

特高压换流站直流隔离开关烧蚀分析及改进

孙光宇¹ 蒋张威¹ 刘 帅¹ 余 立²

(1. 国家电网公司运行分公司宜宾管理处, 四川 宜宾 644000;

2. 国家电网公司西藏电力公司检修公司, 西藏 拉萨 850000)

摘要: 首先介绍了特高压某换流站金属回线转换隔离开关触头烧蚀情况, 具体分析了造成触头烧蚀的主要原因, 并指出了隔离开关存在合位信号不准确的严重安全生产隐患, 阐明了此类隐患可能对一次设备以及直流控制保护系统的影响。同时提出了相应的解决方案, 并用于现场实施, 改造效果良好, 可为国内其他换流站提供了借鉴。

关键词: 特高压直流; 直流场隔离开关; 触头烧蚀; 安全隐患

中图分类号: TM712 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2018)04-0073-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.04.016

Erosion Analysis and Improvement of DC Isolating Switch in UHVDC Converter Station

Sun Guangyu¹, Jiang Zhangwei¹, Liu Shuai¹, Yu Li²

(1. Yibin Management Office, Operation Branch of State Grid Corporation of China, Yibin 644000 Sichuan, China;

2. State Grid Tibet Electric Power Maintenance Company, Lhasa 850000, Tibet, China)

Abstract: Firstly the erosion situation of a DC converter contact in UHVDC converter station is introduced, the main causes of contact erosion are analyzed in detail, and it is pointed out that there exists serious hidden dangers to the isolating switches because of inaccurate closing signal, which indicates that such hidden dangers may influence primary equipment and DC control protection system. And then the corresponding solutions are put forward, which have been used for field implementation and have a good transformation effect. So it can provide a reference for other converter stations in China.

Key words: UHVDC; isolating switch of DC field; contact erosion; hidden danger

0 引言

直流隔离开关是直流输电开关电器中使用最多的一种电器, 它本身的工作原理及结构比较简单, 但是由于使用量大, 工作可靠性要求高, 对特高压换流站的设计、建设和安全运行均影响较大^[1]。复奉、锦苏、宾金三大特高压直流工程, 其直流隔离开关分、合位信号全部由操作机构辅助开关接点给出, 隔离开关分、合操作行程 85% 时, 辅助接点转换给出信号, 其接点信号的正确性直接影响到直流输电运行方式的判别, 直流运行方式的正确与否直接导致控制模式及保护功能的改变^[2-3]。

特高压某换流站巡检时发现某隔离开关触头有

烧蚀痕迹, 其主要是由于该隔离开关未完全合到位, 控制系统却收到了该隔离开关的合位信号, 导致该路断路器合闸时通流回路有大电流流过, 从而使该隔离开关存在拉弧现象。在此背景下为了保证隔离开关一次状态与二次返回信号一致, 使直流隔离开关满足“在额定电流及动、热稳定电流的位置时发出合闸信号”的条件^[4], 对换流站内相关直流隔离开关接点进行了相应的改进。

1 隔离开关烧蚀情况分析

1.1 故障情况

2016年3月23日, 特高压某换流站运行人员巡检过程中发现直流场中性区域金属回线转换隔离

开关 03001 触头有异常痕迹,检修人员即进行了现场检查,发现:该隔离开关拐臂无损伤,水平度良好;隔离开关下部支柱瓷瓶外观无破损,垂直度在正常范围内;隔离开关机构箱内部无异常;隔离开关两侧触头部位发现明显烧蚀痕迹,如图 1 所示。因隔离开关烧蚀严重,通流接触面受损,已不具备合闸运行能力,需要对隔离开关触头进行更换。

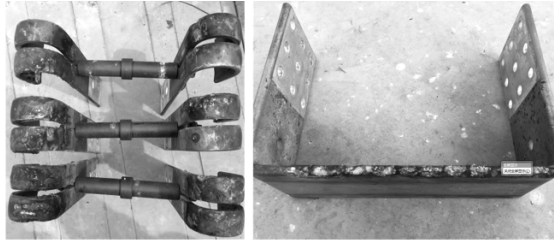


图 1 隔离开关触头烧蚀情况

1.2 故障分析

一般情况下,触头烧蚀的主要原因是在隔离开关操作过程中发生拉弧放电,造成隔离开关触头烧蚀。而拉弧放电造成触头损伤的常见原因包括隔离开关合闸不到位,触头之间接触不紧密,产生拉弧放电;带负荷分、合隔离开关等^[5]。金属回线转换隔离开关 03001 主要在单极大地回线运行工况下承载大电流,如图 2 所示。而在此运行工况下巡检中并未发现拉弧、发热现象,可以排除触头之间接触不紧密引起触头烧蚀的情况。因此主要考虑此隔离开关在进行操作过程中可能发生拉弧放电的情况。

隔离开关 03001 为西安西电高压开关有限公司

生产的 ZGW1-150 型直流隔离开关,其电动操作机构使用辅助开关提供分合位信号,其中分位信号使用常闭接点,合位信号使用常开接点。如图 3 所示,操作机构由分闸位置到合闸位置运行时,辅助开关常开接点在 0%~85% 行程范围内为常开,85%~100% 为常闭;常闭接点在 0%~15% 行程范围内为常闭,15%~100% 为常开。

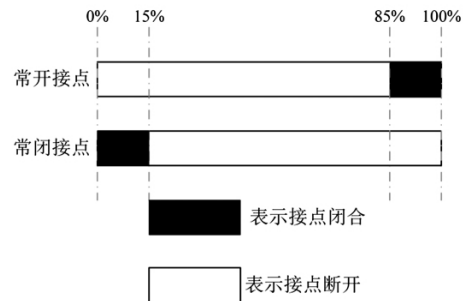


图 3 辅助开关行程

由上述可知,在隔离开关合闸过程中,其仅到达行程 85% 位置就已经送出合位信号,控制系统判定此隔离开关处于合闸位置。由金属回线转大地回线顺控过程可知,控制系统判定隔离开关 03001 与隔离开关 03002 均处于合位,若在执行运行方式转换前隔离开关 01001 或隔离开关 02001 已经处于合位、断路器 0600 已经处于分位,将会执行下一步合上断路器 0300。软件内与断路器 0300 合闸相关的逻辑如图 4 在金属回线转大地回线过程中,软件逻辑中断路器 0300 在收到隔离开关 03001、隔离开关 03002 合位信号后将无延时立即合上。

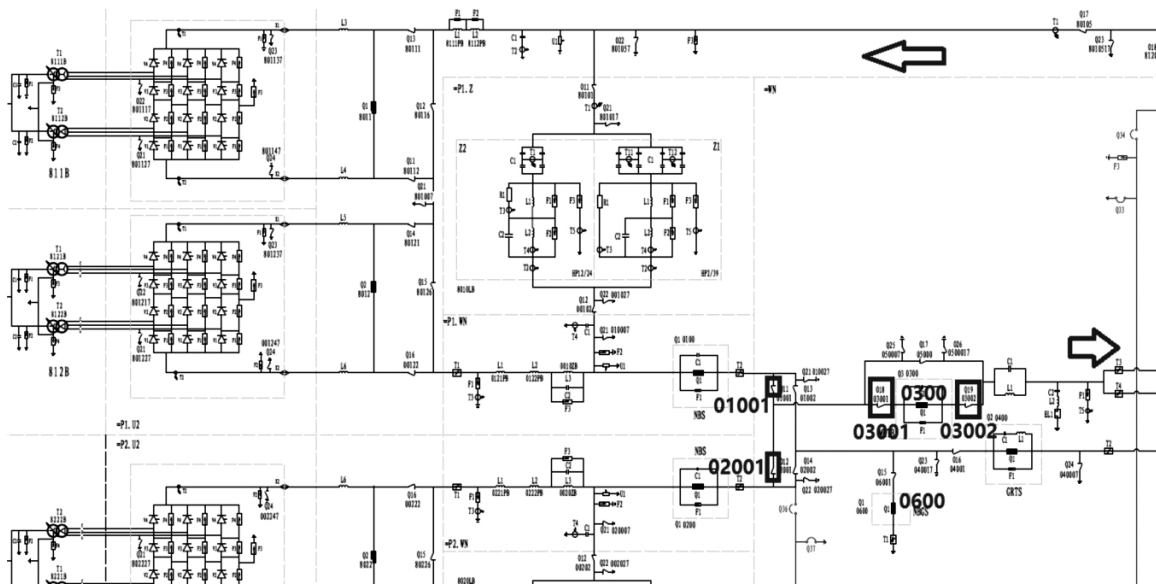


图 2 直流输电接线

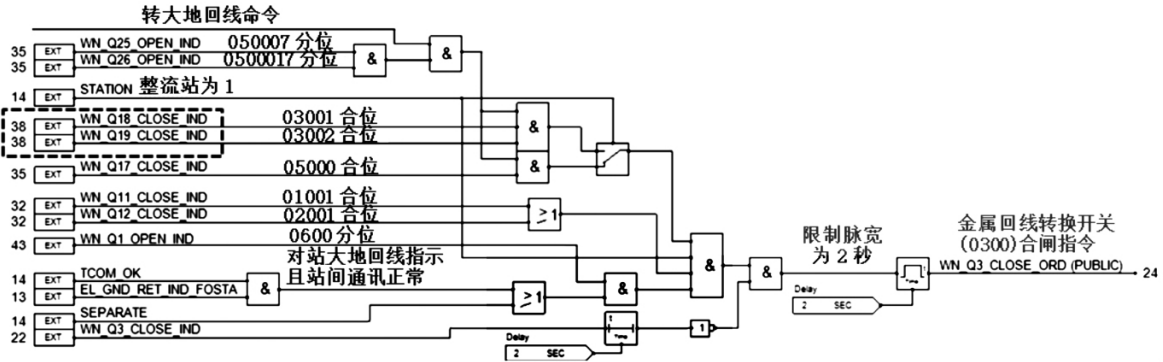


图4 金属回线转大地回线顺控逻辑

由于隔离开关 03001 合闸时间为 8 ± 1 s, 而断路器 0300 合闸时间仅为 54 ms 左右, 由图 2 可知在隔离开关 03001 实际未合闸到位时断路器 0300 已经合闸。极中性母线此时已经与接地极连通, 隔离开关 03001 的触头尚未完全接触情况下流过大电流拉弧放电, 最终造成触头烧蚀。

辅助开关为保证可靠性, 均留有部分裕度, 在隔离开关行程的 85% ~ 90% 就会送出分合位信号。

辅助开关取分合位信号方案, 在一次设备未到位时就送出分合位信号, 对设备安全稳定运行有重大隐患, 对一次设备本身及直流保护系统的安全稳定运行有严重影响。

2 辅助开关取分合位信号隐患分析

高压交流隔离开关和接地开关的国家标准中规定“除非动触头分别到达其合闸或分闸位置, 并满足位置可靠性, 否则不应该发出合闸和分闸位置指示和位置信号”^[6], 而高压直流隔离开关和接地开关的国家标准中并没有明确规定位置指示和位置信号的准确性。

目前隔离开关所用操动机构的辅助开关与其输出轴通常都是直连的, 如图 5 所示, 即输出轴转动的角度也是辅助开关转动的角度, 这样可以为后台提供准确可靠的分合闸位置信号。以输出角度为 90° 的操动机构为例, 理想状态下, 操动机构刚好转动 90° , 隔离开关也刚好到达准确的分合闸位置, 这种情况下, 辅助开关可以做到 100% 的位置信号反馈。但在工程应用中, 往往是操动机构转动 90° , 隔离开关并未到达分合闸位置, 这就需要对操动机构的输出角度进行调整, 以保证隔离开关准确到达分合闸位置, 通常调整角度在 $90^\circ \pm 10^\circ$ 。如果辅助开关切换角度为 90° , 则很有可能在分合闸位置不能发出正确的位置信号, 因此如图 6 所示, 其分合闸位置只能是一个范围, 通常为 30° 才能保证提供分合闸信号的准确性。

西开公司、阿海珐公司、平高公司生产的直流场隔离开关均采用辅助开关取分合位信号方案, 而辅

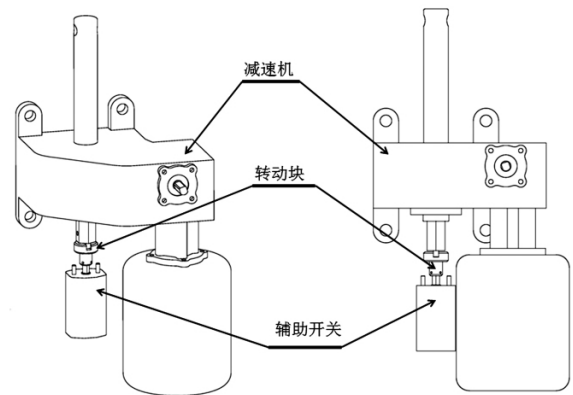


图5 隔离开关及辅助开关结构

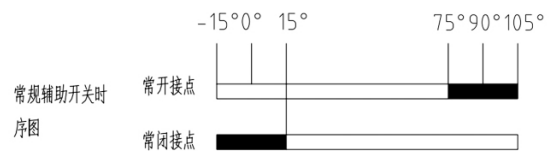


图6 辅助开关时序

2.1 对一次设备的影响

在合闸过程中, 若未合闸到位, 送出合位信号, 控制系统判定隔离开关已经合闸, 而一次设备还未拥有安全通过额定电流及动、热稳定电流的能力, 可能造成隔离开关触头的烧蚀, 引起隔离开关发热、操作寿命减少甚至触头烧毁。

2.2 对保护系统的影响

1) 误判运行方式导致保护误退出

单极金属回线方式下误判运行方式将使整流站

双极保护系统内3套金属回线纵差保护(MRLDP)、逆变站双极保护系统内3套金属回线接地保护(MRCGFP)、金属回线横差保护(MRTDP)退出运行,导致金属回线无主保护运行。站内接地极运行时,误判运行方式将导致双极保护系统内3套站接地过流保护(SGOCP)与后备站接地过流保护(BUSGOCP)退出运行,导致站内接地极无保护运行。

双极控制系统中金属回线指示的判定涉及多个直流场断路器与隔离开关的分合位指示。如图7所示,金属回线指示需同时满足断路器0400合位(整流站)、隔离开关04001合位、隔离开关81202与隔离开关01002合位(极I金属回线运行)、隔离开关81201与隔离开关02002合位(极II金属回线运行)。

以金属回线纵差保护(MRLDP)为例,金属回线纵差保护投入,即“金属回线纵差保护使能(MRLDP_ENABLED)”信号为1,这需要“金属回线指示(MR_IND)”为1,因此,任一隔离开关的分合位信号不准确,都可能导致保护系统误判运行方式,相应保护退出运行。

2) 保护定值选择错误

隔离开关分合位信号不准确可能导致极保护系统内3套接地极开路保护(ELOCP)定值选择错误,有误动闭锁直流风险。

如图8所示,极保护内接地极开路保护(ELOCP),需要利用“金属回线指示(MR_IND)”信号和是否为整流站选择保护定值。相同的,任一“金属回线指示(METALLIC_RETURN_IND)”判据隔离开关的分合位信号不准确,都可能引起动作定值、输入量选择错误造成保护误动。

3 隔离开关辅助接点改进

接点改进主要为弃用原辅助开关的分合位信号,在隔离开关操作机构箱内增加限位开关,在隔离开关完全运行到位时送出分合位信号,保证分合位信号的准确性,消除隐患。

以西安西电高压开关有限公司隔离开关改进为例,改造前隔离开关分、合位信号均由辅助开关给出,辅助开关在分、合闸行程85%即给出分合位信号,如图9所示,其中SP1为分闸限位开关,SP2为合闸限位开关。限位开关采用LX19K型行程开关,行程开关有一对常开接点和一对常闭接点。当分合闸未到位时,相应限位开关在受压状态,常开接点闭合,常闭接点断开。

改造后不再使用辅助开关提供分闸、合闸信号,改为使用限位开关提供分合位信号,如图10所示。每台隔离开关机构箱新增两个行程开关。其中送入

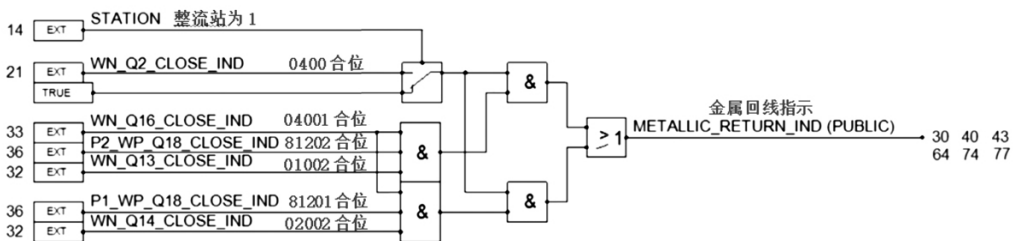


图7 金属回线指示判定逻辑

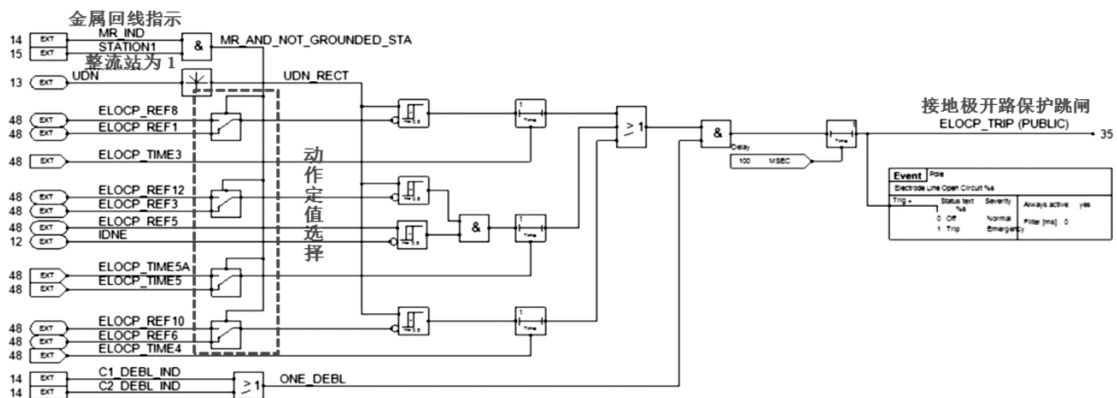
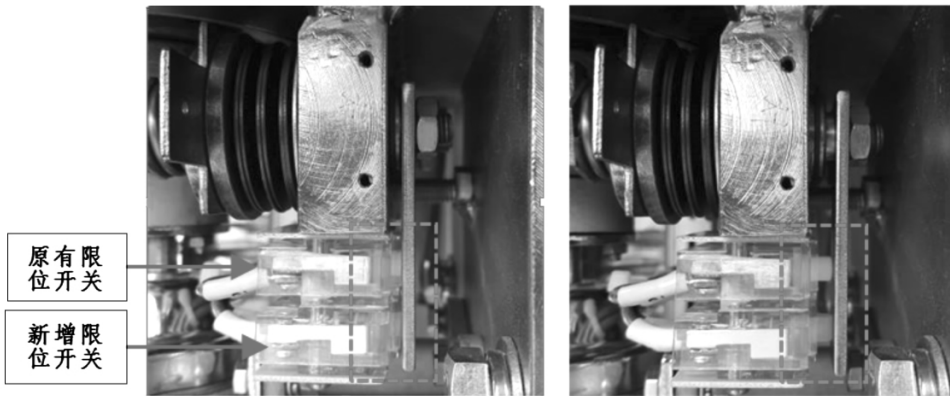


图8 金属回线指示判定逻辑



图9 改造前隔离开关操作机构



(a) 分闸到位前

(b) 分闸到位后

图10 改造后限位开关

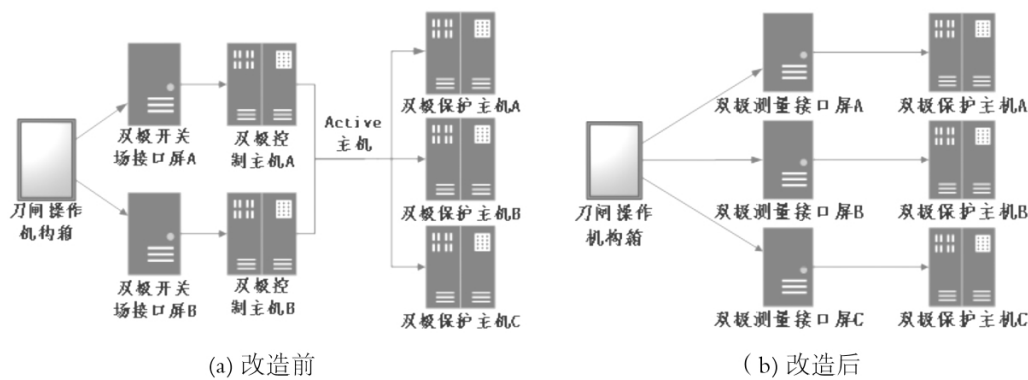


图11 三重化改造前后

A套系统的分位、合位信号使用原有行程开关未使用的常开接点,与分合闸限位信号互异;送入B套系统的分位、合位信号使用新增行程开关的常开接点。相应地,将压住行程开关的挡板加长。

改造完成后,对所有隔离开关多次进行操作试验。首先进行就地操作,确保改造完成的隔离开关可完全分闸到位、合闸到位,分合闸状态下送出的分合位信号正确可靠;再进行远方分合闸试验,确保改造后的隔离开关远控功能正常,同时利用 Hidraw 检查直流控保软件内隔离开关分合位指示与现场一次设备状态一致。最后,在金属回线转大地回线过程

中,使用摄像机摄录金属回线转换隔离开关 03001 分合闸过程,多次回看录像,未发现明显的拉弧放电现象,改造效果良好。

另外,由于现有直流保护用隔离开关分合闸指示通过控制主机送入保护系统,因此,主机控制系统内隔离开关分合闸指示错误,将同时导致3套保护系统内保护误动作、误退出或误选定值,不满足三重化冗余配置的要求。因此,可对接入保护系统的隔离开关分合位信号进行三重化改造。如图11所示,3套保护系统独立采集隔离开关分合位信号,保证

(下转第94页)

采样后,送至控制系统用作触发角控制,没有任何自检功能。

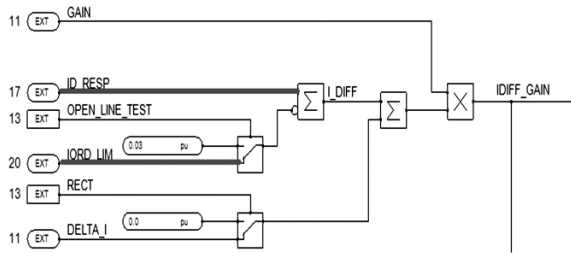


图7 电流控制器电流差值比较

综上所述,结合复龙换流站“6·10”饱和保护动作始末,从板卡的单一元件无自检以及触发角控制的采样情况进行深入分析,认为可进行以下几点改进:一是深入分析元件工作不稳定的原因,如果是产品设计、批次等问题,需要更换同类型板卡;二是完善 ABB 控制保护系统模拟量自检功能,便于及时发现板卡测量异常;三是在当前情况下,加强测量板卡监视,定期查看模拟量采样,并在年度检修期间对板卡开展零漂值检测等;四是加强换流器阀侧电流异常事故演练,发现阀侧电流异常时应及时切换系统,更换故障板卡。

(上接第77页)

每套保护系统信号回路的独立,以满足三重化冗余配置要求。

4 结 语

通过对换流站金属回线转换隔离开关 03001 在操作过程中发生拉弧放电,导致触头烧蚀的缺陷分析,查找到隔离开关触头烧蚀的原因为使用 85% 行程的辅助开关,在隔离开关未完全合闸到位情况下即送出合位信号,造成隔离开关触头拉弧烧蚀。并分析了此类隐患可能对一次设备以及直流控制保护系统的影响;同时简述了可行的解决方案,并且用于实际改造,改造效果良好,为国内其他换流站提供了借鉴。

参考文献

[1] 马永旭,王占杰,王红敏.中性母线直流隔离开关的设计与计算[J].高压电器,2011,47(5):70-75.

3 结 语

复龙换流站换流变压器充电时饱和保护反复出现的报警与饱和保护报警设置不当有关,无论是定值的设定还是饱和保护报警设置都亟需改进;运行方式也要因地制宜,对于共用接地极的复龙、宜宾两个换流站,要严格杜绝一个站接地极线路检修时,另一个站单极大地回线方式运行的情况发生。而复龙换流站“6·10”换流变压器饱和保护动作事件说明控制系统和保护系统的配合上还有一些漏洞,一个小小的元件故障有可能引发直流系统的闭锁,这是需要引起警惕的。

参考文献

[1] 董霞.变压器直流偏磁研究[D].济南:山东大学,2013.
 [2] 南京南瑞继保电气有限公司.RCS977 保护装置说明书[Z].
 [3] 文继峰,张晓宇,程骁,等.换流变压器直流偏磁与饱和保护[J].电力工程技术,2013,32(2):28-30.

作者简介:

肖资阳(1984),工程师,现主要从事特高压直流运行维护工作。

(收稿日期:2018-04-17)

[2] 赵晚君.高压直流输电工程技术(第2版)[M].北京:中国电力出版社,2011.
 [3] 浙江大学发电教研组直流输电教研组编.直流输电[M].北京:电力工业出版社,1983.
 [4] 高压直流隔离开关和接地开关:GB/T 25091-2010[S],2011.
 [5] 王宇驰,司小伟.高压直流隔离开关发热问题研究[J].电气时代,2018(1):81-84.
 [6] 高压交流隔离开关和接地开关:GB 1985-2014[S],2015.

作者简介:

孙光宇(1984),硕士、工程师,研究方向为特高压直流输电技术;

蒋张威(1992),本科、工程师,研究方向为特高压直流输电技术;

刘帅(1991),本科、助理工程师,研究方向为特高压直流输电技术;

余力(1992),本科、助理工程师,研究方向为高压直流输电。

(收稿日期:2018-03-26)