

一起高压直流阀冷系统隐患分析与治理

杨 涵, 耿成通, 王荣富, 韩广宇

(云南电网有限责任公司楚雄供电局, 云南 楚雄 675000)

摘要: 永富直流输电工程是国家规划、云南省政府重点督办项目, 承担着我国西电东送及云南水电消纳的重要任务, 对降低省内交流穿网潮流、提高电网运行的安全稳定性具有重要作用。阀冷系统作为高压直流系统最重要的辅助设备, 占据换流阀热损耗90%的冷却容量, 保障晶闸管的正常运行。通过对阀外冷系统排污逻辑进行深入研究, 分析其存在的运行风险, 制定隐患治理方案并应用, 消除重大隐患, 有效保障了高压直流安全稳定运行。

关键词: 排污逻辑优化; 热交换; 阀外冷系统

中图分类号: TM721.1

Analysis and Treatment of Hidden Dangers of High Voltage DC Valve Cooling System

YANG Han, GENG Chengtong, WANG Rongfu, HAN Guangyu

(Chuxiong Power Supply Bureau, Yunnan Power Grid Co., Ltd., Yunnan Chuxiong, 675000)

Abstract: Yongfu DC power transmission project is a national plan and a key project supervised by Yunnan Provincial government. It undertakes the important tasks of power transmission from west to east and hydropower consumption in Yunnan in China, and plays an important role in reducing the communication network transmission current in the province and improving the safety and stability of power grid operation. As the most important auxiliary equipment of the HVDC system, the valve cooling system occupies 90% of the cooling capacity of the converter valve heat loss to ensure the normal operation of the thyristor. This paper conducts in-depth research on the sewage discharge logic of the cooling system outside the valve, analyzes the operation risks, formulates and applies the hidden danger management scheme, eliminates the major hidden dangers, and effectively guarantees the safe and stable operation of HVDC.

Keywords: sewage discharge logic optimization; heat exchange; valve external cooling system

永仁换流站作为永富直流输电工程首端站, 阀冷系统采用内外冷组合结构, 其中外冷系统采用水冷方式, 水源自站外水库, 通过前置净水系统工业水池供水, 因近年水库环境恶化、前置二级净水系统问题频发导致水质达不到预期, 加之阀外冷水处理系统排污、冲洗逻辑及定值不匹配, 造成运行期间频繁发生阀外冷水系统喷淋水池液位低和超低的告警事件, 喷淋水液位过低将导致阀冷系统热交换效率降低, 使换流阀温升过快, 增加了高压直流停运风险, 存在重大隐患, 故阀外冷系统相关逻辑、策略调整成为亟待解决的问题。

1 极控系统频繁报喷淋水液位低原因分析

1.1 事件简况

自2021年开始, 运行人员工作站监控发现阀冷系统频繁发生喷淋水液位低的情况, 且呈现恶化趋

收稿日期: 2022-11-15

势, 其中2021年8月25日发生2次喷淋水液位低、2次喷淋水液位超低的告警事件, 运行人员工作站SER如表1所示。

喷淋水池液位告警定值如下: 高于90%水位高告警、低于20%水位低告警、低于10%水位超低告警。现场确认液位低的情况后采用强制就地启动进水工业泵、步进停止排污、旁路过滤装置的方式开展应急处置, 从而避免了一起因阀冷系统冷却容量不足导致高压直流非计划停运的二级事件。

1.2 风险分析

阀外冷系统工业水泵的启动关联喷淋水池液位, 当喷淋水池液位小于补水启动液位(65%)时, 水冷控制系统发请求启动工业水泵, 当喷淋水池液位大于补水停止液位(75%)时, 请求启工业泵请求消失, 停止工业泵。

当喷淋水池液位低于65%, 工业泵启动过程中

表1 运行人员工作站 SER 事件

事件时标	主/从	事件来源	事件描述	事件等级	状态	持续时间
2021-08-25,02:12:16:621	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位低	警告	产生	--:--:--
2021-08-25,02:12:27:885	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位低	警告	产生	0:00:09
2021-08-25,03:03:59:145	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位超低	警告	产生	--:--:--
2021-08-25,03:04:13:356	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位超低	警告	产生	0:00:12
2021-08-25,03:44:55:131	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位超低	警告	产生	0:01:02
2021-08-25,03:45:27:002	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位超低	警告	产生	0:00:25
2021-08-25,05:23:52:909	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位低	警告	产生	0:00:13
2021-08-25,05:24:35:918	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位低	警告	产生	0:00:18
2021-08-25,05:25:09:338	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位低	警告	产生	0:00:14
2021-08-25,05:25:39:544	主(B)	极1极控系统	喷淋水池液位低	警告	产生	0:00:19

极端情况因碳滤罐、软水罐、机械过滤器接连达到冲洗水量定值，会导致无法通过工业泵给喷淋水池供水，而碳滤罐、软水罐冲洗时长达 100 min，每日定时排污达 54 m³，会将喷淋水池液位快速降至 20% 左右。

迎峰度夏期间永富直流长期满负荷运行，满负荷运行时单极阀冷系统最大耗水量达到 300 m³/天，若工业泵不能连续供水，将影响永富直流正常运行。

非正常情况，现场虽可通过 HMI 就地界面、工业泵控制箱、更改定值启动工业泵，但 HMI 界面启动须先停止水处理系统，控制箱启动因距离较远不利于应急处置，修改定值不符合公司规范要求。

当工业水池液位低时，水冷系统报“工业水池液位低”；当工业水池液位超低时，水冷系统报“工业水池液位超低”，自动及就地启动工业泵命令无效。

2 治理措施

2.1 方案一：增加远程强启阀冷工业水泵功能

通过增加极控系统远程强启阀冷工业水泵功能，（1）可实现工业水池液位低时，仍可强制启动工业水泵；（2）启动工业水泵时，停止阀外冷系统碳滤罐、软水罐、机械过滤器冲洗逻辑，并打开对应供水电磁阀。为提高阀冷系统的可靠性，须要对水处理系统的原理图和程序进行升级。

2.1.1 电气原理图技改

后台上增加工业水泵强投按键。

AP12 水处理柜原理图修改如图 1 所示，增加 X125、X126 端子，增加 KAP51A、KAP51B、KAP52A、KAP52B 继电器，KAP51A、KAP51B、KAP51A、KAP52B 的继电器节点接回 PLC 的 DI4 模块的 37/38 节点。

2.1.2 程序技改

在阀冷系统 AP12 水处理柜 HMI 面板上及在 OWS 运行人员工作站极 1 阀冷系统/极 2 阀冷系统 HMI 界面增加工业水泵强投按键，界面如图 2、图 3 所示。工业水泵强投时，停止碳滤冲洗/反洗，软化罐冲洗和过滤器冲洗等操作。

在水处理控制程序中，增加喷淋水池液位低报警，喷淋水池液位低时，停止自循环排污。

在水处理控制程序中，增加喷淋水池液位和软化水池液位与反洗泵互锁，喷淋水池或软化水池液位低时，停止碳滤反洗。

2.2 方案二：阀外冷水处理系统排污逻辑修改

2.2.1 排污方式修改

一方面，将原定时按水量排污改为定时浓缩比排污，排污定值变化前后如表 2 所示，修改前水处理系统每天 00:00 启动排污，排污水量达 54 m³时停止排污，修改后排污水量浓缩比（进水量/排污水量）达 08:00 停止排污，原方式可能导致水质好时浪费了部分水，而当水质差时因排污量不达标造成阀冷系统热交换过程中阀内冷系统蛇形盘管（外冷系统冷却塔中布置）结垢，进而影响阀冷系统冷却效率。

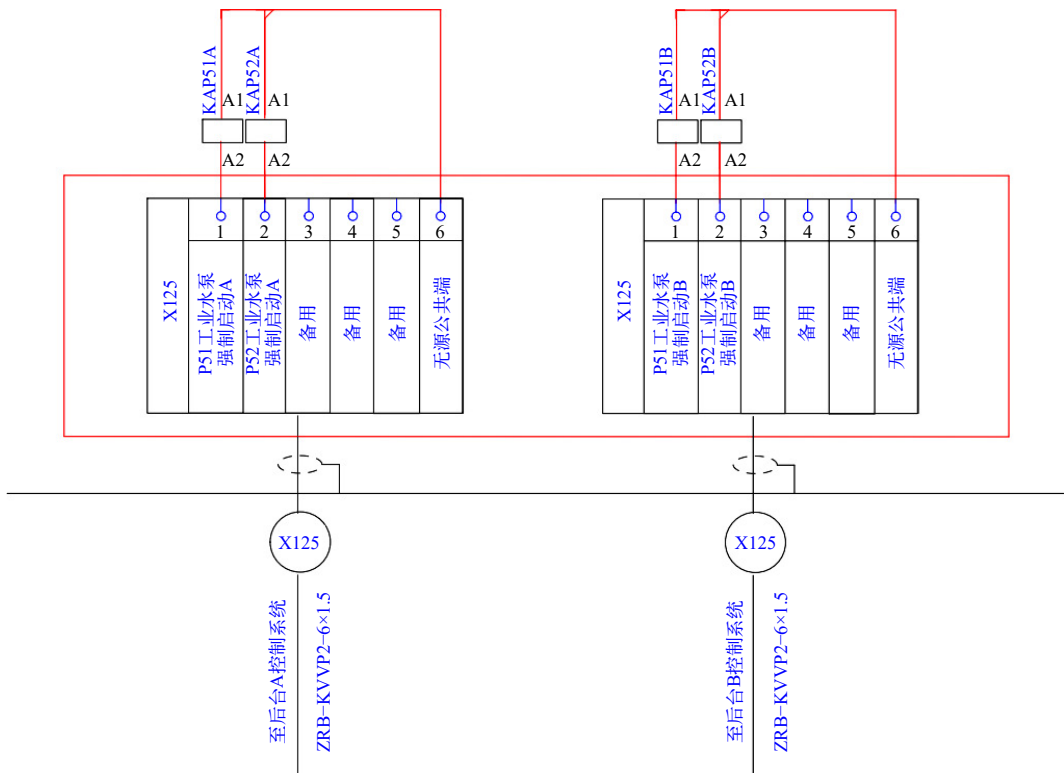


图 1 AP12 水处理柜原理技改

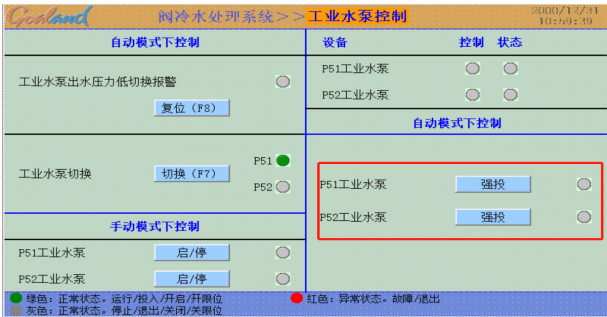


图 2 阀冷系统 AP12 水处理柜 HMI 界面

表 2 排污定值对比

定值名称	修改前	修改后
排污时间周期	1 day, 0 hour, 0 min	
排污停止水量	54 m ³	/
排污启动喷淋水电导率	/	1000 μS/cm
排污停止喷淋水电导率	/	800 μS/cm
排污水量浓缩比	/	8
排污流量异常	/	排污流量≤1 L/s, 持续180 s, 告警

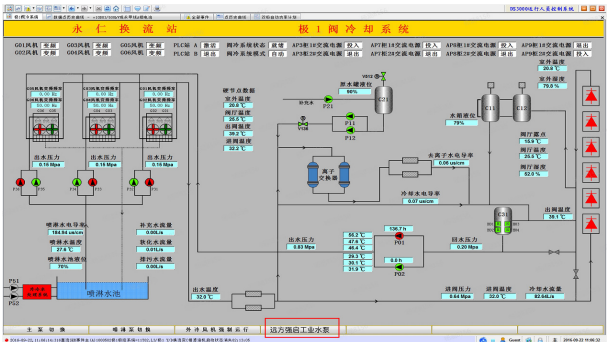


图 3 运行人员工作站阀冷系统监控界面

表 3 排污停止条件表

排污停止条件	备注
排污流量变送器故障	FIT22变送器
排污流量异常	排污流量≤1 L/s, 持续180 s
喷淋水池液位低于50%	/
排污时间到	240 min
排污总量达到浓缩比设定	8

另一方面，改变排污方式的同时增加排污停止条件，如表 3 所示，不影响水处理设备正常正洗、

反洗、慢洗、再生功能，喷淋水水质差时也能启动排污，同时最大限度地保留了喷淋水池的液位，充

分保障了阀冷系统的冷却效能。

2.2.2 直流软件修改

增加排污流量异常中间量,在阀冷系统 PLC FC31 状态处理功能块增加排污流量异常判定,增加背景数据块 DB474 排污流量延时,同时新增定值排污流量异常及延时,在保护定值延时转换 FC30 中对延时进行处理。

在阀冷系统 PLC FC31 状态处理功能块增加 FIT22 故障、流量异常、水池液位低强制过滤条件,增加 FB50 排污流量计算块,增加 DB51 背景数据块,增加浓缩比设定值。

在自循环控制中增加排污时间计时功能,增加停止排污时计时清 0 功能,优化排污完成逻辑,增加时间周期停止排污。

2.3 方案对比与确定

方案一。须进行电气和程序技改,须停运阀冷系统加装对应继电器及二次电缆,涉及阀冷及极控后台厂家协作并调试,工业水泵强投在特殊工况如工业水池液位超低情况下可能导致水泵烧毁,技改费用高、周期长。

方案二。只须进行程序技改,可带电实施无须停运阀冷系统,仅涉及阀冷厂家作业,安全系数高,技改费用低,周期短。

综合考虑,确立方案二为最终技改方案,并结合 2022 年年检完成整改,隐患得以治理。

3 效果验证

阀外冷水处理系统排污逻辑技改后,未发生喷淋水池液位低或超低情况,监测喷淋水电导率在 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下,提高了阀冷系统运行的可靠性,延长了阀冷系统设备的使用寿命,未发生进阀温度告警情况,有效保证了阀冷系统的冷却效能。

技改以后,平均双极每天能节约水资源 40 m^3 ,按 0.7 元/ m^3 工业用水价格计算,每年能节约水费和水资源费用 2 万元,极大地增加了电网运行的可靠性,其中的价值不可估量。

4 结束语

通过现场日常运维发现永仁换流站阀冷系统频繁发生喷淋水液位低的情况,本文从阀冷系统原理、存在风险、治理措施进行分析,通过对 2 种方案进

行对比,最终通过程序技改,将原定时按水量排污改为定时浓缩比排污,增加排污流量异常中间量,一方面可以在阀冷系统复杂运行工况下,仍能保证阀冷系统不间断供水,保障阀冷系统的冷却容量,增加阀冷系统运行可靠性;另一方面可减少运维压力,避免夜间或复杂工况时造成大量人力、精力投入处置,并可同时减少反洗排污等造成的水资源浪费。

参考文献

- [1] 陆锐,严海健,徐攀腾.高压直流输电换流阀冷却系统典型问题分析[J].电工技术,2019.
- [2] 陈杰.天广直流阀冷却系统膨胀箱水位下降分析与处理[J].广西电力,2018:02.
- [3] 刘禾雨,姚进波.一起特高压换流站阀冷系统补水故障处理与分析[J].安徽电气工程职业技术学院学报,2022:01.
- [4] 张家兴,朱旭东.特高压直流工程阀冷系统主水路流量传感器配置优化[J].云南电力技术,2015.
- [5] 雷亚州,徐明,蔡常群.阀冷系统主泵漏水检测装置优化设计[J].科学技术创新.
- [6] 刘凯. ± 500 kV 换流站阀冷系统水质监督与结垢分析[J].湖南电力,2015:8.

作者简介

杨涵(1994—),女,助理工程师,变电运行高级工,从事高压直流运维工作。

耿成通(1991—),男,工程师,变电运行技师,从事高压直流运维工作。

王荣富(1987—),男,工程师,变电运行高级技师,从事高压直流运维工作。

韩广宇(1992—),男,工程师,变电运行技师,从事高压直流运维工作。

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

安徽金寨抽水蓄能电站 3 号机组投入商业运行

2022 年 12 月 4 日 00:00,安徽金寨抽水蓄能电站 3 号机组顺利完成 15 天考核试运行,正式投入商业运行。金寨抽水蓄能电站首批 2 台机组已于 2022 年 10 月 9 日投产发电。

据悉,金寨抽水蓄能电站 4 号机组已于 2022 年 12 月 11 日完成所有调试项目,开始 15 天考核试运行。目前,金寨抽水蓄能电站已投产机组和试运行机组均处于安全稳定运行状态,进入 4 台机组全面投产发电倒计时阶段。

信息来源:国网水新部,国网新源集团,《国家电网报》