

特高压换流站交流滤波电容器组不平衡保护故障研究

彭寅章^{1,2}, 王海云¹, 张维宁³, 牛征³, 南东亮^{1,2}

(1. 新疆大学电气工程学院, 乌鲁木齐 830047; 2. 国网新疆电力有限公司电力科学研究院, 乌鲁木齐 830013;
3. 国网新疆电力有限公司, 乌鲁木齐 830000)

摘要:交流滤波器作为特高压直流输电工程关键组成部分,扮演着调节电压、提供无功补偿的角色,其安全稳定运行至关重要。针对某换流站交流滤波器组发生不平衡保护动作,通过介绍该站交流滤波器配置情况,结合故障电流的分布特点,对交流滤波器 C_1 电容器不平衡异常进行了分析。为了提高现场运维人员处理故障效率,提出了一种故障电容器组定位方法,该方法可精确定位双 H 桥的 1/6 区域,解决了电容器组不平衡保护的故障定位难题,对特高压换流站可靠运行具有实际参考价值。
关键词:交流滤波器; 无功补偿; 不平衡保护; 故障定位

Study on Unbalance Protection Fault of AC Filter Capacitor Bank of UHV Converter Station

PENG Yinzhang^{1,2}, WANG Haiyun¹, ZHANG Weining³, NIU Zheng³, NAN Dongliang^{1,2}

(1. School of Electrical Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830047, China; 2. Electric Power Research Institute of State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Urumqi 830013, China; 3. State Grid Xinjiang Electric Power Co., Ltd., Urumqi 830000, China)

Abstract: As a key component of UHVDC transmission engineering, AC filters play a role in regulating voltage and providing reactive power compensation, and their safe and stable operation is crucial. In view of the unbalance protection of the AC filter bank of a converter station, the unbalance abnormality of the AC filter C_1 capacitor of the AC filter is analyzed by introducing the configuration of the AC filter of the station and combining the distribution characteristics of the fault current. In order to improve the fault handling efficiency of field operation and maintenance personnel, a kind of positioning method of fault capacitor bank is proposed, which can accurately locate the 1/6 area of the double H bridge, has solved the fault location problem of unbalance protection of the capacitor bank and has practical reference value for the reliable operation of the UHV converter station.

Keywords: AC filter; reactive power compensation; unbalance protection; fault localization

0 引言

特高压直流输电工程作为解决我国能源分布不均问题的关键技术,其安全可靠运行至关重要^[1-5]。交流滤波器场在直流输电系统中既发挥着滤除谐波的功能,也有补偿直流系统消耗无功功率的作用,通常换流站所消耗的无功功率为额定输送功率的 40%~60% 之间^[6-14]。特高压换流站配备的交流滤波器容量相对也较大,发生故障会威胁到直流系统稳定运行,国内每年都会发生若干起交流滤波器场的故障,而不平衡保护故障最为常见^[15-16]。

针对不平衡保护故障给换流站带来的影响,本文结合一起特高压换流站交流滤波器组发生的不平衡保护动作为例,详细介绍了该站交流滤波器组双 H 桥不平衡保护配置情况和故障处理过程。在保护配置方面,文献[7-14]介绍了单 H 桥不平衡保护原理以及故障分析,但缺乏对双 H 桥接线不平衡保护的故障分析。在故障排查阶段,由于缺乏有效故障定位措施,给现场运维人员造成了很大困难,文献[15]提出了一种单 H 桥的故障定位方法,但该方法需额外增加两台电流互感器,造成了在运工程的改造困难和成本增加。

收稿日期:2023-04-20

基金项目:国家自然科学基金项目(51667020);新疆维吾尔自治区教育厅重点项目(XJEDU2019I009)。

本文通过分析该起不平衡保护故障发生过程、原因及处理措施,提出了一种基于电流相对变化的故障定位方法,该方法能精确定位至双 H 桥臂的 1/6 故障区域,且只需在原有的基础上增设一台电流互感器。在保证经济性和快速性前提下,可有效提高运维人员对故障电容器组的排查效率,对换流站的高效运维具有很好的参考作用。

1 某换流站交流滤波器配置

某换流站主接线和无功补偿配置情况如图 1 所示,该站配置无功补偿装置分为 4 大组,交流场分为:进换流变 750 kV 交流场和 750 kV 变电站均采用 3/2 接线方式,之间通过 3 条馈线相连;220 kV 采用双母运行方式,66 kV 采用单母运行方式。

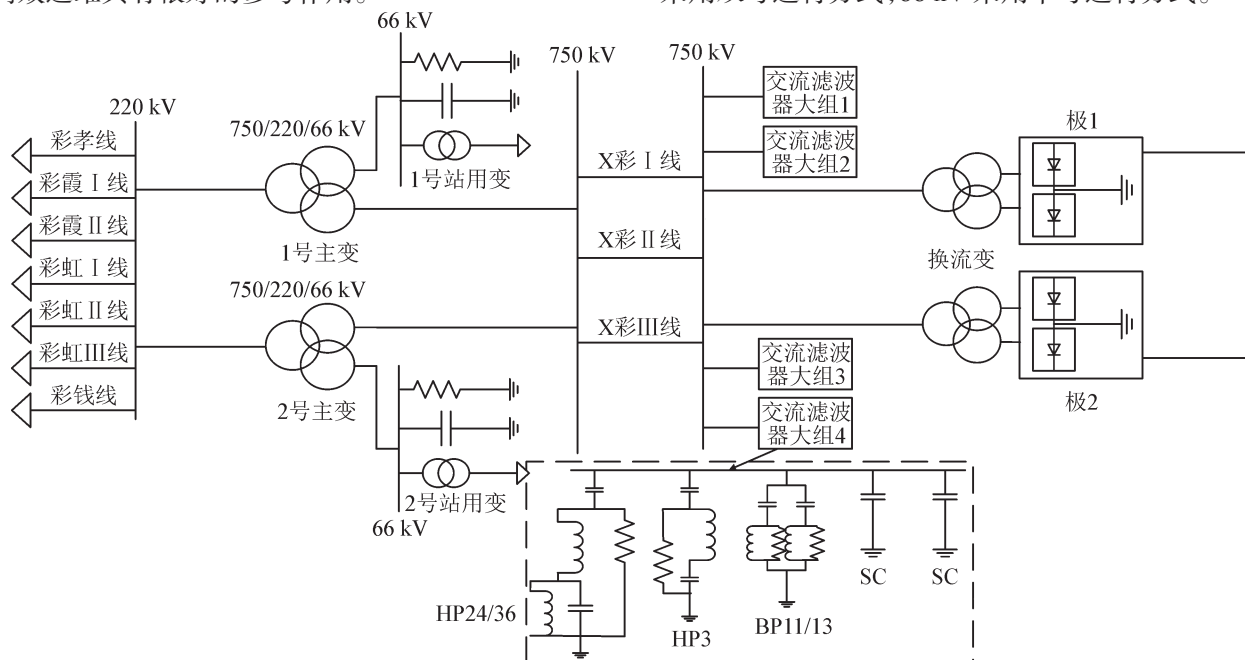


图1 换流站主接线和无功补偿配置图

Fig. 1 Main wiring and reactive power compensation configuration diagram of converter station

目前换流站配置了4大组交流滤波器组,每组又分为5小组,配置类型为:5×BP11/13(A)+4×HP24/36(B)+3×HP3(C)+8×SC(D)。配置类型和容量对应大组和小组情况如表1所示,4大组容量都为1 675 Mvar,但其滤波器类型有所区别,总容量为6 700 Mvar。

表1 滤波器组类型和容量

Table 1 Type and capacity of filter bank

滤波器 编号	第1大组滤波器		第2-4大组滤波器	
	滤波器	滤波器	滤波器	滤波器
	类型	容量/Mvar	类型	容量/Mvar
ACF ₁	BP11/13-2	305	SC-2	380
ACF ₂	SC-1	380	SC-1	380
ACF ₃	HP24/36	305	HP24/36	305
	(双调谐)		(双调谐)	
ACF ₄	SC-2	380	HP3	305
ACF ₅	BP11/13-1	305	BP11/13-1	305

无功功率控制是集成在控制系统内的一个功能,为了控制与交流系统的无功功率交换(Q_Control)或控制交流母线电压(U_Control),RPC 会投/切交流滤波器/并联电容组。如果所控制的量超过预先的设定值,那么系统就会开始执行投/切命令。RPC 提供的“MinFilter”和“AbsMinFilter”功能会同时控制满足

谐波滤波的要求。为了避免过电压,在 RPC 中又实现了另外两个功能:“Q_Maximum”功能和“U_Maximum”功能。这两个功能允许 RPC 切除滤波器和/或并联电容器组,来最大限度地减小过电压保护动作^[16-17]。RPC 中的不同功能具有不同的优先级,滤波器组的投切顺序如图 2 所示。

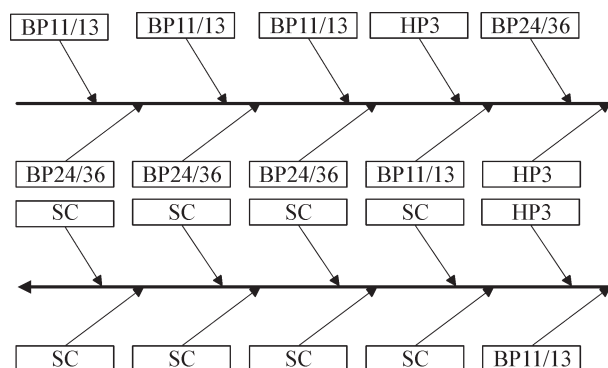


图2 交流滤波器投切顺序

Fig. 2 Switching sequence of AC filter

2 交流滤波器不平衡保护

交流滤波器不平衡保护是针对交流滤波器中的高压电容器故障时,通常故障电流较小,而传统

保护无法检测到某些元件故障而设计的,他对电容元件故障引起的微小电流变化较为敏感,从而避免高压电容单元出现雪崩效应。

2.1 不平衡电流计算

实际工程中交流滤波器接线方式有若干种, C_1 电容器结构常见的有 H 桥型,由 4 个电容器桥臂组成,但也有少数特高压直流工程交流滤波器场采用的是双 H 桥型,该结构如图 3 所示。

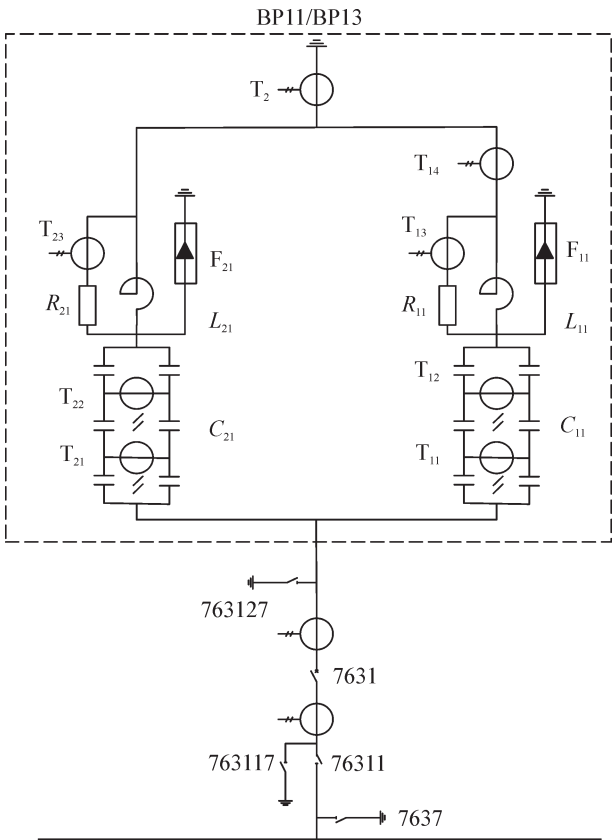


图3 双H桥型BP11/BP13接线图
Fig. 3 Wiring diagram of dual H-bridge type BP11/BP13

图中: T_{11} 、 T_{12} 、 T_{21} 和 T_{22} 为光电流互感器(current transformer, CT),测量不平衡电流; T_2 和 T_{14} 为电磁

式 CT,测量尾端电流和分支电流。

以该换流站电容器组上桥各桥臂电容值为例,分别为 A 面上段 A_1 、A 面下段 A_2 ;B 面上段 B_1 、B 面下段 B_2 ,则流过桥臂间的不平衡电流公式为

$$I_{ub} = \frac{A_1 B_2 - A_2 B_1}{(A_1 + A_2)(B_1 + B_2)} I \quad (1)$$

式中: I_{ub} 为流过桥臂间的不平衡电流; I 为分支电流。

当某个电容器元件发生故障时,该元件的熔丝因此而熔断,则该桥臂上的电容器值将发生变化。由于电容器不再平衡,桥臂间会出现不平衡电流,当 CT 检测到的电流超过定值时,保护动作。不平衡系数公式为

$$K_{ub} = \frac{I_{ub}}{I} \quad (2)$$

式中, K_{ub} 为交流滤波器不平衡保护系数。

2.2 不平衡保护原理

以图 3 双 H 桥型接线为例,当电容器组内部单元发生故障时,与其串联的内熔丝立即熔断,保证电容器组无故障元件有效隔离,内部单元故障所在的桥臂电容值发生变化,破坏了桥臂电容的对称性。以交流滤波器或并联电容器的高压电容器两桥臂的不平衡电流与穿越电流的比值作为动作判据,避免因交流滤波器(含并联电容器)内部元件损坏导致电容器单元雪崩故障,保护逻辑如图 4 所示。

尾端电流 T_2 和 1 分支电流 T_{14} 送入保护装置,经过做差计算得到 2 分支电流,通过与不平衡电流 I_{ub} 的比值求得不平衡系数 K_{ub} 。 K_{ub} 与预设值比较,从而判断是否启动不平衡保护,以及启动哪段保护动作,具体不平衡保护策略如下:

Stage1:报警级。 K_{ub} 按 0.084% 整定,延时 10 s 报警(额定条件下为 181 mA)。

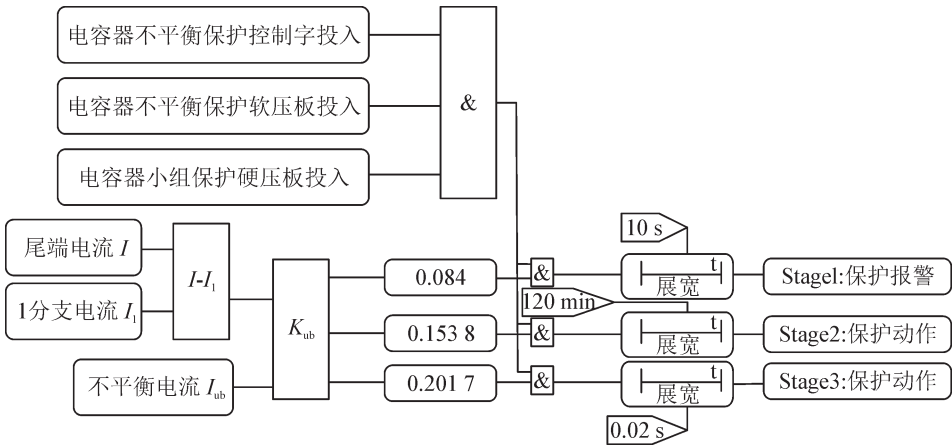


图4 滤波器 C_1 不平衡保护逻辑框图
Fig. 4 Unbalance protection logic block diagram of filter C_1

Stage2:延时跳闸。 K_{ub} 按0.153 8%整定,延时120 min跳闸(额定条件下为331 mA)。

Stage3:迅速跳闸。 K_{ub} 按0.201 7%整定,延时0.02 s跳闸,避免电容器组雪崩损坏(额定条件下为435 mA)。

3 事故分析及处理

08-25 18:16:51,对第3大组交流滤波器7631间隔开关充电期间,交流滤波器保护A、B两套均报出BP11/13-1 2分支 C_1 不平衡III段均动作,并跳7631开关。

3.1 事故分析

调度下发BP11/13-1 2分支不平衡保护定值如表2所示,且对现场A、B两套交流滤波器保护定值一致性进行了核对。

表2 不平衡保护定值
Table 2 Unbalance protection setting

名称	定值
2分支 C_1 不平衡II段比例系数/%	0.084
2分支 C_1 不平衡II段时间/s	10
2分支 C_1 不平衡III段比例系数/%	0.153 8
2分支 C_1 不平衡III段时间/min	120
2分支 C_1 不平衡IIII段比例系数/%	0.201 7
2分支 C_1 不平衡IIII段时间/s	0.02

BP11/13-1 2分支 C_1 稳态不平衡I保护动作公式为

$$I_{ub} > I_{ubqd} \tag{3}$$

$$\frac{I_{ub}}{I} > K_{ubzd} \tag{4}$$

式(3)和(4)中: I_{ubqd} 为不平衡启动定值; K_{ubzd} 为不平衡系数保护定值。

第3大组交流滤波器A套保护录波图见图5。由图5波形分析可知:A套保护装置采集到不平衡电流为0.253 A,2分支穿越电流通过尾端电流和1分支尾端电流做差为115.415 A,得到比例系数 K 为0.002 192,满足不平衡保护I、II、III段动作定值,启动延时20 ms后保护动作,不平衡保护I、II段由于动作时间大于不平衡III段保护动作时间,未启动。

第3大组交流滤波器B套保护录波见图6。由图6波形分析可知:B套保护装置采集到不平衡电流为0.256 A,2分支穿越电流为115.303 A,计算得到比例系数 K 为0.002 22,满足不平衡保护I、II、III段动作定值,启动延时20 ms后保护动作,不平衡保护I、II段由于动作时间大于不平衡III段保护动作时间,未启动。

综上所述,此次交流滤波器保护BP11/13-1 2分支 C_1 不平衡I III段A、B套保护动作均为正确动作。BP11/13 高压滤波器电容器组内部故障保护方式为双H型不平衡电流保护,额定运行电压为650.72 kV,额定电流为215.4 A。

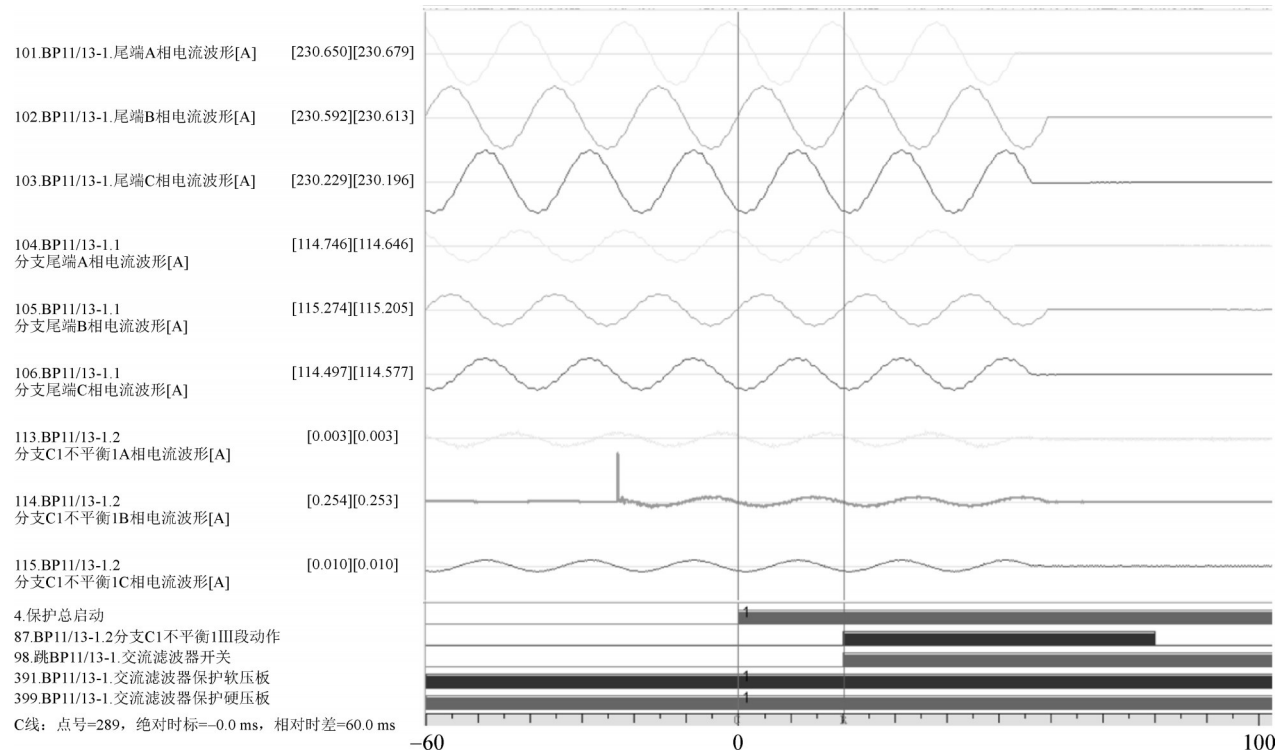


图5 第3大组交流滤波器A套保护录波
Fig. 5 Protection wave of set A of the third large group of AC filters

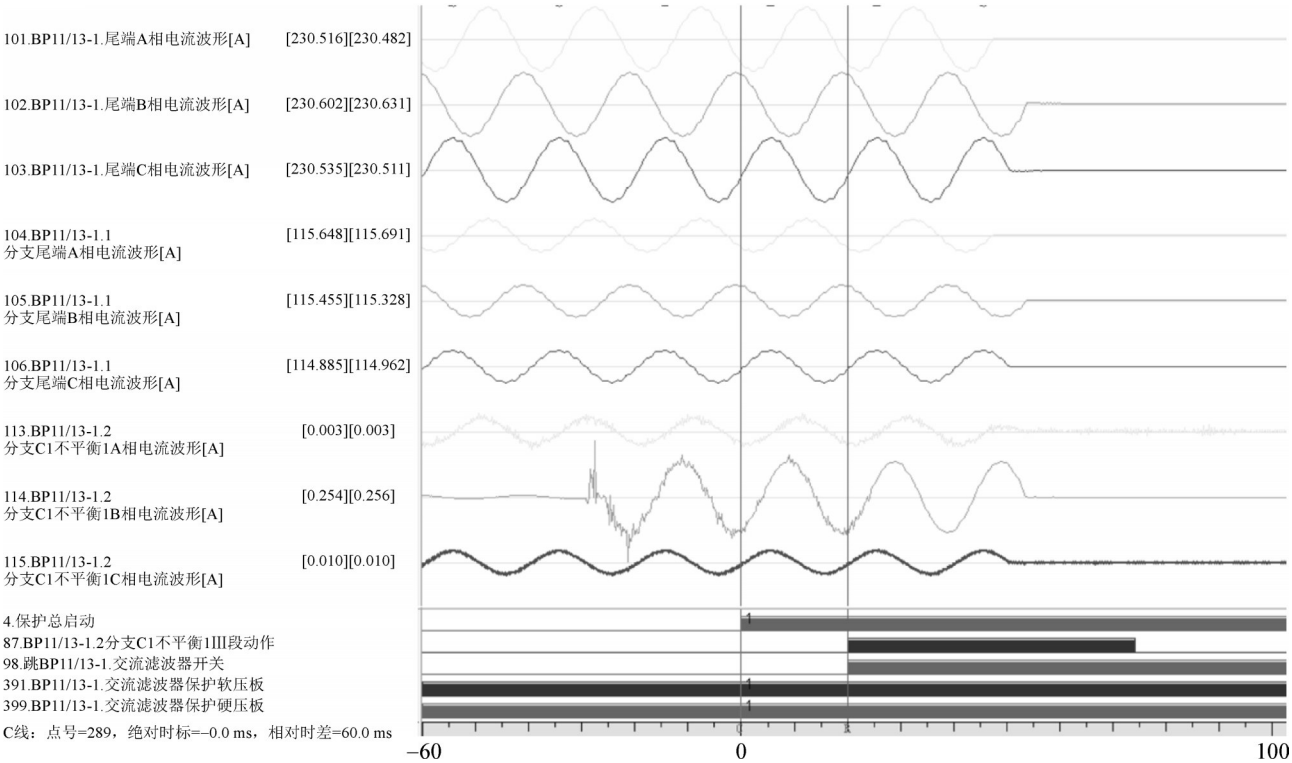


图6 第3大组交流滤波器B套保护录波
Fig. 6 Protection wave of set B of the third large group of AC filters

3.2 事故处理

1)CT 故障原因排查。现场试验人员给 BP13 电容器组 CT₁、CT₂依次通 120 mA 不平衡电流,判断保护是否误报警或误动作,经过测试没有发生误报警或误动作,说明此次不平衡电流保护跳闸不是 CT 故障造成的。

2)桥臂故障原因排查。拆除 BP13 电容器组上桥的进线、CT₁连接线,分别测量 BP13 电容器组上桥各桥臂电容值,经测量:A 面上段 A₁ 电容值为 1.623 μF,A 面下段 A₂ 电容值为 1.391 μF;B 面上段 B₁ 电容值为 1.623 μF,B 面下段 B₂ 电容值为 1.381 μF。

计算电容器组桥差不平衡度为 0.171%,大于第 2 段延时 120 min 跳闸条件,小于 0.02 s 跳闸条件。根据电容器组上桥各桥臂电容器值,上段两桥臂电容值差别不大,可以排除;下段两桥臂电容值差别较大,可以确定故障电容器在下段两桥臂其中一个桥臂。

3)电容器故障原因排查。分别测试各层单台电容器电容值,查找处电容值变化大的电容器(故障电容器),测量值如表 3 所示。经测量发现 A 面第 8 层第 4 号电容器电容量变化较大,现场拆除 4 号电容器,用备品(U17K01705,35.25 μF)进行更换。

表3 电容器下桥段
Table 3 Lower bridge segment of capacitor

项目	A 面电容器下桥段						B 面电容器下桥段						μF
	1号	2号	3号	4号	5号	6号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	
第7层出厂电容值	—	—	—	35.21	35.58	35.56	—	—	—	35.90	35.21	35.25	
第7层实测值	—	—	—	35.92	36.29	36.20	—	—	—	36.55	35.85	35.89	
第8层出厂电容值	35.09	35.20	35.12	35.15	35.16	35.21	35.31	35.29	35.44	35.31	35.44	35.35	
第8层实测值	35.78	35.94	35.85	48.34	35.87	35.89	36.17	36.19	36.25	36.06	36.09	35.91	
第9层出厂电容值	35.33	35.29	35.37	35.26	35.4	35.36	35.22	35.08	35.19	35.21	35.20	35.32	
第9层实测值	36.04	35.89	35.97	35.87	35.95	35.93	35.85	35.72	35.89	35.90	35.88	35.73	
第10层出厂电容值	35.42	35.44	35.41	35.24	35.35	35.33	35.31	35.38	35.38	35.24	35.36	35.45	
第10层实测值	36.14	36.18	36.10	35.90	35.98	36.01	36.01	36.02	36.06	35.89	36.04	36.18	
第11层出厂电容值	35.37	35.40	35.42	35.44	35.35	35.30	35.34	35.44	35.44	35.29	35.36	35.31	
第11层实测值	36.17	36.07	36.08	35.99	35.89	35.78	35.81	35.89	36.08	35.83	35.86	35.85	

- 2023,39(4):17-24.
- TAO Yaguang, LIU Zehui, ZHANG Li, et al. A study on dynamic simulation of spacers' centripetal force under UHVDC short circuit condition[J]. Power System and Clean Energy, 2023, 39(4): 17-24.
- [4] 王新宇, 杨朋威, 程林, 等. 基于多目标约束的特高压直流配套火电接入系统升压变挡位选择方法及校验[J]. 变压器, 2022, 59(10): 1-6.
- WANG Xinyu, YANG Pengwei, CHEGN Lin, et al. Step up transformer tap selection method and verification of UHVDC supporting thermal power access system based on multi-objective constraints[J]. Transformer, 2022, 59(10): 1-6.
- [5] 胡杰, 许刚, 齐立忠, 等. 基于沙戈荒新能源送出特性的特高压工程知识图谱构建技术[J]. 电网与清洁能源, 2023, 39(11): 1-8.
- HU Jie, XU Gang, QI Lizhong, et al. Research on UHV engineering knowledge graph construction technology based on new energy transmission characteristics from desert areas[J]. Power System and Clean Energy, 2023, 39(11): 1-8.
- [6] 吕文韬, 谢海葳, 徐群伟, 等. 特高压直流换流站交流滤波器组对电网谐波的影响分析[J]. 电力系统自动化, 2019, 43(23): 217-225.
- LYU Wentao, XIE Haiwei, XU Qunwei, et al. Analysis on impact of AC filter sets on power grid harmonic in UHVDC converter station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2019, 43(23): 217-225.
- [7] 贾跟卯, 赵启承, 骆福权, 等. 直流换流站高通HP3型交流滤波器电抗器匝间故障监测及保护[J]. 高压电器, 2023, 60(1): 136-143.
- JIA Genmao, ZHAO Qicheng, LUO Fuquan, et al. Monitoring and protection on inter-turn short circuit fault for reactor of high pass 3rd-order AC filter in DC convert station[J]. High Voltage Apparatus, 2023, 60(1): 136-143.
- [8] 邓艳平, 杨秀, 张美霞, 等. ± 800 kV 向上直流换流站交流滤波器的配置与控制[J]. 高压电器, 2017, 53(2): 8-13.
- DENG Yanping, YANG Xiu, ZHANG Meixia, et al. Configuration and control of AC filter for converter station of Xiangjiaba-Shanghai ± 800 kV DC power transmission project[J]. High Voltage Apparatus, 2017, 53(2): 8-13.
- [9] 程林, 章海静, 夏楠, 等. 含大规模储能的多端直流输电系统协调控制策略[J]. 电网与清洁能源, 2023, 39(1): 91-99.
- CHENG Lin, ZHANG Haijing, XIA Nan, et al. A study on the coordinated control strategy of the multi-end DC transmission system with large-scale energy storage[J]. Power System and Clean Energy, 2023, 39(1): 91-99.
- [10] 汪本进, 王睿晗, 吴士普, 等. 特高压直流电压互感器换流结构设计及其对误差特性的影响研究[J]. 电测与仪表, 2022, 59(1): 84-92.
- WANG Benjin, WANG Ruihan, WU Shipu, et al. Research on the heat exchange structure designing for UHV DCVT and its influence on error characteristics[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2022, 59(1): 84-92.
- [11] 万保权, 史兴华, 冯华, 等. 平行架设的特高压交流输电线路电磁环境特性研究[J]. 浙江电力, 2022, 41(1): 102-109.
- WAN Baoquan, SHI Xinghua, FENG Hua, et al. Study on electromagnetic environment characteristics of parallel UHV AC transmission lines[J]. Zhejiang Electric Power, 2022, 41(1): 102-109.
- [12] 周俊. 基于量子遗传算法的特高压新能源电网动态无功优化[J]. 东北电力技术, 2022, 43(9): 10-14.
- ZHOU Jun. Dynamic reactive power optimization of UHV new energy power network based on quantum genetic algorithm[J]. Northeast Electric Power Technology, 2022, 43(9): 10-14.
- [13] 程林, 段昊, 周正钦, 等. 特高压换流变压器局放等效模型及放电缺陷设计[J]. 变压器, 2022, 59(8): 58-63.
- CHENG Lin, DUAN Hao, ZHOU Zhengqin, et al. Partial discharge equivalent model and discharge defect design of UHV converter transformer[J]. Transformer, 2022, 59(8): 58-63.
- [14] 瞿伟, 欧阳曾恺, 朱虹, 等. 基于改进高斯滤波器的含锁相环PV-BES微电网的孤岛检测和无缝切换控制[J]. 电网与清洁能源, 2022, 38(7): 38-46.
- QU Yi, OUYANG Zengkai, ZHU Hong, et al. Island detection and seamless switching control of PV-BES microgrid with phase-locked loop based on improved Gaussian filter[J]. Power System and Clean Energy, 2022, 38(7): 38-46.
- [15] 刘天作, 赵文诗, 张泽强. 锡盟换流站交流滤波器不平衡保护误动作分析[J]. 东北电力技术, 2022, 43(5): 49-53.
- LIU Tianzuo, ZHAO Wenshi, ZHANG Zeqiang. Analysis of AC filter unbalanced protection misoperation in ximeng converter station[J]. Northeast Electric Power Technology, 2022, 43(5): 49-53.
- [16] 张照辉, 徐江涛, 刘子全, 等. 一起特高压换流站交流滤波电容器故障分析与思考[J]. 电力电容器与无功补偿, 2020, 41(2): 47-52.
- ZHANG Zhaohui, XU Jiangtao, LIU Ziquan, et al. Fault analysis and consideration on AC filter capacitor at UHV converter station[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2020, 41(2): 47-52.
- [17] 杨勇, 张静, 杨智, 等. 特高压直流输电系统交流滤波器电容元件击穿故障仿真研究[J]. 电力电容器与无功补偿, 2018, 39(4): 1-6.
- YANG Yong, ZHANG Jing, YANG Zhi, et al. Study on breakdown fault simulation for capacitor element of AC fil-

- ter of UHVDC transmission system[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2018, 39(4): 1-6.
- [18] 吴嘉琪, 陈飞, 谭静, 等. 宜都换流站直流滤波器电容器 C_1 不平衡保护频繁告警原因分析及解决措施[J]. 电力电容器与无功补偿, 2020, 41(6): 8-14.
- WU Jiaqi, CHEN Fei, TAN Jing, et al. Cause analysis and solutions for frequent alarms of unbalanced protection of DC filter capacitor C_1 in Yidu converter station[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2020, 41(6): 8-14.
- [19] 古智鹏, 胡蕴斌, 翁洪志, 等. 基于PSCAD/EMTDC的换流站交流滤波器电容器不平衡电流异常分析[J]. 电力电容器与无功补偿, 2021, 42(1): 12-17.
- GU Zhipeng, HU Yunbin, WENG Hongzhi, et al. Analysis on abnormal unbalanced current of AC filter capacitor of converter station based on PSCAD/EMTDC[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2021, 42(1): 12-17.
- [20] 陆锐, 何海欢, 王坤. 交流滤波器 C_1 不平衡保护动作分析[J]. 电工技术, 2019(21): 81-84.
- LU Rui, HE Haihuan, WANG Kun. Analysis of AC filter C_1 unbalanced protection[J]. Electric Engineering, 2019(21): 81-84.
- [21] 段涛, 张智勇, 李德建, 等. ± 500 kV 换流站交流滤波器组不平衡电流调整新策略[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(6): 135-139.
- DUAN Tao, ZHANG Zhiyong, LI Dejian, et al. The new unbalanced current adjusting strategy of AC filter in ± 500 kV converter station[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(6): 135-139.
- [22] LYU Wentao, XIE Haiwei, XU Qunwei, et al. The impacts of AC filters to power grid harmonic in UHVDC converter station[C]//2018 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2). [S.l.]: IEEE, 2018: 1-9.
- [23] GU Zhipeng, LIANG Weikang. Operation & maintenance analysis and fault handling of AC filter capacitor in converter station[C]//2021 IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications (AEECA), [S.l.]: IEEE, 2021: 214-217.
- [24] 周孝法, 魏向向, 王宾, 等. 一起交流滤波器用断路器击穿事故分析[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(20): 38-43.
- ZHOU Xiaofa, WEI Xiangxiang, WANG Bin, et al. An accident analysis of circuit breaker explosion in AC filter branch in substation[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(20): 38-43.
- [25] 雷鸣东, 张世洪, 许可, 等. 基于相对电流检测的桥差不平衡保护电容器组故障定位方法研究[J]. 电力电容器与无功补偿, 2021, 42(1): 1-5.
- LEI Mingdong, ZHANG Shihong, XU Ke, et al. Study on fault location method of bridge differential unbalanced protection capacitor bank based on relative current detection[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2021, 42(1): 1-5.
- [26] 严进军, 刘茂涛, 宋述波. 云广特高压交流滤波器状态判别逻辑分析及改进建议[J]. 高压电器, 2016, 52(11): 25-28.
- YAN Jinjun, LIU Maotao, SONG Shubo. Analysis of the discriminating logic of AC filter on and off states in Yunnan-Guangdong UHVDC system with suggestions[J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(11): 25-28.
- [27] 卫鹏, 刘建坤, 周前, 等. 锦屏—苏州 ± 800 kV 特高压直流滤波器投切及无功控制策略研究[J]. 高压电器, 2016, 52(9): 14-19.
- WEI Peng, LIU Jiankun, ZHOU Qian, et al. Research on filter switching and reactive control strategy of ± 800 kV Jinping - Suzhou DC transmission project[J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(9): 14-19.

作者简介:

彭寅章(1992—), 男, 博士研究生, 主要研究方向为可再生能源发电与并网和直流控制与保护技术。E-mail: 499684981@qq.com。

王海云(1973—), 女, 博士生导师, 主要研究方向为可再生能源发电与并网技术。

张维宁(1987—), 男, 工程师, 主要从事特高压直流输电系统设备运行与维护方面的研究工作。

牛征(1987—), 男, 工程师, 主要从事特高压直流输电系统设备运行与维护方面的研究工作。

南东亮(1985—), 男, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统保护与控制、数据分析与挖掘。