

高低水头双套纯机械超速保护装置的应用

李 金 明

(锦屏水力发电厂,四川 西昌 615012)

摘要:介绍了 TURAB 纯机械超速保护装置在锦屏一级水电站的应用状况。由于水电站运行水头的变幅高达 87 m,致使原单套装置难以同时满足水头全覆盖和保护不误动。在这种情况下,若保护动作的定值按照高水头来整定,则在低水头段运行时,会因机组飞逸转速过小而难以触发保护动作;若按照低水头来整定,那么在高水头段运行时,机组在甩满负荷后的最大转速又将会误触发保护动作。经过分析研究,研制出了有效的解决措施,即划分高低水头段,利用双套纯机械超速保护装置以及电控液动切换阀,分别进行保护配置的方案,并对该方案的可行性进行了论证。可为同类工程的设计和改造提供借鉴。

关 键 词:运行水头;高低水头段;双套;纯机械超速保护装置;锦屏一级水电站

中图法分类号:TV734

文献标志码:A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.17.025

1 概 述

锦屏一级水电站的调节库容为 49.1 亿 m^3 ,安装有 6 台 600 MW 的混流式水轮发电机组,额定水头为 200 m,额定转速为 142.9 r/min,多年平均发电量为 166.2 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,于 2014 年 8 月 24 日全部投产发电。

锦屏一级水电站的水轮发电机组设有常规电气超速保护,同时还设有纯机械液压超速保护。在紧急情况下,该电站的紧急停机电磁阀、事故配压阀以及进水口快速闸门三重装置,能够可靠快速地切断水源,以减轻机组面临的超速威胁。

纯机械超速保护装置是机组飞逸事故的最后一道防线,在测速系统、调速系统以及电气一、二级超速保护系统均失效的情况下,它能够利用油压装置的油压,通过事故配压阀直接关闭水轮机导叶,避免发生机组飞逸事故^[1]。

纯机械超速保护装置的优点在于:不依赖于齿盘或电气测速系统,由机组转速上升而增大的离心力带动飞摆柱塞径向位移,以触发事故配压阀的导叶关闭回路,从而使机组停机;且其结构简单、可靠性高、易于维护^[2]。正是因为锦屏一级水电站的水头变幅比较

大,如果原纯机械超速保护装置按全水头运行工况来整定,那么将难以涵盖机组的低水头段,所以专门将其改造为高低水头双套纯机械的超速保护系统。

2 改造前装置简介

2.1 组成结构

改造以前的装置由瑞典 TURAB 机械液压超速保护装置、事故配压先导阀、事故配压阀以及相关液压管路组成,是纯机械液压无源超速保护系统。结构如图 1 所示。

2.2 TURAB 机械超速保护装置

TURAB 机械超速保护装置主要是由柱塞摆、液压阀、紧固圈、触动臂以及电气限位开关等组成。其中,紧固圈、柱塞摆和配重块安装于水轮机的大轴上,随大轴同步转动;而触动臂、液压阀则安装于水车室内的固定支架上,在柱塞摆与触动臂之间留有 3 mm 的间隙。

柱塞摆安装于 2 个半圆形的法兰紧固圈之间,为了保持动平衡,在与柱塞摆成 180°的法兰对侧安装有配重块。柱塞摆黄铜腔室内的柱塞,受到带预紧力的弹簧约束,当机组转速增加到预设值时,柱塞会在腔

室中压缩弹簧,向外做径向移动,并与液压阀的触动臂碰撞,以迫使液压阀作油路切换,进而导通事故配压阀的导叶来关闭油路,实现导叶快速关闭操作。

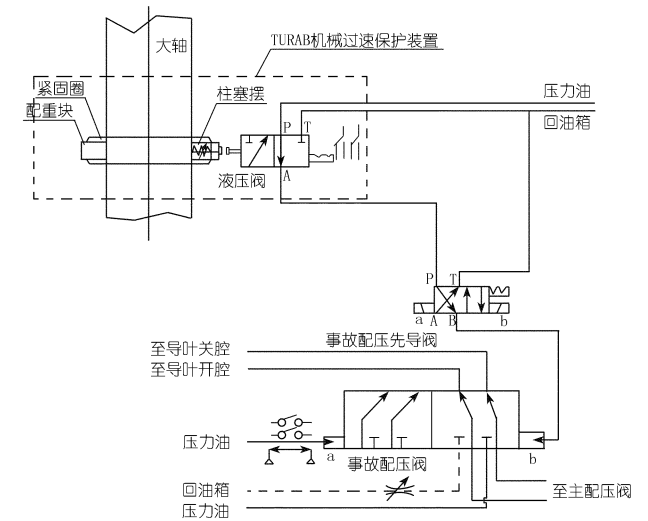


图 1 原纯机械超速保护装置组成结构示意图

2.3 工作原理

如图 1 所示,机组在正常运行时,液压阀的 P 口与 A 口处于接通状态,压力油由 P 口进入,自液压阀 A 口流出。事故配压先导阀的 P 口与 B 口处于接通状态,压力油经先导阀接至事故配压阀的 b 端。事故配压阀在 a,b 端压力油及与自带弹簧的作用下,阀芯向 a 端移动,b 端处于工作位,使主配压阀与导叶开腔、关腔相连接,行使导叶正常调节功能。

当水轮发电机组失控、转速持续上升至预设值(211.5 r/min)的时候,柱塞摆与触动臂就会产生碰撞,这样就迫使液压阀进行油路切换,其 A 口与 T 口处于接通状态。此时,事故配压阀 b 端的压力油通过事故配压先导阀的 B 口、P 口以及配压阀的 A 口、T 口排至回油箱。由于事故配压阀的 a,b 端失去压力平衡,因此,在 a 端压力油的作用下只好进行切换,以使压力油、回油箱分别与导叶关腔、开腔直接接通,实现导叶的事故关闭功能。

3 存在的问题

锦屏一级水电站最高运行水头为 240 m,对应的机组最大飞逸转速为 270 r/min,最低运行水头为 153 m,相应的机组最大飞逸转速为 199 r/min。丰枯期水头变化范围达 87 m,最大飞逸转速的变化范围为 71 r/min。

对于 TURAB 机械超速保护装置的定值,亦即 211.5 r/min,是依据最高运行水头整定的,它可以抵

御机组最恶劣的飞逸事故。但是当运行水头消落至低水头段时,能达到的最大飞逸转速将小于该超速保护定值,而且不能触发 TURAB 超速保护装置,这样就会使机组面临飞逸事故的威胁。

若 TURAB 超速保护装置的定值按照低水头范围段来整定,则机组在高水头甩满负荷以后,其最大转速将会高于超速保护装置的定值,这样就会误触发机械超速保护装置,从而造成机组误停机。

产生上述问题的根本原因在于:机组运行水头变幅过大,在保障保护装置不被误触发的前提下,单套机械超速保护装置难以有效地涵盖所有水头段。

4 改造实践

4.1 改造方案

通过分析研究,决定保留原 TURAB 机械超速保护装置,将其作为高水头段的超速保护。对于每台机组来说,另外再增加一套同型号的装置,以作为低水头段的超速保护;但应留有一定的水头变幅和安全系数,因此,将低水头段的超速保护定值整定为 202 r/min。在某一特定运行水头下,2 套装置只需投用一套,因此必须增设一套电控液动换向阀,以实现高低水头保护装置的远方切换。

2 套柱塞摆和配重块共用一套紧固圈,其相互之间成 30°角安装,垂直高程间距为 50 mm。改造后的纯机械超速保护装置的组成结构示于图 2 中。

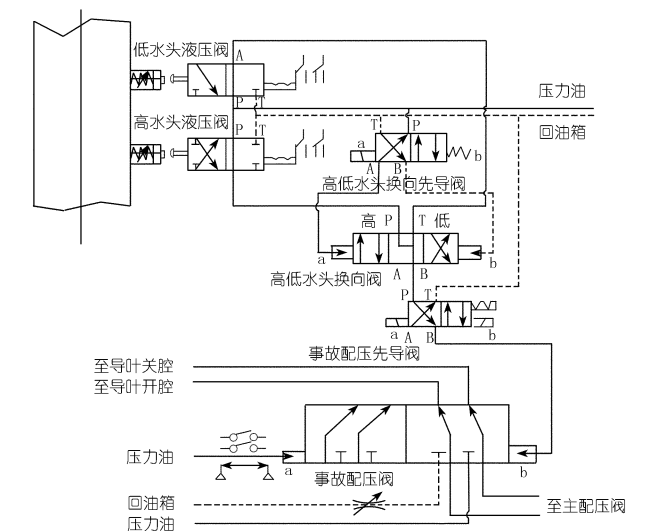


图 2 改造后纯机械超速保护装置组成结构示意图

4.2 工作原理

如图 2 所示,电控液动换向阀由电磁先导阀和液动换向阀组成。当接收到监控系统发出的投入低水头超速保护装置时,先导阀得电,其 P 口与 A 口接通、T

口与 B 口接通,换向阀 a 端通压力油、b 端通回油箱,阀芯向 b 端移动,换向阀 T 口与 B 口接通,从而使低水头保护装置的油路通向事故配压先导阀;当接收到监控系统发出的投入高水头超速保护装置时,先导阀失电,其 P 口与 B 口接通、T 口与 A 口接通,换向阀 a 端通回油箱、b 端通压力油,阀芯向 a 端移动,换向阀 P 口与 B 口接通,从而使高水头保护装置的油路通向事故配压先导阀。其余液压油路原理与 2.3 中所述的工作原理相同。

对于 2 套装置采用监控系统来实施远方手动切换,其实施原理是,在电控液动换向阀内集成有一个压力开关,其信号可以送至监控系统,以便实时判断当前的运行水头是否与高低水头保护装置投入状态相匹配。否则,监控系统将会发出报警信号,以提醒监盘人员切换。

4.3 可行性分析

机组在比较低的水头至 178 m 水头范围内运行时,电控液动切换阀会使低水头纯机械超速保护装置投入。若水头继续上升并超过了 178 m 时,那么电控液动切换阀会使高水头纯机械超速保护装置投入。在 178 m 水头下,机组能达到的最大飞逸转速为 214 r/min,该转速已经高于高水头超速保护定值 211.5 r/min,因此,在 178 ~ 240 m 运行水头下,装置完全能正确动作。

在机组水头由较高水头回落至 176 m 以下时,电控液动切换阀会使低水头纯机械超速保护装置处于投入位置。大约在 158 m 水头以下,机组能达到的最大飞逸转速为 202 r/min,也就是说,能满足低水头超速保护定值 202 r/min 的要求。因此,在 158 ~ 178 m 运行水头下,装置仍能正确动作。但是在 153 ~ 158 m 运行水头下,因为机组的最大飞逸转速要略为小于低水头超速保护定值,所以,此时装置不能正确动作,然而低水头超速保护功能已经涵盖了低水头的大部分范围(158 ~ 178 m)。

这些状态主要是受限于工厂试验台上柱塞摆的调整极限,为使保护能够涵盖所有的低水头段,经研究,已确定在后续条件允许的情况下,将低水头柱塞摆返厂以调低动作定值(比如 198 r/min)。

5 功能试验

在相应的机械装置、液压管路以及电气接线安装调试等工序完毕之后,分别进行了装置切换试验、静态

动作试验和动态动作试验,试验结果均表明所实施的改造方案是正确的。

受水库运行水头的限制,本文只进行了当时所对应水头下的纯机械超速保护装置的试验,对于未完成的试验,将在水头条件具备时补充完成。

5.1 装置切换试验

对于液压系统的正常备用,监控系统上发出投入高低水头超速保护装置信号,检查高低水头切换先导阀、换向阀动作是否正常,超速保护装置切换是否正常。

5.2 静态试验

在人为触动液压阀的触动臂以后,液压阀切换正常,事故配压阀切换正常,导叶关闭正常。手动复归触动臂后,液压阀复位正常,事故配压阀复位正常。

5.3 动态试验

开机进行超速试验,主要是对机组的柱塞摆、液压阀以及事故配压阀动作的正确性进行试验,试验结果列于表 1。

表 1 高低水头机械超速保护装置动态试验结果

机组 编号	整定值/ ($r \cdot \min^{-1}$)	实际动作值/ ($r \cdot \min^{-1}$)	偏差/ %	动作 结果
4 号	211.5	213.8	1.0	正确
5 号	211.5	211.2	0.1	正确
6 号	211.5	215.3	1.8	正确

6 结 语

纯机械超速保护装置在动作停机以后,必须对液压阀的触动壁进行人为复归,以使保护装置为下一次动作做好准备。尤其是在高水头下甩满负荷时,可能只有低水头超速保护装置的柱塞摆在动作,在这样情况下,机组并不会停机,但仍需检查、复归低水头装置的触动壁。2 套保护装置原则上可以在机组运行的状态下相互进行无扰动切换,但是实际效果还有待实践检验,在条件允许的情况下,适宜在停机的状态下进行切换。

参考文献:

[1] 何国勤,李正洪.机械液压超速保护系统在水电站中的应用[J].水电自动化与大坝监测,2003,27(5):40-42.
[2] 李银铛,李一丁,吕元龙,等.纯机械液压超速保护装置在西霞院水电站的应用[J].水电能源科学,2008,26(2):153-157.

(编辑:赵秋云)

Application of double devices of purely mechanical hydraulic overspeed protector at high and low operating head

LI Jinmin

(Jinping Hydropower Plant, Xichang 615012, China)

Abstract: The application of purely mechanical hydraulic overspeed protector manufactured by TURAB in Jinping Hydropower Plant is introduced. As the variation of the operating head reaches up to 87 meters, the original single device is not able to protect the unit at all operating head by correct activation. If the setting value is tuned to the high head, the low runaway speed could not trigger the protection action at low operating head. On the other hand, if the setting value is tuned to the low head, the unit maximum speed after load shedding would trigger false protection at the high head. To solve the above problems, the double devices of purely mechanical hydraulic overspeed protector and electronically controlled hydraulic switch valve applied to different ranges of high and low operating head are described in details, and the feasibility of the solution is verified in the hope of providing reference for similar engineering design and modification.

Key words: operating head; high and low operating head; double devices; purely mechanical hydraulic overspeed protector; Jinping Hydropower Station I

(上接第 92 页)

Ecological carrying capacity assessment of wetlands in middle and lower reaches of Yangtze River from a new perspective of promoting ecological civilization

CUI Shengyu, WANG Hongrui, LU Tingting, LI Aihua

(College of Water Science – Key Laboratory for Water and Sediment Science, Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: In the view of ecological civilization construction, a new connotation of regional ecological carrying capacity is proposed, the evaluation system of ecological carrying capacity of the wetland in the middle and lower reaches of Yangtze River is constructed from three aspects of ecological support force, pressure of resources and energy consumption and pressure of environment pollution discharge, a state space model and a human and natural coupled system model are established, so as to evaluate the ecological carrying capacity of the wetland in the middle and lower reaches of Yangtze River in 2010 quantitatively. The results indicate that: (1) four counties including De'an, Jinxian, Nanxian and Yongxiu are overload and imbalance areas, 10 counties such as Xinjian etc. are carrying but imbalanced areas, 10 counties such Jinxian, Wuhan etc. are carrying and comparatively balanced areas, 15 counties or cities such as Anqing etc. are slight overload and comparatively balanced areas. (2) All the overload and imbalanced areas are located in the wetland areas of Dongting Lake and Poyang Lake while the ecological carrying but imbalanced areas are dispersed, which are located in the wetland area of Yangtze River stem and the eastern area of Poyang Lake wetland area. (3) The social and economic pressure characteristics of the counties in wetland area of Dongting Lake and Poyang Lake, Jiangnan Lake group and middle and lower Yangtze River wetlands are pollution pressure. Based the analysis results, the development suggestions are put forward.

Key words: wetland; ecological carrying capacity; ecological civilization construction; middle and lower reaches of the Yangtze River