

换流站阀冷主循环泵可靠性分析

刘钊,李昊

(国网宁夏电力有限公司检修公司,宁夏 银川 750011)

摘要: 结合换流站曾发生的主泵停运导致极闭锁事件,分析了换流站主泵运行原理和运行可靠性。通过外因—主泵启动方式的稳定性分析、主泵电源可靠性分析和内因—主泵保护与主泵配合、主泵控制逻辑合理性分析,提出了增加主泵电机稳定性的建议和改进措施,可为其它换流站提供借鉴,同时也可新建换流站主泵电机、控制保护逻辑和回路的设计提供参考。

关键词: 内冷水主循环泵电机;软启动器;变频器;运行可靠性

中图分类号: TM 311.3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1672-3643(2019)06-0041-05

有效访问地址: <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2019.06.009>

Reliability analysis on the main circulating pump of the valve cooling system in the converter station

LIU Zhao, LI Hao

(Maintenance Company of State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd., Yinchuan Ningxia 750011, China)

Abstract: Combining with the happened pole blocking failure caused by the main pump shutdown in the converter station, the principle of main pump operation and the operation reliability were analyzed. Through the analyse of the following two aspects: one is the external cause of the stability analysis of main pump startup mode, main pump power supply reliability analysis; the other is the internal cause of the main pump protection and the main pump coordination, main pump control logic rationality analysis. According to the analysis results, some suggestions for increasing the stability of the main pump motor and improvement measures were presented, which can provide reference for other converter station and provide some reference for the main pump motor, the design of the control logic and circuit protection of the new - built converter station.

Keywords: main circulation pump motor with internal cooling water; soft starter; inverter; operation reliability

DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2019.06.009

换流阀是换流站的核心设备,为保证其安全稳定运行,换流阀冷却系统尤为关键,特别是内冷水系统,若其故障可直接引起直流系统功率回降和闭锁。通过实际运行情况来看,江陵-鹤城、葛洲坝-南桥、宜都-华新、灵宝背靠背直流工程均出现过因内冷水系统保护动作,引起直流闭锁事件。其中,比较常见的故障就是内冷水主循环泵全停。为防止主泵停运引起极闭锁事件的发生,本文对影响主泵运行可靠性的因素进行了分析研究。

1 换流站内冷水主泵电机启动方式的选择

1.1 换流站主泵启动方式简介

主循环泵切换时,如果不采取合适的启动方式,启动过程中,水锤效应大,冲击电流大,定子电流是额定电流的5~7倍,冲击压力大,对换流站用电系统、阀冷系统管路和主循环泵的机械冲击较大。灵绍直流工程中,主泵电动机采用软启动的方法。银东直流工程中,主泵电动机采用变频调速的方法,利用变频器来完成。各换流站主泵控制功能基本一致:1台泵运行,使冷却水流经主

冷却回路和水处理回路,另1台泵备用。为确保2台泵磨损相当,每周切换1次,2台主泵分别由相互独立的电源供电。

1.2 变频器和软启动器工作原理简介

变频器是利用电力半导体器件的通断作用,将工频电源变换为另一频率的电能控制装置。它主要采用交流一直流一交流的方式,先把工频交流电源通过整流器转换成直流电源,然后再把直流电源转换成频率、电压可控制的交流电源以供给电动机^[1]。变频器具有多种保护功能,如过流保护、过压保护、欠压保护、过热保护、输出接地保护、输出短路保护、输入缺相保护、I/O端子短路保护、电机过载保护、输出过载保护、堵转保护、欠载保护。

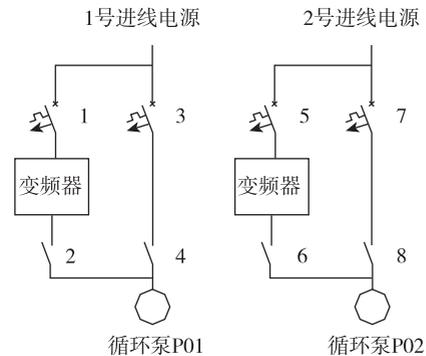


图1 变频器启动方式原理

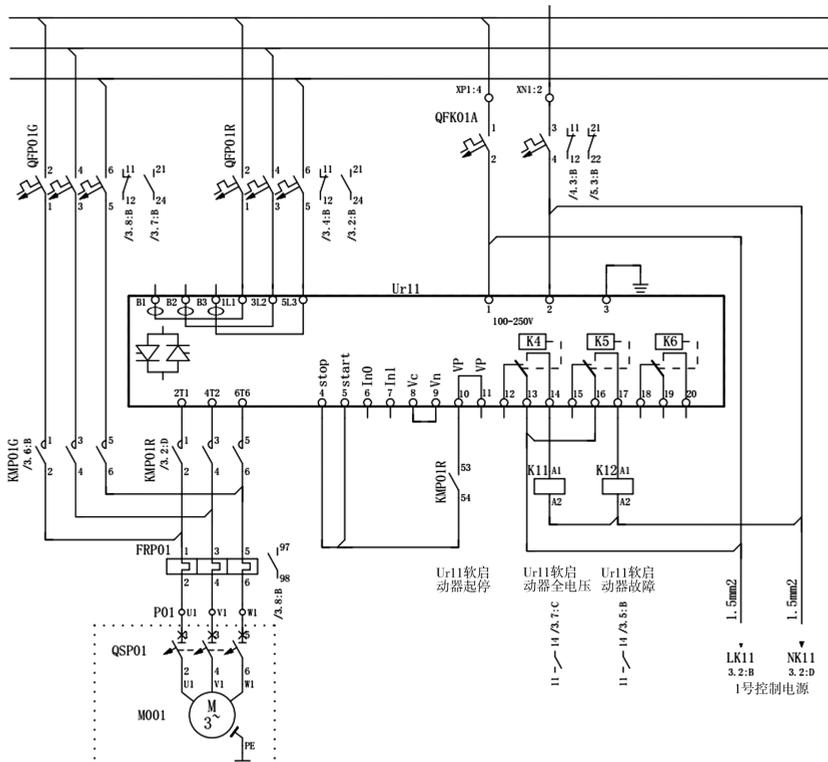


图2 软启动器启动方式原理

软启动器是一种集电机软启动、软停车、轻载节能和多种保护功能于一体的新型电机控制装置(即 SOFT STARTER^[2])。它的主要构成是串接于电源与被控电机之间的三相反并联晶闸管及其电子控制电路。运用不同的方法控制三相反并联晶闸管的导通角,使电机输入电压从零以预设函数关系逐渐上升,直至启动结束,赋予电机全电压。在此过程中,电机启动转矩逐渐增加,转速也逐渐增加^[3]。软启动器具有以下保护功能:过载保护功能、缺相保护功能、过热保护功能。

软启动器低电压启动主泵,KMP01R 主循环泵软启回路接触器吸合,达到全电压后,软启动器编程继电器 K4 输出继电器信号,主泵工频回路收到此信号后工频接触器 KMP01G 吸合,3 s 后,软启动回路接触器释放,软启动器退出运行,主泵完成无扰动切换。主泵在软启动时启动电流可以控制在 4 倍电机额定电流以内,同时软启动器切换到工频工程中由于软启回路与工频同时运行 3 s,不会产生较大冲击电流。

1.3 软启动器与变频器稳定性比较

通过对软启动器、变频器的原理和应用分析,采用软启动器启动的内冷水主循环泵电机比变频器启动的稳定性高。

1.3.1 主泵使用软启动器的优势

软启动器在启动电机时通过逐渐增大晶闸管导通角,使电机启动电流从零线性上升至设定值^[4]。电机无冲击,提高了供电可靠性,平稳启动,减少对负载机械的冲击转矩。主泵软启动器启动电流如表 1 所示,A、B、C 三相启动电流峰值分别为 764.3A、774.0A、732.7A。

表 1 主泵电机软启动电流测试

测试次数	A 相电流/A	B 相电流/A	C 相电流/A
第 1 次	765	769	721
第 2 次	771	772	735
第 3 次	751	781	742

利用软启动器实现泵的软启动,在此方法下,软启动器仅在主泵高速启动过程中使用^[5],其优势有:

(1)软启动器投入使用的时间较少,因而使用寿命较长,发生故障的几率较低。

(2)除主泵高速启动过程外,软启动器均退出运行,对主泵稳定运行影响较小。

(3)启动参数可调,根据负载情况及电网继电保护特性选择,可自由地无级调整最佳的启动电流。

(4)相对变频器而言,软启动器保护功能较少,但是完全能够保护电机和软启动器本体,所以,因软启动器误发告警而导致电机停运的概率相对较低。

1.3.2 主泵使用变频器的劣势

主泵变频启动电流如表 2 所示,A、B、C 三相启动电流峰值分别为 1801 A、1 725 A、1 834 A。

表 2 主泵电机软启动电流测试

测试次数	A 相 电流/A	B 相 电流/A	C 相 电流/A	变频最高 频率/Hz
第 1 次	1 801	1 724	1 825	50
第 2 次	1 823	1 735	1 831	50
第 3 次	1 817	1 707	1 835	50

直流工程在主泵控制中使用了技术较先进的变频器,能同时实现泵的启动和转速的切换。在此方法下,具有以下劣势:

(1)变频器一直串联于主泵电源回路运行,长期工作下,发生故障的几率较高。

(2)启动时间较长,启动过程中转矩的动态范围小,但阀冷系统启动时主循环泵启动后需 3 s 内成功建立阀冷系统的压力。

(3)变频启动转入工频运行会由于相位角的不一致而引起大的冲击电流。

(4)变频器本身的运用原理比较复杂,如果是在投运中的换流站维护变频器存在风险系数较高,变频器长期运行会加速消耗变频器寿命,同时主循环泵的物理磨损也会造成变频器启动时的限流保护动作和失速时过电流,致使阀冷系统启动主循环泵时易失败,增大阀冷系统的故障率。

(5)变频器保护功能繁多,较为复杂,而且非常灵敏,发生误告警的概率较大。如鹤城换流站

冷却塔风扇采用变频器控制,变频器曾多次出现“绝缘降低”告警、“过热”告警、“通讯故障”告警等,导致冷却塔风扇停运事件,但检查后却未发现异常。

2 主循环主泵控制逻辑分析

2.1 主泵正常切换时间

运行主泵运行 128 h 后,自动切换至备用泵运行,切换过程为运行泵停止运行的同时备用泵投入运行,切换期间阀冷系统的流量和压力会存在短时的波动。

2.2 运行主泵故障切换到备用泵所需时间

主泵故障的判断逻辑有 3 种:

(1)主泵交流电源故障。当交流电源出现过电压、欠电压或电源消失时,主泵电源监视继电器延时 1 s 判电源故障,阀冷系统收到故障信号后进行主泵切换。

(2)主循环泵故障切换。主循环泵软启回路设置断路器保护、软启动自身保护,当断路器脱扣或软启故障告警时,延时 500 ms 后切换主泵。主循环泵工频回路设置断路器保护和热继电器保护,当断路器脱扣或软启故障告警时,延时 500 ms 后切换主泵。当主泵电机 PT 100 热电阻温度报警时,延时 3s 切换主泵。

(3)系统压力低报警。阀冷系统主循环泵出口设置 2 台压力变送器,进阀压力变送器设置 2 台,当任意 1 台主泵出水压力变送器测量值低于保护定值与任意 1 台进阀压力变送器测量值低于保护定值时,阀冷系统判断主泵故障,延时 3 s 进行主泵切换,并发出报警。

当运行的主泵故障时,会自动切换至另 1 台备用泵运行。由以上分析看出,判断泵故障最长时间为 3 s,即最长无主泵运行时间为 3 s,而流量保护跳闸延时为 15 s,故主泵故障切换时间设计合理,不会误动。

2.3 运行泵切换至故障泵再次切回的时间

此种情况下,整个切换过程为运行主泵正常切换—备用主泵启动—备用主泵故障停运要求切

换—原运行主泵再次运行。将运行主泵正常切换时刻计为 0,上述过程时间如表 3 所示。

表 3 运行泵切换至故障泵再次切回的时间

时间区间/s	运行泵	备用泵
$t=0$	正常运行	停止
$0 < t \leq 5$	停止	软启故障 (切换至工频运行)
$0 < t \leq 8$	停止	工频故障 (判断泵故障,切泵)
$t > 8$	直接工频启动	停止

由表 3 可以看出,运行泵切换至备用泵的过程中,备用泵软启动器发生故障时自动切换至工频启动,若此时工频也发生故障,原运行泵将直接工频启动,工频启动可以迅速建立起阀冷系统的流量,此种切换方式设计比较合理,流量保护不会误动。

3 主泵电机稳定运行的保证措施及建议

为确保内冷水系统主泵安全稳定运行,综合以上分析结果,从 2 个方面提出改善主泵电机稳定性的措施和建议。

3.1 外因——主泵启动方式的选择与传感器的合理校验

3.1.1 合理选择主泵启动方式

因变频器功能较多,控制回路设计简单,一般认为用变频器控制主循环泵的启停与变速更有利于泵的的稳定、可靠运行,但根据实际运行经验来看,正因变频器功能繁多、保护灵敏,误发告警的概率远远大于软启动器。实践证明,在目前技术条件下,主泵电机的控制采用变频器并不是最佳选择。

主循环泵并不需要调节多种转速,只需高、低 2 种转速。尽管变频器功能强大,但主循环泵只使用了变频器的 1 种调速功能,而且变频器保护检测的灵敏性也降低了主泵运行的稳定性。

软启动器的工作劳逸结合,高速启动完成后,则通过旁路进行工作;而变频器则长期运行,运行

可靠性自然会打折扣^[6]。

3.1.2 传感器、继电器的合理校验

葛洲坝—南桥直流曾因传感器故障,导致极闭锁,因此,对传感器的校验工作十分重要。重视对主泵重要继电器、接触器的校验,并定期更换。因内冷水主泵转速切换、状态指示均是通过继电器动作来实现的,所以继电器及其相应接点是否正常,关系着主泵稳定运行,为此,在年度大修期间应加强对此类二次设备的校验工作,必要时结合使用年限,提前更换。

3.2 内因——安全开关定值合理配置,备自投动作时间和主泵切换时间的配合,主泵切换时间合理选择

3.2.1 主泵进线开关定值合理配置

除软启动器有保护功能外,主泵进线开关也配有过流保护^[7]。若该开关保护定值设计不合理,也会导致主泵停运,灵宝换流站曾出现类似情况。

就鹅城换流站而言,极 I 2 台主循环泵电源进线开关预报警定值为 242 A,而极 II 2 台主循环泵电源进线开关预报警定值为 218 A。跳闸分为过载保护和短路保护:短路保护值整定为 $I_5 = 972$ A,跳闸延时为 $t_5 = 1$ s;过载保护为反时限特性,其动作值在 267 A 以上。

为了保证主泵进线开关定值配置更加合理,2006 年大修期间,对鹅城站主泵电机负荷电流进行了检测,正常运行时,极 I、II 主循环泵实际电机电流分别为 210 A 和 190 A 左右,均低于报警值 20 A 以上,延时大于 1 s,开关定值满足要求。

3.2.2 备自投动作时间和主泵切换时间的配合

直流系统每极包括 2 台主泵和电机,分别取用不同交流电源^[8],站用变备自投动作时间为 3.7 s,一路电源丢失 1 s 将自动切换至另 1 台泵运行。此种设计可靠、合理,避免了主泵切换延时时间过长导致阀冷系统压力和流量的波动。建议对二十一项反事故措施中“主泵切换延时整定时间应长于 400 V 备自投整定延时,主泵切换不成功判据延时与回切时间的总延时应小于流量低保

护动作时间”的规定进行校对。

3.2.3 主泵切换时间合理选择

主泵正常运行时很少出现告警或跳闸,而在切换过程中,将有可能出现异常^[9],为了保证及时发现问题和处理问题,根据实际工作情况,切换时间选择在周一到周五期间的白天较合适,检修和运行人员可以迅速进行事故处理。

4 结 论

(1)对阀冷系统主循环泵主泵运行原理及运行可靠性进行了详细分析与研究,提出了增加主泵电机稳定性的建议和改进措施,确保阀冷系统的可靠性和冷却效果。

(2)提高直流输电系统的可用率,可为其它换流站提供借鉴,同时也可为新建换流站主泵电机、控制保护逻辑和回路的设计提供参考。

参考文献

- [1] 于娣. 变频调速的应用研究[D]. 保定:华北电力大学,2011.
- [2] 苏行. 电子软起动器的研究[D]. 杭州:浙江大学,2004.
- [3] 焦志刚. 交流异步电动机软起动器的研究[D]. 苏州:苏州大学,2006.
- [4] 孟彦京,谢仕宏,陈景文. 交流电机软启动技术理论的发展与分析[J]. 陕西科技大学学报,2004(6): 83-87.
- [5] 黄晨,刘源. 换流站阀水冷系统主泵启动方式分析[J]. 湖南电力,2017,37(1):39-41+49.
- [6] 黄晨. 换流站阀水冷系统保护分析及优化[D]. 华南理工大学,2015.
- [7] 杨光亮,邵能灵,郑晓冬. 换流站阀水冷系统导致直流停运隐患分析[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(18):199-203.
- [8] 朱皆悦. 高压直流输电阀水冷系统的对比分析[D]. 保定:华北电力大学,2014.
- [9] 李扬. ± 800 kV 云广特高压工程控制保护运行风险及预控措施研究[D]. 华南理工大学,2013.