

# 水轮发电机组启动过程中发生超速事件的分析

唐林

(四川美姑河水电开发有限公司,四川成都 610041)

**摘要:**就柳洪水电站2#水轮发电机在启动过程中因调速器重要部件(电位转换器)发生故障,同时机组电气超速保护、机械超速保护因回路中设备原因导致保护失效而造成机组发生超速的事件进行了分析,提出了预防性建议。

**关键词:**柳洪水电站;水轮发电机;启动过程;电位转换器;超速;保护

中图分类号:TV7;TV735;TV737

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增2-0108-02

## 1 概述

柳洪水电站装有3台混流式水轮发电机组,系由通用电气亚洲水电设备有限公司(CEHA)制造,采用发变组单元接线。单机额定出力为60 MW,额定水头为358 m,机组额定转速为500 rpm。调速器采用武汉三联水电控制设备有限公司生产的BWT-80-4.0微机调速器,工作模式为脉冲输出调节——无油步进电机——电位移转换器进行导叶调节。

调速器是控制水轮发电机组的核心部件,其安全、稳定运行直接影响到水轮发电机组的安全,关系到电网的稳定。

2016年10月14日18:30,柳洪水电站2#水轮发电机组开机过程中,机组达到额定转速后调速器未能正确动作回关导叶,导致机组转速持续上升,在达到电气一级超速转速(115%  $n_e$ )时,因主配压阀拒动、机组事故停机造成调速器故障而未能正常动作导致机组转速继续上升。当转速达到电气二级超速(140%  $n_e$ )时,紧急事故停机仍未能正常动作,转速持续上升达到机组机械超速条件,但机组机械超速保护(最后一重保护)因设备故障亦未能正常动作;机组处于十分危险的状态。在经美姑河集控中心临场分析决定单独下令关闭球阀后,球阀正确动作切断水源,转速缓慢降至0。笔者对这一事件产生的原因进行了分析。

## 2 水轮机调速器系统的结构和工作原理

柳洪水电站调速器为武汉三联水电控制设备有限公司生产的BWT-80-4.0微机调速器(图1)。该调速器由电调柜和机调柜构成,其中电调

柜为全数字式可编程控制逻辑微机电调装置,主要担任调速器各运行参数的测量、综合比较、输出调节和控制脉冲、各种故障分析等工作任务,是调速器接收并发出调节和控制指令的控制单元;机调柜采用无油步进式电-位移转换器进行导叶调节的调速器液压机构,主要担任调速器的电液转换、导叶调节和故障(事故)时紧急关闭导叶的工作,是调速器的执行单元。

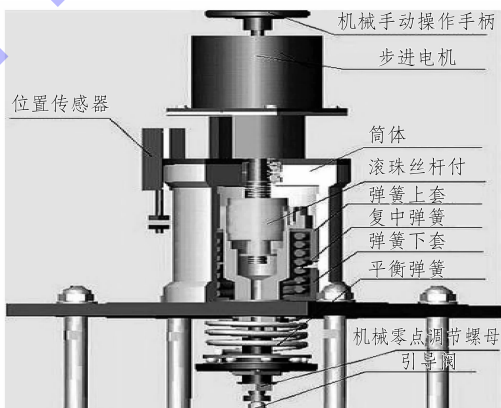


图1 调速器主要结构图

**工作原理:**当电调柜发出调节导叶脉冲信号后,步进电机动作带动电位移转换器动作,平衡弹簧相应动作后引导阀动作带动主配压阀,再由主配压阀控制导水叶的接力器开、关实现对机组的调节。

## 3 机组超速事故停机流程

(1)电气一级超速、主配拒动。

当发电机转速达到115%  $n_e$ 且主配压阀拒动,机组水力机械回路导通,机组事故停机动作开出至调速器停机,机组停机流程走正常停机流程(先关闭导叶,再关闭球阀),球阀关闭走正常关

收稿日期:2018-04-25

闭回路 15%  $ne$  投风闸制动。

### (2) 电气二级过速。

当发电机转速达到 140%  $ne$ , 机组水力机械回路导通, 同时开出至调速器紧急停机、关球阀, 关闭球阀走事故关球阀流程, 35%  $ne$  投风闸制动。

### (3) 机械过速。

当发电机转速大于 140%  $ne$ , 机组飞摆装置甩出, 将机械过速装置位置打至动作位, 球阀控制柜过速保护液控阀 HV04 切断油压, 球阀关闭。

## 4 事件分析及处理过程

笔者根据此次事件报文进行分析, 主要从以下几个方面查找原因:

(1) 当机组转速在 115%  $ne$  时且主配拒动, 此时事故停机, 继电器得电, 接点导通, 开出至调速器停机, 流程正常。通过对调速器进行检查, 发现调速器电位转换器自复中弹簧丧失自复中功能, 导致调速器在开启过程中不能往关位行走, 从而引起转速持续上升。

(2) 调速器电位转换器故障不能复中, 导致机组转速上升至 140%  $ne$  后, 水机回路同时开出调速器紧急停机、紧急关球阀(走事故关闭流程)。检查球阀事故关闭电气回路正常, 检查事故关闭电磁阀发现阀芯发卡, 不能正确切断操作油压, 导致球阀不能关闭, 无法切断水源, 导致转速持续上升。

(3) 当机组转速大于 140%  $ne$  后, 发电机触发机械过速保护动作条件, 通过进入发电机内部对机组机械过速保护装置进行检查发现飞摆装置未能正确甩出, 触发保护装置切断操作油路; 同时对球阀控制柜内的机械过速液控阀 HV04 进行检查, 发现其内部堵塞, 亦不能正确切换油路。

针对所发现的问题, 现场维护人员及时更换了调速器电位转换器并清洗了球阀控制柜内事故

关闭电磁阀、机械过速液控阀, 并在现场模拟了球阀事故关闭动作正常。同时, 检查发电机、水轮机转动部件均未见异常, 重新做机组无水试验, 调速器部分和机组开机流程正常, 模拟机组事故停机正常和手动切换机械过速装置动作正常。

## 5 结语与思考

此次柳洪水电站 2# 水轮发电机组在启动过程中发生过速的主要原因有以下几点:

(1) 调速器电位转换器无法实现自复中功能, 使压力油一直接通主配压阀的下腔, 导致导叶迅速开启而不能关闭, 发生机组过速。

(2) 球阀控制柜内事故关闭球阀电磁阀阀芯发卡, 导致事故关闭球阀流程无法进行。

(3) 发电机机械过速保护装置因飞摆不能甩出失效, 同时球阀控制柜内机械过速液控阀阀芯堵塞导致在转速达到机械过速情况下球阀关闭流程无法进行。

本次过速事件引发的思考:

(1) 集控中心调度人员和厂房现场值守人员的临场应急处理能力尤为重要, 在防止事故扩大的过程中将会起到至关重要的作用。

(2) 调速器因自身机械故障无法避免, 但其他隐患可以尽量消除。球阀事故关闭电磁阀发卡、液控阀堵塞主要是因为油质问题, 因此, 可以增加滤油频次以解决油质问题, 同时定期清理电磁阀和液控阀, 防止油泥堆积。

(3) 机组机械过速装置应在机组大修的同时进行校验。

(4) 在工作中应加强管理和监督, 以保证设备的可靠运行条件, 提高运行质量。

作者简介:

唐 林(1989-), 男, 重庆酉阳人, 助理工程师, 学士, 从事水电站运维技术工作。

(责任编辑: 李燕辉)

(上接第 99 页)

在运行过程中存在的隐患较多。为确保机电设备的正常运行, 水电厂必须重视机电设备状态检修工作, 加强对其的管理与资金投入, 不断提高相关技术人员与工作人员的专业能力, 从而提高水电厂的经济效益和社会效益, 进一步促进水电行业

的稳定、可持续发展。

作者简介:

刘志刚(1977-), 男, 辽宁丹东人, 技师, 从事水电站检修技术与管理工作。

(责任编辑: 李燕辉)