

水电站运行与检修

水电站调速器液压系统故障分析

张 勇

(雅砻江流域水电开发有限公司,四川 成都 610021)

摘 要:水电站调速器采用南瑞 SAFR-2000H 水轮机调速器,导叶和桨叶主配分别采用 GE 公司 FC20000、FC5000 型主配压阀,该类型设备在轴流转桨式机组中被广泛使用。本文通过对该电站调速器系统掉电自关闭、三选二控制逻辑等功能的优化以及设备在运行和操作过程中存在的问题进行分析总结,以便更好地指导运行值班工作,提高运行人员的应急处置能力。

关键词:调速;自关闭功能;急停复归按钮;三选二功能

中图分类号:[TM622];U261.27;V233.91

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)03-0124-03

Fault Analysis of Governor Hydraulic System of Hydropower Station

ZHANG Yong

(Yalong River Hydropower Development Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610021)

Abstract: The governor of a hydropower station adopts the SAFR-2000H (Nan Rui brand) hydraulic turbine governor, the guide vane and the blades are mainly equipped with GE company FC20000 and FC5000 main distributing valve respectively, and this type of equipment is widely used in the Kaplan turbine unit. This paper optimizes the functions of the power station governor system such as power down protection and choosing-two-from-three control logic, analyzes and summarizes the problems existing during the operation of the equipment, so that to better guide the operation duty work and improve the emergency management ability of the operators.

Key words: governor; power down protection function; scram button; choosing-two-from-three function

1 概 况

该电站调速器液压系统主要由自复中切换阀、紧急停机阀、主配压阀、事故配压阀、分段关闭装置、图拉博装置等设备组成。油压装置设有工作油罐和事故油罐,进油部分相互独立,互不干扰,当工作油罐油压降至事故低油压时将由事故油罐提供压力油。

在实际运行和操作过程中,发现调速器系统有不能满足《防止电力生产事故的二十五项重点要求》和检修安全措施等情况,后通过设备改造和优化运行操作流程彻底解决上述问题。

2 掉电自关闭功能

该电站原调速器液压系统设置有掉电自复中

功能,当控制系统失电时通过定中缸使主配阀芯保持在中间位置,固定导叶开度。但根据《防止电力生产事故的二十五项重点要求》(国能安全[2014]161号):“23.1.8 大中型电站应采用‘失电动作’规则,在水轮发电机组的保护和控制回路电压消失时,使相关保护和控制装置能够自动动作关闭机组导水机构”^[1]不满足要求。因此,需将该电站“掉电自复中”功能改造为“掉电自关闭”功能。改造后的掉电自关闭液压图如图 1 所示。

掉电自关闭过程:

(1) 当 EV_8 、 EV_9 得电时,控制油经 EV_9 、 EV_{10} ,使液控阀 EV_6 液控端有压。

(2) 当 EV_8 失电时, EV_9 得电时,在液控单向阀的保压作用下,液控阀 EV_6 液控端仍保持有压。

收稿日期:2019-03-02

(3)当 EV₈ 有电、掉电自关闭电磁阀 EV₉ 失电时,控制油经 EV₈、EV₁₀,使液控阀 EV₆ 液控端有压。

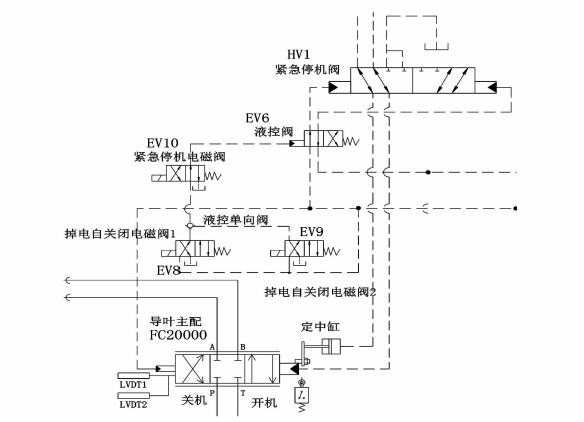


图 1 掉电自关闭原理图

(4)当 EV₈、EV₉ 同时失电时,在 EV₉ 通控制油,使 EV₆、EV₁₀ 经 EV₈ 接通回油,导致紧急停机阀 HV₁ 动作,关导叶。

3 机调柜失电后 桨叶自动回关

在两个油罐的主操作油管路上设置切换装置及单向阀(此阀的控制由机组监控系统实现)如图 2 所示。

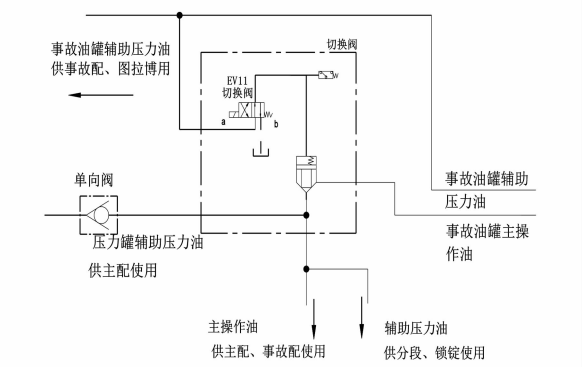


图 2 工作油罐/事故油罐压力油切换

当压力罐油压小于 5.0 MPa 时,若水机保护判断机组处于非停机态,水机保护将发信报警并发令使切换电磁阀动作,事故油罐的主操作油可经切换装置向主配压阀供油,防止主操作油失压;若水机保护判断机组处于停机态,水机保护仅发信报警。

该电站在某次检修过程中,安全措施要求将桨叶开到一定开度后,将油压装置撤压,并将电调柜机调柜断电。但是,第二天发现桨叶自动全关。后通过分析液压原理图发现,桨叶开度控制机构

结构非常简单,桨叶主配没有配备定中缸,当机调柜停电后,桨叶伺服比例阀因失电而向故障位(排油位)移动,从而使桨叶主配控制端失去压力油,桨叶主配在恒压油的作用下向关闭侧位移动从而使桨叶全关。

因此,在操作过程中需要考虑先关阀还是先断电、先关主操作油阀还是先关辅助油阀:

(1)若先关闭事故油罐辅助压力油供油阀,则事故切换阀、事故配压阀控制油源消失,切换阀、事故配压阀动作,后果是直接将导叶全关^[2]。

(2)若先关闭压力油罐辅助压力油供油阀,则导叶主配、桨叶主配控制油消失,将引起导叶主配、桨叶主配失控,可能引起导叶开度和桨叶开度的变化。

(3)若先关闭压力油罐主操作油,因切换阀动作的条件是压力油罐上的压力继电器动作,故即使先关闭压力油罐主操作油供油阀,也不会引起切换阀动作。而事故油罐辅助压力油供油阀、压力油罐辅助压力油供油阀的先后操作顺序也不会对设备造成任何影响。故只要先关闭主操作油供油阀后关闭辅助压力油供油阀即可,而对先操作压力油罐还是先操作事故油罐并无要求。

(4)严格按照上述关闭阀门的顺序操作了,但导叶依然关闭了,这可能是因为事故油罐主操作油供油阀或压力油罐主操作油供油阀未关严导致的。

4 防止事故配压阀误动

每台机组调速器设有 1 套事故配压阀。当机组发生紧急事故时,通过电气信号或过速保护装置驱动事故配压阀,使导叶迅速关闭。一旦过滤装置堵塞严重,会降低控制事故配压阀的压力等级,导致事故配压阀误动停机或者无法正常开机,事故配压阀如图 3 所示。

具体分析如下:

正常运行时,C₁、C₂上端通回油,插装阀是释放开的。C₃、C₄ 是通压力油,封死插装阀。从 C₃ 看出,它之所以可以封住的原因是,上端和控制油的接触面积大于下端控制油的接触面积。所以在同等压力下,C₃ 不会被顶开。因 C₃ 与压力油接通,当 C₃ 控制油的压力由于堵塞降低,等压力降低到一定程度。尤其是调速器在开起过程中,由于油锤效应,C₃ 下端的压力可能会更大,更容易

会把 C_3 顶开,造成事故配误动。

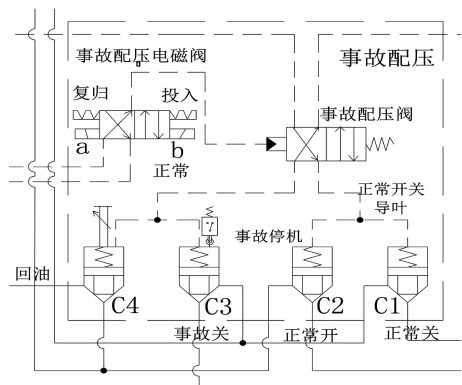


图 3 事故配压阀

因此,在液压系统设计时就提出将事故配压阀、图拉博装置的用油取自一处油口,为使这些关键元件的动作可靠,该回路不设油过滤器防止误动。

5 紧急停机过程中误按急停复归按钮

紧急停机由紧急停机电磁阀 EV_{10} 、液控阀 EV_6 、紧急停机阀 HV_1 组成。紧急停机电磁阀 EV_{10} 受各种急停保护及急停按钮控制,当 EV_{10} 得电后使 HV_1 的接通压力油和回油的两个液控端调换,从而使 HV_1 换位,将导叶主配的定中缸和液控端同时接通回油^[3]。导叶主配在恒压油的作用下向关导叶位移动,实现紧急停机。

当调速器收到停机令后,停机令会一直保持,直到调速器静止态到达(转速为 0,导叶全关),在停机过程中,其他命令无效。

所以,根据图 1 和调速器停机过程分析,当启动紧急停机流程后,在调速器收到停机令之前,只要按下急停复归按钮,紧急停机电磁阀复归,紧急停机流程便会结束。此时调速器可以接受监控系统新的指令。若是在调速器收到停机令后,按急停复归按钮,因该停机令会一直保持,所以机组依然会执行停机流程,不同的是通过伺服电磁阀走的停机流程。

6 关导叶时电磁换向阀 V_2 损坏

正常情况下,当接力器行程 $>25.5\%$ 时,处于得电;接力器行程 $<25.5\%$ 时,处于失电。分段关闭装置原理图如图 4 所示,若关导叶时电磁换向阀 V_2 损坏:

(1)当接力器行程 $>25.5\%$ 时,电磁换向阀 V_2 失电;液控换向阀 V_3 液控端失压,液控换向

阀 V_3 与接力器关腔相连,插装阀 C_5 上端通压力油(因为处于关导叶过程中,接力器关腔通压力油)^[4]。所以,插装阀 C_5 退出、 C_6 投入。

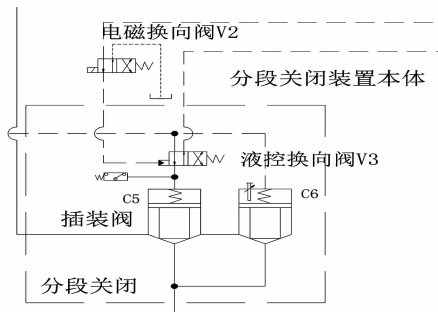


图 4 分段关闭装置

(2)接力器行程 $<25.5\%$ 时,处于得电。此时分段关闭行程阀既机械拐点起作用。液控换向阀 V_3 液控端通回油发生切换,插装阀 C_5 与接力器关腔相连,插装阀 C_5 上端通压力油(因为处于关导叶过程中,接力器关腔通压力油)。所以,插装阀 C_5 退出、 C_6 投入。

因此,当关导叶时电磁换向阀 V_2 损坏,分段关闭装置一直投入,按第二段关机速率关导叶。所以正常停机过程中 V_2 损坏只是关导叶速率变慢,不会造成严重后果;但如果是事故停机关导叶,此时运行人员需严密监视机组转速上升情况,防止机组过速。

7 “三选二”功能

因某电站调速器 A 套导叶开度传感器开度定位滑块与支架的固定螺栓脱落,不能正确反映导叶实际开度,导致机组出现三次负荷波动,第一次波动 372~728 MW,第二次波动 299~689 MW,第三次波动 156~753 MW,后调度下令紧急停机。

所以为防止类似情况发生,该站调速器的导叶开度信号、桨叶开度信号、功率信号、水头信号均已实现“三选二功能”^[5],变送器故障包括该变送器的功率反馈偏差故障和变送器本体故障(超限、断线),故障后该传感器被剔除,剩下两个传感器进行控制和判断。当三个变送器信号中任意两个变送器的偏差超过设定值持续一定时间后,报“偏差故障”,若该传感器超限则不报“反馈故障”;若三个传感器中一个报“偏差故障”另外两个传感器中的一个或两个超限,则报本套“反馈故障”,调

(下转第 132 页)

好排水管和孔之间缝隙,堵塞深度不得少于 10 cm;保证管接头连接和焊接质量,并采用环氧树脂涂刷接头表面,排水管伸入设计最低水位,保证不漏气。

5 闭气补强效果

由于时间短,且实施难度太大,本次处理工作没有对水幕孔进行钻孔加深。电站于 2018 年 2 月 6 日恢复发电,较原计划提前 21 d。完成补强处理后,开始隧洞充水充气工作。在未启动水幕加压泵和水头低于 2 MPa 情况下,气室水位下降较快,在水头超过 2 MPa 后,水位下降慢,达到 3 MPa 之后水位不再下降,漏气量增大,于是,立即启动水幕超压。随着水幕压力逐步增加,漏气量明显减小,在达到设计超压 0.5 MPa 后,漏气量为 10~12 m³/min,小于预期的 14 m³/min。电站于 2018 年 2 月 6 日恢复发电,较原计划提前 21 d。自从电站恢复发电后至今,气室漏气量稳定,大大减少了补气空压机数量,降低了运行成本和发电机组运行安全风险。

6 结 语

小天都电站气垫式调压室漏气量并未如国外电站那样随着时间推移而减少,虽然本次处理效果好于预期,但漏气量与挪威已建电站比较仍有差距。引水式电站采用气垫式调压室的定会带来经济和环保效益,但如漏气量大,会给机组运行带来安全隐患,使运行人员疲于应对补气设施的维

(上接第 126 页)

速器切至备套运行,若运行在功率模式,则切换至开度模式运行。调速器优先选择变送器 1 主用,当变送器 1 和 2 偏差超过设定值持续一定时间后,将变送器 1、2 分别与变送器 3 进行比较,选择与变送器 3 偏差值较小者为主用,并报另一个变送器故障。

8 结 语

调速器液压系统发生故障,将对机组的安全运行造成威胁。通过对该电站调速器功能进行完善和优化,有效的解决了机组在运行过程中存在的问题和薄弱环节,切实提高设备的可靠性。

参考文献:

[1] 防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》(国能安全

护和检修工作。

(1)从本次补强后充水充气情况分析,环氧涂层承受气压压力在 2 MPa 左右。虽然环氧抗压抗拉强度高,但由于受环境条件、施工工艺影响和制约,涂层中出现众多微小气泡、施工缺陷等不利因素。环氧涂层薄弱部位在高压击穿后所起作用已很微弱,主要还是固结灌浆和超压水幕孔在起闭气作用。

(2)对于利用围岩和水幕防漏气的气垫室,由于受开挖爆破和高地应力影响,岩石圈均有不同深度松动范围,因此,应增加固结灌浆深度,同时提高灌浆压力。在灌浆材料选择上,以水泥灌浆为主,而化学灌浆是重要的补充手段,断层是重点处理部位。

(3)水幕廊道内设置的水幕孔要适当延长,保证水幕孔孔底高程达到气垫室初始运行水位,以达到封住漏气通道目的,减少气室漏气量。

作者简介:

张 良(1968-),男,四川西充人,高级工程师,四川华能泸定公司副总经理,从事水利水电技术和管理工

殷家庆(1963-),男,四川长寿人,高级工程师,四川华能康定公司总经理,从事水利水电技术和管理工

吴 俊(1979-),男,贵州金沙人,工程师,四川华能康定公司基建部主任,从事水利水电技术和管理工

王福科(1974-),男,广西武宣人,高级工程师,四川华能康定公司基建部副主任,从事水利水电技术和管理工

(责任编辑:卓政昌)

[2014]161 号)。

[2] 杨威,毛羽波.新型过速限制器分析.大电机技术[J].水电站机电技术.2014(3).

[3] 何林波,许栋,初云鹏.全国水电厂自动化技术信息网.第十届全国大会暨全国水电厂自动化技术 2011 学术交流研讨会论文集[C].太原.2011.

[4] 杨建伟,廖润,邵建林.FC 型主配压阀在若水电站的改造与应用[J].水电站机电技术.2016(2).

[5] 樊建军.基于 PCC 的调速器控制系统在大峡水电站的应用.甘肃省电机工程学会.甘肃省电机工程学会 2013 年学术年会论文集[C].兰州.2013.

作者简介:

张 勇(1990-),男,四川南充人,助理工程师,本科,主要从事水电站运行管理工作。

(责任编辑:卓政昌)