme of coordinated automatic voltage control for provincial power networks[J]. Electric Power, 2008, 41(12): 6-9 (in Chinese).
- [14] 赵美莲, 赖业宁, 董爱芹. 省地AVC系统协调控制技术的研究及其实现[J]. 江苏机电工程, 2011, 30(4): 5-12.  
ZHAO Meilian, LAI Yening, DONG Aiqin. Study and realization of coordinated automatic voltage control (AVC) for provincial regional AVC system[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2011, 30(4): 5-12 (in Chinese).
- [15] 栗杰鹏, 陈天华, 杜磊, 等. 基于区域策略寻优的地区电网AVC系统[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(3): 1-4.  
LI Jiepeng, CHEN Tianhua, DU Lei, et al. AVC System for regional power grid based on regional strategy optimization [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2013, 32(3): 1-4 (in Chinese).
- 收稿日期: 2014-01-18.  
作者简介:  
杨晓雷 (1981—), 男, 工学硕士, 工程师, 主要从事电网调度运行方式及无功电压管理方面的工作与研究。  
(编辑 董小兵)