

# 吉牛水电站六喷六折调速器的主要特点及应用

白维, 蒋敏, 文庆

(四川革什扎水电开发有限责任公司, 四川 丹巴 626300)

**摘要:**介绍了吉牛水电站六喷六折调速器液压系统的结构特点、机组开停机过程、喷针切换原理等,并对试运行期间进行的主要试验和缺陷进行了阐述。

**关键词:**六喷六折;调速器;试验;控制;吉牛水电站

**中图分类号:**TV7;TV735;TV737

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2014)01-0055-03

## 1 概述

吉牛水电站位于革什扎河干流上,是革什扎河“一库四级”水电开发方案中的最末一级,该电站装有2台冲击式机组,单机容量均为120 MW,额定水头为457 m,额定转速为300 r/min。调速器采用武汉三联生产的CJWT-6/6-6.3型微机(PLC)调速器。

## 2 吉牛水电站六喷六折调速器液压系统工作原理

吉牛水电站调速器控制对象为六喷六折冲击式机组,它与相应的电气部分配合对机组进行转速调整、机组负荷自动分配。该调速器可实现机组平稳地开机、停机、并网和加减负荷,可自动调整和操作,并可以在事故情况下紧急停机以保护机组安全。

相对独立的电磁液动换向阀、比例伺服阀、液控单向阀、双单向节流阀等液压元件组成。吉牛水电站喷针接力器和折向器接力器控制油管路情况见图1、2。

喷针与折向器的液压控制分6组共12块集成阀块安装在回油箱上。喷针接力器和折向器接力器分别由不同的电磁阀控制且均可自动和手动控制。安装于喷针接力器和折向器接力器上的位移传感器(0%~100%)转换成标准的测量信号送至调速器控制系统。

### 2.1 喷针接力器调节单元

吉牛水电站冲击式机组喷针接力器全开、全关时间设计为130 s,其调节单元主要由伺服比例阀、液控单向阀、节流阀、单向阀等构成(图1)。伺服比例阀的基本原理:比例电磁铁推力与电气信号成正比,阀芯抵抗弹簧力后的位移与电气信号成正比,从而产生一个给定的阀芯位置。当受到调速器控制屏的电信号后,伺服比例阀动作,控制压力油的方向和流量,输出流量的大小与输入的电信号成比例,从而实现对喷针接力器开关方向和速度的控制,同时液控单向阀能确保伺服比例阀控制调节过程平稳,调节后喷管接力器行程不变,节流阀通过控制油的流量调节喷针开启、关闭的时间。当伺服比例阀失电时,弹簧作用力将伺服比例阀阀芯推至中间位,液控单向阀确保喷管接力器行程不变,防止其误动作,调速器保持在失电前的状态。

### 2.2 折向器控制单元

折向器只有全开和全关两种状态,小波动时折向器不动,完全由喷针调节,可保证系统的稳定

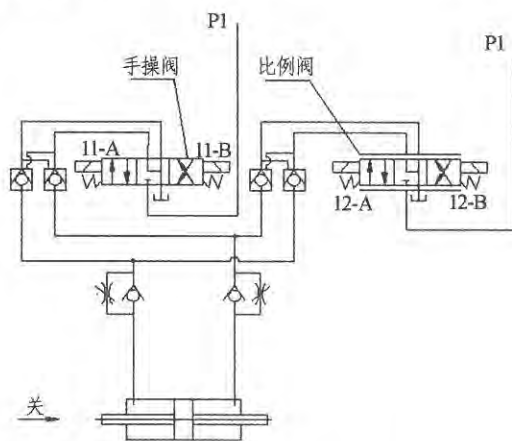


图1 喷针接力器液压控制图

调速器机械柜主要由紧急停机电磁阀和六套

收稿日期:2014-01-13

性和调节品质。当机组自动停机、紧急停机和转速超过设定值时,折向器动作。正常开机时,折向器控制电磁阀 15-A 侧线圈带电后,压力油经液控单向阀进入折向器接力器开启腔;正常停机时,

当喷针关闭后,折向器控制电磁阀 15-B 侧线圈带电,折向器接力器的油经液控单向阀进入折向器接力器关闭腔。吉牛水电站折向器全开启时间整定为 5 s,全关闭时间整定为 1.5 s。

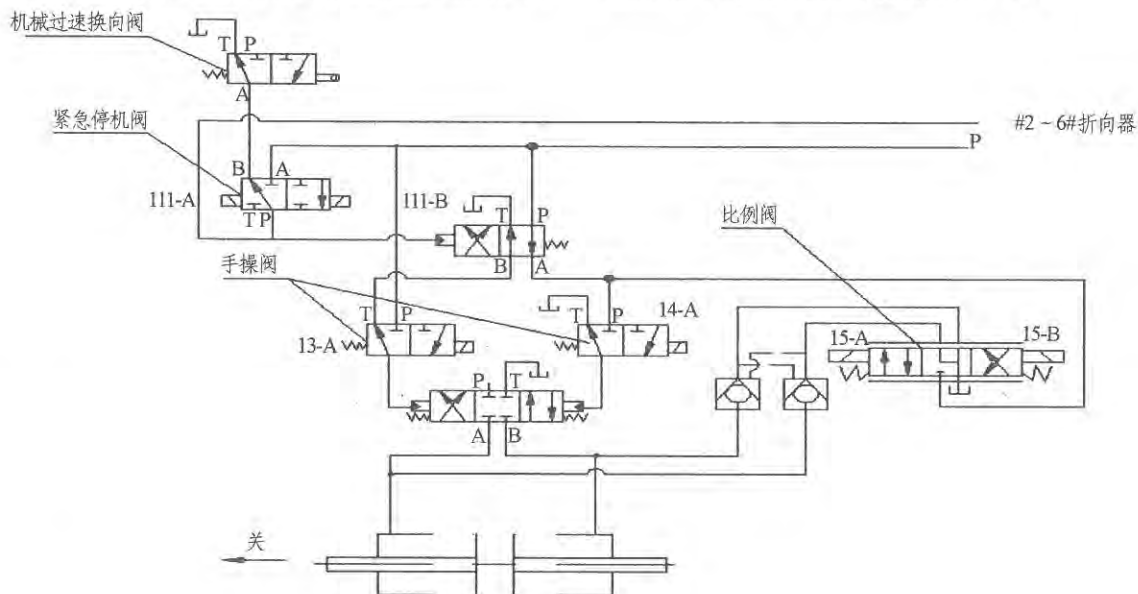


图2 折向器接力器液压控制图

### 2.3 紧急停机

当水机保护或机组事故停机流程动作后,紧急停机电磁阀 111 在右侧位置,压力油经 111-B、13-A、液控阀等油路,使机组 6 组折向器全部关闭,以保证机组可靠停机。

## 3 机组开停机过程

### 3.1 开机过程

机组开机条件具备,LCU 开出开机命令,开机命令保持 2 s 以上后,调速器打开主喷针相对应的折向器。空载运行时,始终是相对称两喷针(如 1#、4#喷针;2#、5#喷针;3#、6#喷针)工作;在手动状态下,自主选择开机主喷针,喷针开启至机组启动喷针开度(17%)。当喷针维持在启动喷针开度时,调速器检测机组转速,分为 3 种状态:机频正常时,当机组转速达到 45 Hz 和 50 Hz 之间时,调速器自动进入到空载工况进行 PID 调节;当机频正常,但喷针维持启动喷针开度达到 17% (现场整定)时调速器直接进入空载工况进行 PID 调节;当机频异常,则调速器进入空载工况,将当前开限限制在 1%~5% 开度位置。

### 3.2 停机过程

LCU 监控系统减负荷使调速器双喷针运行

至空载开度位置,有功小于 1 MW 后,断开发电机出口断路器,发出正常停机命令,主喷针关至全关位置,判断喷针目标小于 0.1% 后,将所对应的折向器全关,当机组转速降至 35 Hz 以下时,调速器从停机过程进入停机备用状态,即认为停机完成。

## 4 喷针切换模式

吉牛水电站冲击式机组在各喷针之间切换及喷针与折向器之间的协作关系为:

(1) 喷针与折向器的协作关系:折向器跟随相对应的喷针目标或喷针开度而动作;在断路器分的状态下,当喷针目标大于设定值时,相对应的折向器全开,反之全关;在断路器合的状态下,当喷针开度大于设定值时,相对应的折向器全开,反之全关;

(2) 空载运行时,始终是相对称的两喷针(如 1#、4#喷针;2#、5#喷针;3#、6#喷针)工作;

(3) 负载运行时喷针上行切换由两喷针→四喷针→六喷针;喷针下行切换由六喷针→四喷针→两喷针;

喷针上行切换:先由主用两喷针(以 1#、4#喷针为例)工作,当喷针目标值大于 2-4 喷针切换值时,由两喷针运行切至四喷针工作,切换过程

中,1#、4#喷针以一定速率向关的方向动作,2#、5#喷针以一定速率往开的方向动作;当四喷针开度平衡后,再同步往开的方向动作;当喷针目标值大于4-6喷针切换值时,由四喷针运行切至六喷针工作,切换过程中,1#、4#、2#、5#喷针以一定速率往关的方向动作,3#、6#喷针以一定速率往开的方向动作;当六喷针开度平衡后,再同步往开的方向动作。

喷针下行切换:六喷针同步关闭,当喷针目标值小于6-4喷针切换值时,由六喷针运行切至四喷针工作,切换过程中,1#、4#、2#、5#喷针以一定速率往开的方向动作,3#、6#喷针以一定速率往关的方向动作;当3#、6#喷针全关后,1#、4#、2#、5#喷针再同步关闭;当喷针目标值小于4-2喷针切换值时,由四喷针运行切至两喷针工作,切换过程中,1#、4#喷针以一定速率往开的方向动作,2#、5#喷针以一定速率往关的方向动作;当2#、5#喷针全关后,主用喷针再同步往关的方向动作。

## 5 吉牛水电站进行的主要试验

### 5.1 喷针开启、关闭时间整定

喷针及折向器的开、关机时间调整方法相同。通过调整液压系统上的液控换向阀来实现接力器开启、关闭时间的调整。吉牛水电站冲击式调速器液压系统是由几个相同的液压系统构成的,所以,对于每个单元系统要调整一次全开、全关时间。吉牛水电站1#机组喷针及折向器在无水条件下开启关闭时间整定情况见表1,满足设计要求。

表1 1#机组喷针及折向器开关闭时间整定表

序号	1#机组			
	喷针		折向器	
	全开/s	全关/s	全开/s	全关/s
1	130.2	129	4.98	1.48
2	130.4	130	4.7	1.4
3	129.5	130.8	4.9	1.45
4	130.6	129.7	5	1.45
5	129.3	130	4.98	1.49
6	129.8	130.5	5	1.5

### 5.2 静特性试验

试验参数  $K_p = 9.99$ ,  $K_i = 9.99$ ,  $K_d = 0$ ,  $B_p = 6\%$ , 空载PID下限修改为0。吉牛水电站调速器静特性试验相邻测试点间的频差为0.24 Hz, 非线性度为0.05%, 转速死区最大为1.02%, 最小为0.48‰, 满足国标转速死区 < 2‰的要求。

### 5.3 喷针切换试验

吉牛水电站冲击式机组在带负荷过程中,按照负荷的变化,调速器共有2喷针、4喷针、6喷针3种运行方式。调速器按照流量平衡、水轮机运行效率最高的原则进行喷针的切换。喷针按照几何位置对称、水力平衡的要求进行切换。在喷针切换时,开启参与调节的喷针,关闭退出调节的喷针。吉牛水电站1#机组带负荷过程中喷针变化情况见表2。

表2 1#机组喷针切换及负荷表

喷针切换	负荷调节点/MW	调节时间/s	过调量
2-4	40	30	3 MW
4-6	80	40	8 MW
6-4	70	45	-4 MW
4-2	30	32	-1 MW

在功率调节模式下,吉牛水电站冲击式调速器喷针在上行过程切换中,负荷变化趋势为升高;下行过程中,负荷变化趋势为下降,负荷变化无反调趋势。在喷针切换过程中,试验参数  $K_p = 2.25$ ,  $K_i = 0.25$ ,  $K_d = 0.15$ ,  $B_p = 6\%$ , 喷针4切6上行过程中,有功波动超调量为8 MW,略高于电网要求,但不影响机组的稳定运行。

在开度调节模式下,由于调速器没有采集机组过机流量,按照等喷针开度已不能准确反映流量,喷针切换后有功波动高达10 MW,故功率调节方式为吉牛水电站正常运行时的最优运行方式。

### 5.4 甩负荷试验

调速器处于负载运行状态,分别将机组带25%、50%、75%、100%的额定负荷进行甩负荷试验,具体试验数据见表3。

表3 1#机组喷针切换及负荷表

机组甩负荷	最高频率/Hz	最低频率/Hz	调节时间/s
25%	51.38	49.9	60
50%	52.7	49.9	60
75%	53.84	49.48	60
100%	53.207	49.64	77.9

吉牛水电站机组在甩100%负荷时,最大转速为53.207 Hz,波动次数为1次,转速调节时间为77.9 s,配水环管水压上升率为5.66%,远低于设计要求(配水环管最大压力上升不大于20%  $H_{max}$ ,最大转速升高率不大于30%)。甩负荷过程中喷针及折向器已全关,此时机组转速依赖惯性下降,进而造成甩负荷调节时间过长,此现象为

(下转第70页)



及时关注天气预报,对突发暴雨及长时间高强度降水的预警信息加强重视。

(2) 加强培训,做好应变。

加强对运行值班人员进行水库调度知识的培训,将水库调度和电力调度同样重视,甚至更高。在确保水库调度安全的情况下,逐步开展发电调度、优化调度以及防洪调度等方面的知识培训以提高经济指标。

(3) 严格执行规范,避免人造洪峰。

因闸首和厂址之间脱水河段较长,每逢采取较大弃水之前或者是向下游弃水变化加大,应做好区间河道的预警预报工作。

首部枢纽闸门的启闭应严格按水库调度方案执行。在闸门进行操作时,严禁水库在高水位(枯期运行水位)时同时开启所有闸门下调水位或突然陡增流量向下泄洪,以避免出现下泄流量大于天然洪水流量,从而造成人为加大下游洪水流量的不良后果。

(4) 合理解决水库排沙需要。

首部枢纽布置的关键问题在于合理、妥善地解决引水防沙与泄洪排沙的矛盾,在实际运行中,对于水库沉沙的运行方式,应根据实际情况不断完善和调整,提出更加适合于工程的闸门开启和水库运行方式。

(5) 建立完善的水情测报系统和水调自动化系统。

目前,革什扎河流域仅建有一个水文站(布科水文站),一个雨量站(边耳雨量站),无法满足运行期优化调度的要求。建设水情测报系统,能

(上接第57页)  
冲击式机组独有的特性。

## 6 结 语

吉牛水电站1#机组于2013年12月24日并网运行以来,调速器运行稳定且基本可靠,由1、2、3、4、6五种运行方式改为2、4、6三种运行调节方式,减少了喷针切换次数,同时功率调节的引入,基本解决了喷针切换过程中有功功率反调现象,其加减负荷的速率满足四川电网要求。

在运行过程中存在的主要问题:喷针切换过程涉及多个喷针操作,因喷针开启关闭时间为动态,由于水流特性作用,造成喷针开启时间由130s变为190s,而关闭时间由130s变为110s,致使

及时采集、传递各遥测水位站、雨量站的实时数据,增长预见期,为预报调度赢得时间和主动,确保电站安全防洪度汛。

(6) 及时修正数据,增强可靠性。

加强水情测报系统、水调自动化系统的管理,定期对数据资料进行统计分析,在实际应用过程中进行验证,确保数据连续、可靠、稳定,并对两套系统的基础数据进行修正,以增加数据的准确性和指导性。

(7) 建立水库泥沙监测系统。

吉牛水电站首部枢纽引水排沙矛盾突出,为保持水库的沉沙库容和减少引水过机的含沙量,随时掌握库区泥沙淤积情况及冲沙时机,初步规划建立了水库泥沙监测系统,监测的主要内容为:库区横断面监测、入库流量观测、取水口前沿泥沙淤积高程监测、悬移质粗沙水库沉降效果观测以及过机含沙量观测等。

## 4 结 语

吉牛水电站是投产发电的新电站,笔者根据初设报告,对实际生产过程中可能以及即将遇到的问题、新电站可能遇到的新问题进行了简单的分析。从保安全和实际生产的需要出发,提前进行了一些思考并提出了相应的应对措施,可为水库的安全运行、防汛安全以及今后发电计划、优化调度提供参考。

作者简介:

赵小龙(1973-),男,四川成都人,副处长,工程师,从事电力生产管理工

作;史金丹(1989-),男,河南三门峡人,助理工程师,学士,从事水电站生产技术工作。(责任编辑:李燕辉)

在喷针切换过程中,喷针开启过慢,在由4喷针切换到6喷针过程中,存在负荷波动,这一问题还有待商讨解决方案。

参考文献:

- [1] 张齐武,徐建文. 新型液压控制系统在多喷嘴冲击式水轮机调速器上的应用[J]. 机床与液压,2005,35(3):108-109.
- [2] 范学民,何永华. 6喷嘴冲击式水轮机调速器在田湾河梯级电站的应用[J]. 水电站机电技术,2008,31(4):6-8.

作者简介:

白 维(1973-),男,四川广安人,副总经理,高级工程师,硕士,从事水电工程管理工作;

蒋 敏(1981-),男,四川仁寿人,副总经理,工程师,硕士,从事水电站技术与管理工作;

文 庆(1968-),男,四川丹棱人,副总工程师,高级工程师,学士,从事水电站生产管理工作。(责任编辑:李燕辉)