

[水冷系统]

换流站站用电失电阀水冷主泵压力低问题分析

文/彭清^{1,2} 任瑞武^{1,2} 唐恒蔚^{1,2} 刘源^{1,2} 李克韩^{1,2}

1. 国网湖南省电力有限公司超高压变电公司; 2. 变电智能运检国网湖南省电力有限公司实验室

结合反措规定介绍了阀冷主泵运行的多种切换逻辑, 对主泵的切换逻辑进行验证过程中发现换流站阀水冷系统在应对站用电失电时, 运行主泵延时1 s执行主泵切换引起压力低报警的问题, 对试验结果进行分析, 指出是切换逻辑参数的配置不合理导致, 根据分析结果提出了两种优化思路及措施建议。

换流阀是换流站运行的核心设备, 换流阀的组件设备包括晶闸管、电阻和电抗器, 在持续运行时会产生很大的热量。为保证其正常运行, 换流站配置了一套循环运行的阀冷却系统, 通过冷却介质不断给换流阀设备降温。为阀冷却系统承担心脏功能的是主循环水泵, 通过主泵给整套阀水冷系统提供动力, 保证冷却介质的循环。换流站每套独立的阀冷却系统配置两台主循环水泵 (P01、P02), 两台主循环水泵互为备用, 单台水泵运行时即可满足额定流量和压力要求, 水泵大小与电动机功率根据换流阀参数不同有所差异。两台主循环水泵控制原理完全相同, 采用轮换起停的工作模式。

由于两台主泵分别接在不同站用电分段上, 当某一段站用电出现失电故障时, 阀冷控制系统需要准确迅速切换至另一台能够正常运行的主泵, 保证阀冷系统的正常运行。在某换流站的阀冷系统调试期间, 发现阀冷系统运行主泵在对应站用电失电切换时, 相继出现主泵出水压力低和进阀压力低报警, 进而引起主泵由于压力低回切现象, 需要及时在阀冷就地屏柜对主泵压力低已切换报警进行手动复位。本文针对此项异常告警, 结合控制逻辑参数进行了深入的

分析, 并提出了两套优化思路及具体的方案。

阀水冷主泵电气原理

1. 换流站主泵配置

换流站每套独立的阀冷系统配置两台主循环水泵 (P01、P02), 两台主循环水泵互为备用。主循环泵电源馈线开关由站用电设置专用, 两台主泵电源分别取自站用电不同母线。主泵电气接线如图1所示。

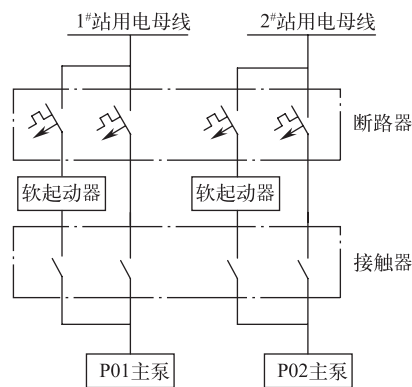


图1 主泵电气接线

2. 阀冷主泵起动流程

主循环水泵采用软起动+工频旁路的工作方

基金项目: 国网湖南省电力有限公司科技项目 (5216A3220015)

式。阀冷控制系统在自动模式下,收到上位机下发的远程起动信号或就地操作面板自动起动信号时,延时5 s主循环泵自动起动。软起动器回路接触器吸合,软起动工作至全压(2.0 s)时,工频接触器吸合,软起动与工频并列运行(3 s)后,软起动器停止同时软起动回路接触器断开,主循环水泵起动完成。

根据国网反措规定,主泵采用变频起动方式,应满足的原则:

1) 在主泵起动成功后,可保持变频器方式运行,或采用经延时转工频的运行方式。

2) 具备工频直接起动的应急运行方式,在两台主泵的变频器均故障的情况下,可实现主泵变频与工频的自动切换或工频直接起动。

3. 换流站主泵切换逻辑

主泵切换可分为正常切换和故障切换,正常切换是在主泵连续无故障工频运行168 h后,起动主循环泵自动切换逻辑,另一台主泵投入软起动转工频运行。主泵正常切换逻辑如图2所示。

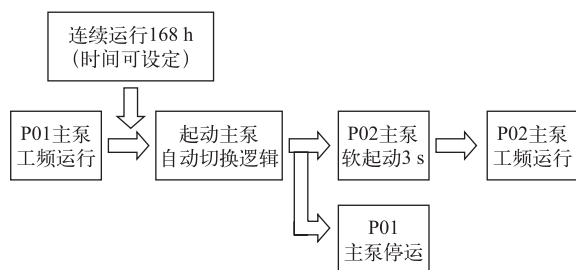


图2 主泵正常切换逻辑

1) 主泵故障切换优先级。电源故障>工频故障>软起故障>压力低故障>过热故障。

2) 压力低切泵。系统压力低报警逻辑。阀冷系统主循环泵出口设置两台压力变送器,进阀压力变送器设置三台,当任意一台主泵出水压力变送器测量值低于保护定值与任意一台进阀压力变送器测量值低于保护定值时,延时3 s后,切换备用泵工频直接运行,同时控制系统报出“阀冷系统压力低切换主泵,请检查并确认”报警。此报警存在时,系统压力低主泵不再执行切换。主泵压力低切换逻辑如图3所示。

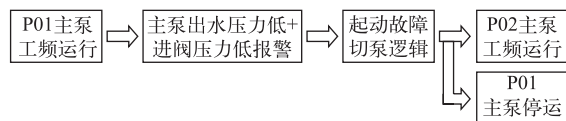


图3 主泵压力低切换逻辑

3) 动力回路故障切换与控制回路故障切换逻辑相同。P01主循环泵接在I段母线上,P02主循环泵接在II段母线上。如P01泵运行时,I段母线电源失电,延时1 s后,控制系统报出“1"交流电源故障”报警同时主循环泵切换至备用泵运行。

4) 切泵失败回切。当前主循环泵正常切换至备用泵运行失败时,控制系统检测出相关报警后切到原运行主泵运行。回切情况包括当前运行主泵过热报警、主循环泵故障报警、站用电400 V电源故障和“主泵出水压力低+进阀压力低”报警。根据反措要求,主泵在切换不成功时应能自动回切,切换时间的选择恰当,切换延时引起的流量变化满足换流阀对内冷水系统最小流量的要求,避免切换过程中出现低流量保护误动作。

换流站主泵切换试验

换流站在对阀水冷系统进行调试期间,重点的调试内容包含主泵的切换试验,下面对某换流站的主泵切换试验内容及问题进行描述。重点对站用电失电切换发压力低问题进行分析。

1. 正常切换试验

测试前P01和P02的软起动和旁路电源开关均处于闭合状态,且无任何报警,P01处于运行状态,P02主泵备用,在触摸屏上操作主泵切换。P02主泵软起动回路运行,P01主泵工频回路停止运行,最后保证P02主泵工频回路运行正常。试验结果验证主泵可以正常切换。

2. 站用电失电切换试验

运行主泵在对应站用电失电切换时,会相继出现“主泵出水压力低+进阀压力低”报警,进而引起主泵压力低回切现象。表明阀冷系统在运行泵由于站用电失电停转1 s后切至备用泵软起动转工频运行时,主泵出水压力、进阀压力低于报警值的持续时间大于3 s,引起主泵压力低回切现象。

3. 试验分析

阀冷系统主泵在运行泵对应站用电失电(延时1 s切泵)切换时的动作逻辑为运行泵停止,同时切换至备用泵软起动(软起动器升速时间2 s,软件控制时间3 s)转工频运行(软起动和工频同时运行5 s后软起动退出保持工频运行);在主泵切换过程中,原运行泵停止,同时切换至备用泵软起动转工频运行

时,系统压力会出现短时下降再恢复,存在重新建立系统压力过程,同时由于原运行泵停转了1 s才执行主泵切换,导致该过程中主泵出水压力和进阀压力低于报警定值的持续时间,大于延时定值3 s,因此引起主泵切换过程中并发主泵出水压力低、进阀压力低报警,进而执行主泵压力低回切现象。运行泵停止切换备用泵软起动转工频运行逻辑目的是避免主泵切换过程工频直接起动产生水锤效应对阀组的压力冲击影响。

综上所述,主泵日常切换正常与站用电失电切换异常的结果差别直接原因为:运行泵由于站用电失电停转1 s后切换(主泵电源故障切换延时1 s定值),出现系统压力恢复不及时情况。

主泵切换逻辑修改建议

1. 优化思路及方案

(1) 方案一

优化思路:依前文分析,阀冷系统运行泵对应站用电失电时,延时1 s执行主泵切换,即存在主泵停运1 s时间情况,切换备用泵重新启动时恢复压力时间加长,引起压力低报警;考虑缩短“主泵电源故障切换延时”定值,由原来的1 s改为0.1 s,让主泵快速响应电源故障切泵,及时恢复压力。切换结果类同于主泵日常切换,可以及时恢复压力。

优化措施:修改阀冷保护值“主泵电源故障切换延时”,由原来的1 s改为0.1 s,并试验验证运行主泵站用电失电切换时不引起压力报警回切现象。

(2) 方案二

优化思路:切换过程中,由于主泵起动建立压力的时间为固有特性,主泵切换起动初期建立压力恢复至低值以上的时间大于3 s;为了解决正常主泵起动初期不引起过早误报压力低报警而回切问题,需要在切换主泵时,给予新运行泵建立压力的允许时间,即新运行泵刚起动运行时,不能即时用3 s时间来检测判断压力异常。

主泵切换时,给予切泵后允许重新建压缓冲延时1 s,再重新开始检测主泵出水压力、进阀压力报警;即主泵刚起动时,给予1 s缓冲时间,继而开始压力检测,若压力仍然异常,会在3 s后报出,并进行压力低切换动作。

优化措施:优化PLC软件,修改主泵出水压力

低、进阀压力低报警逻辑,增加主泵切换起动延时1 s后开始检测条件,原主泵正常运行时压力低报警3 s延时没有变化。

压力报警逻辑优化前后示意图如图4、图5所示。

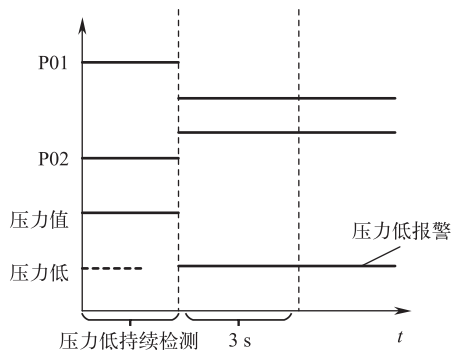


图4 压力报警逻辑优化前示意图

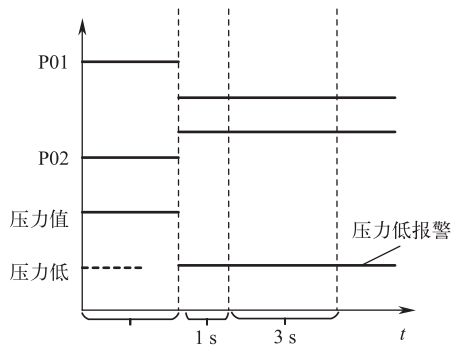


图5 压力报警逻辑优化后示意图

方案二延时1 s理论存在如果主泵切换时,备用泵不可检测故障而无法运转,则压力报警优化后效果比优化前慢1 s报出,延迟1 s执行压力低回切情况。

方案二可解决主泵切换时过早检测压力而引起误报压力低报警,同时不会影响主泵正常运行时的压力低检测报警延时,仍为3 s。通过与厂家的联合分析,采用“延时1 s检测”的方案,并进行逻辑修改。

2. 逻辑修改及验证试验

将两台主泵起动完成延时导通定时器 T594/T595由原“延时0 ms”修改为“延时1 s”。主泵出水压力低、进阀压力低报警网络使用T594/T595为导通条件,原值0 ms效果为切泵持续导通检测,后值1 s效果为切泵延时1 s导通检测。

软件优化更新后,进行站用电失电试验,观察验证阀冷系统运行泵失电故障切换结果。以单个阀

组切换试验为例,对试验流程进行描述及对结果进行论证。

(1) 试验方法

试验前P01主泵为工频运行状态,P02主泵为备用状态。通过切换站用电开关进行站用电失电模拟,P01主泵切换至P02运行,P02主泵切换至P01运行,进行采用同样的试验流程。

(2) 试验结果

P01主泵工频运行停止,P02主泵软起动并转工频运行,无压力低报警和压力低切换主泵,且流量满足换流阀要求,试验验证逻辑修改成功。

结束语

针对换流站阀水冷主泵在调试过程中出现的站用电失电阀水冷主泵发压力低的问题,本文通过问题进行分析,提出了两种优化思路并提出了改进方案。通过对比选择了“延时1 s检测”的方案,并针对方案对阀水冷PLC进行逻辑修改。最终通过优化后的站用电切换试验验证了本次逻辑修改成功。EA

(收稿日期:2023-09-10)

参考文献

- [1] 换流站阀冷却系统设计技术规程DL/T 5562—2019[S].
- [2] 陆锐,严海健,徐攀腾,等.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(11):97-99,101.
- [3] 黄殿龙,陈倩,潘明昊,等.关于特(超)高压直流换流站阀冷却系统冷却方式的对比研究[J].中国设备工程,2021,1(12):118-119.
- [4] 杨柳,张丽,周月宾,等.柔性直流换流阀与水冷变压器外冷却系统一体化设计方案[J].南方电网技术,2021,15(6):15-19,35.
- [5] 刘晓波,许鸿飞,刘源.酒湖工程阀水冷系统设计优化分析[J].湖南电力,2017,37(S1):77-82.
- [6] 李昊轩,吴继平,马国帅,等.晶闸管阀水冷系统流量设计优化研究[J].电工技术,2022(15):201-203,210.
- [7] 刘孝,钱逸磊,闫全全.一起换流站阀水冷系统故障问题分析及处理[J].电力与能源,2023,44(3):296-300.
- [8] 张国华,马根坡.电压故障下的阀冷系统主泵切换逻辑分析[J].电网技术,2021,45(1):189-197.
- [9] 胡义.换流站闭式冷却塔应急辅助风冷装置的设计及应用[J].电工技术,2022(9):125-127.
- [10] 王应坤,刘顺意,黄晨,等.特高压换流站站用电系统备自投可靠性提升研究[J].湖南电力,2022,42(4):90-94.
- [11] 杨柏森,任海莹,孔德卿,等.±500 kV柔性直流换流阀冷却系统方案设计[J].电气应用,2021,40(1):83-90.

