

两级串联水电站联合调节运行方式的研究

翟鹏, 陈少华, 彭金宁

(西安热工研究院有限公司, 陕西 西安 710032)

摘要: 针对长明渠引水和无调节容量的压力前池的两级串联式水电站联合运行方式进行了研究, 在其调试经验分析的基础上提出了“串联运行功率—水位控制”的运行方式, 旨在通过计算机控制协调电站联合运行, 解决变负荷过程中两级电站间暂时的流量不平衡, 并消除电站运行中机组发生故障对联合运行的影响。

关键词: 长引水明渠串联式水电站; 联合控制; 功率—水位控制

中图分类号: TV737

文献标识码: A

文章编号: 1000-0860(2014)02-0140-04

Study on joint-operation mode of two-steps cascade hydropower station

ZHAI Peng, CHEN Shaohua, PENG Jinning

(Xi'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710032, Shaanxi, China)

Abstract: The joint-operation mode of two-cascade hydropower station with long diversion channel and no regulating capacity pressure forebay is studied herein, and then a operation mode of “serializing operation power-water level control” is put forward based on the analysis of its testing and debugging experiences, so as to coordinate the joint-operation of the hydropower station through computer control, solve the transient imbalance of flow between both the steps of the hydropower station and eliminate the impact from the fault of the hydro-generating unit on the joint-operation during the operation of the hydropower station.

Key words: cascade hydropower station with long diversion channel; joint-control; power-level control

目前国内在运的高水头混流式水电站多数在设计选址时都具备独立可调节库容, 这样的机组在带负荷运行中机组间的相互影响相对较小, 在机组投入 AGC 运行及机组发生故障时基本不用考虑库容对机组安全运行的影响。而文中涉及的电站为梯级布置, 长明渠引水, 两级电站前池均无可调节容量。这样的水工结构决定了两级电站中每台机组在启动、运行、负荷分配、事故应对时的关系都非常紧密, 应当统一考虑。为此, 本文以别迭里水电站为例, 提出一种基于 AGC 模式下的两级电站协调控制全厂负荷, 事故状态时控制压力前池水位的运行方案以提高无调节库容的串联电站的运行稳定性。

1 别迭里水电站工程建筑及主要水利参数

别迭里水电站为径流式长引水电站, 其中一级电站引水明渠长 27.78 km(含 1.55 km 引水隧洞和

0.43 km 沉沙池), 一级电站厂房后为 1.07 km 的尾水渠与二级电站压力前池连接, 引水明渠设计流量为 $140 \text{ m}^3/\text{s}$ 。两级电站压力前池基本相同工作容积均为 $14\,016 \text{ m}^3$, 地面厂房, 蜗壳进口均未设计调压井, 溢流侧堰设计流量 $140 \text{ m}^3/\text{s}$, 一级站泄水渠设计流量 $140 \text{ m}^3/\text{s}$, 最大流速 13.86 m/s , 二级站泄水渠设计流量 $140 \text{ m}^3/\text{s}$, 最大流速 14.295 m/s 。两级电站各安装 4 台单机容量 31 MW 的混流式机组, 设计净水头 100.8 m, 额定流量 $34.81 \text{ m}^3/\text{s}$, 额定转速 333.3 r/min , 两级电站的上下游水位与流量的关系见表 1^[1]。

二级站压力前池水位标高为最高水位 1 819.68 m, 设计水位 1 817.96 m, 最低水位 1 816.17 m, 池底高程 1 805.83 m^[1]。

收稿日期: 2013-04-09

作者简介: 翟鹏(1982—), 男, 工程师。

表 1 一二级电站上下游水位~流量关系

序号	流量 /m ³ ·s ⁻¹	一级站前池水位/m	一级站尾水位/m	二级站前池水位/m	二级站尾水位/m
1	140	1 921.13	1 818.23	1 817.97	1 715.00
2	120	1 921.13	1 817.89	1 817.63	1 714.70
3	100	1 921.13	1 817.52	1 817.26	1 714.37
4	50	1 921.13	1 816.32	1 816.06	1 713.31
5	10	1 921.13	1 814.60	1 814.34	1 711.77

2 控制难点

2.1 压力前池无可调解容量

压力前池容量按设计可供单台机组引用 6.67 min^[1],若 4 台机组满负荷运行理论上仅能维持运行约 1 min。如果沿用常规控制方案,当系统内一台或多机组同时甩负荷而不对前池水位进行干预,则很有可能造成水位大幅波动影响在运机组运行,导致事故扩大。

2.2 甩负荷后水位变化对系统的影响

由于压力前池容量设计较小,故系统内存在的惯性较弱。运行机组甩负荷后,其在来水流量中所占的百分比会直接反映到压力前池水位的变化上来。整个电站联合体设计为串联运行,两级站间距离很近,一级站运行机组甩负荷后若二级站机组不能联动调节,由于水位快速下降最终将引起二级站低水位保护动作停机。

2.3 带负荷及变负荷过渡过程中电站联合体内部的流量关系

机组带负荷运行中应当平衡两级站间机组的出力,即做到两级站间的流量平衡。在变负荷过程中应当协调两级站间负荷的动态变化,对变负荷过程中系统内的流量变化作动态补偿。

3 解决方案

3.1 串联运行功率—水位控制方案及控制意图

有串联运行功率—水位控制的水电厂 AGC 程序框图如图 1 所示。

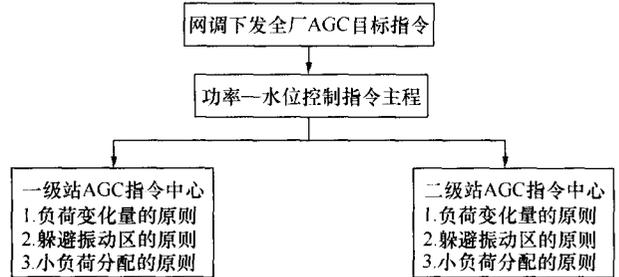


图 1 有串联运行功率—水位控制的水电厂 AGC 程序框图

3.1.1 功率控制

在机组投入电厂自动控制方式^[2](即全厂 AGC 方式)后,通过功率—水位控制程序中的功率控制,按照平衡两级站间机组的出力达到两级站间流量平衡的原则计算生成各级站需要达到的总功率目标值,再分配给各级站的 AGC 指令中心,按照 AGC 程序子组的原则计算生成每台参与联合运行机组的实际应发负荷目标值。

3.1.2 水位控制

若电站联合体内部有机组发生甩负荷或跳闸事故程序会自动判断并转入功率—水位控制程序中的水位控制。如果电站联合体正处于调度自动方式^[2],程序会自动跳出该模式并转入电厂自动控制方式。通过协调控制两级站在运机组的出力来减小前池水位的波动量。

3.2 串联运行功率—水位控制方案的程序设计

串联运行功率—水位控制方案作为整个电厂控制

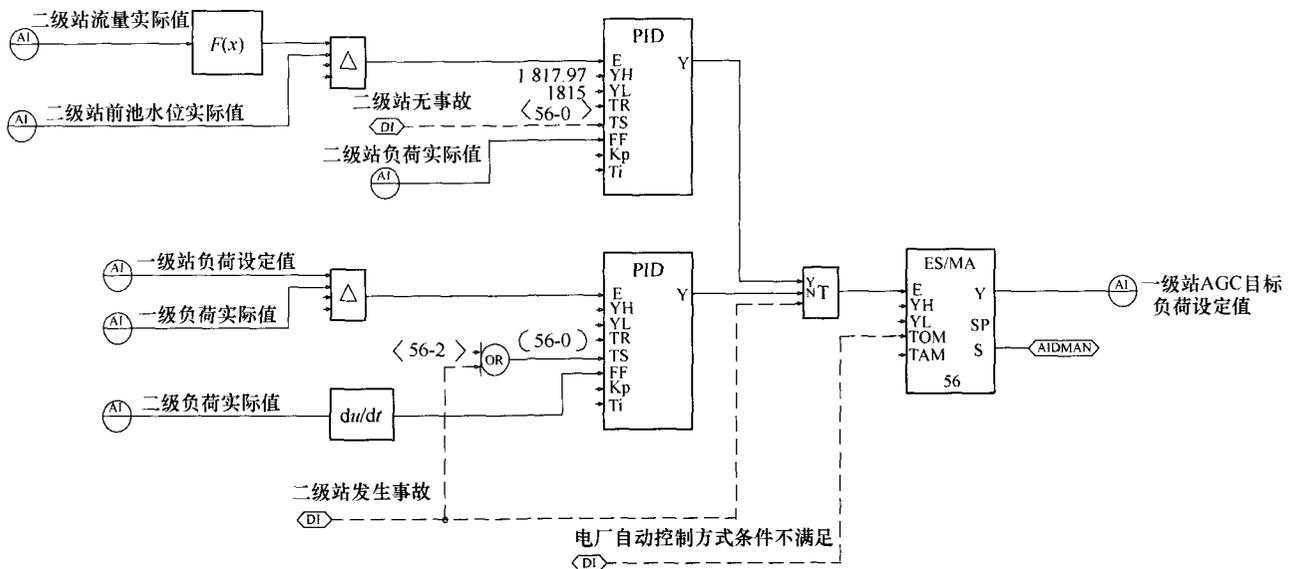


图 2 一级站功率—水位控制逻辑图

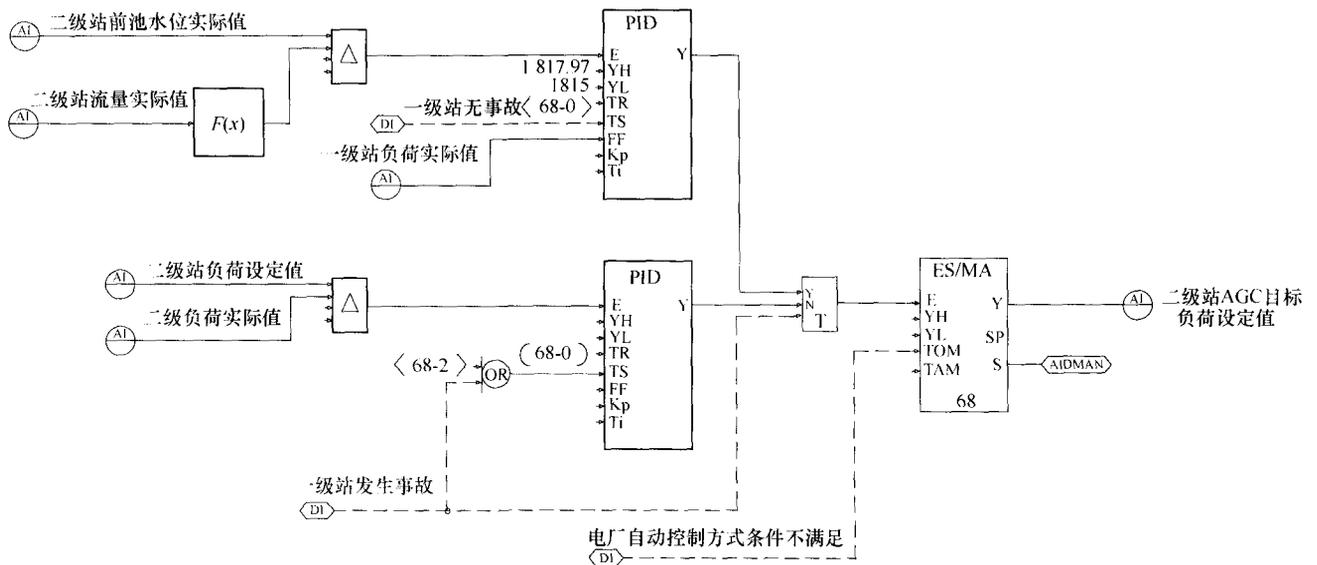


图3 二级站功率-水位控制逻辑图

逻辑的一部分具有以下主要功能。两级站的程序控制逻辑如图2和图3所示。

3.2.1 ES/MA 是操作站

运行人员可通过交互画面改变 ES/MA 站的状态,若 ES/MA 站在手动状态,可通过 ES/MA 站给定某级站的总有功目标值。若两级站 ES/MA 站全部投入自动则“电厂自动控制方式”满足。

3.2.2 PID 算法中的跟踪设计

由于程序设计时 PID 控制器采用连续位置型并联 PID 算法(调节器方向,正作用),所以在功率控制和水位控制逻辑中均设计了跟踪回路。当 PID 控制器不在自动时 PID 算法处于跟踪状态,以消除切换时对系统的扰动。

3.2.3 甩负荷过程中的电站联合水位控制

一级站运行机组发生跳闸或甩负荷,程序会自动转入水位控制。考虑电站系统稳定的前提下,选择一级站剩余机组带原负荷不变,由二级站机组联合控制二级前池水位,最终实现两级站间流量平衡。

二级站运行机组甩负荷,程序自动为一级站选择一个迫降目标负荷,将一级站负荷降至目标负荷,减小二级站前池溢流堰的过流压力(根据设计要求溢流堰可以承受最大 $140 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量但不能长期过流^[1]),即维持一级站负荷大于二级站某一值,为二级站机组重新并网做好准备。目前程序设计为维持两级站流量平衡。

3.2.4 串联联合运行方式下一级站的功率微分前馈

用二级站实发功率的微分作为一级站功率控制的前馈。功率微分前馈只在电厂自动控制方式电站联合运行过程中有效,目的是改善电站联合体变负荷过渡

过程中系统的流量平衡。当电站联合体内出现机组甩负荷等事故工况时,功率微分前馈回路自动退出工作。功率微分前馈具有功率变化率判断功能,实现 AGC 运行方式下电站联合运行中加负荷一级站快加,减负荷一级站慢减的功能。

3.2.5 功率~水位函数

为了减小机组事故对电站联合运行的冲击,程序设计了水位调节回路,水位调节回路的设定值按照功率~水位函数(见图4)自动生成。

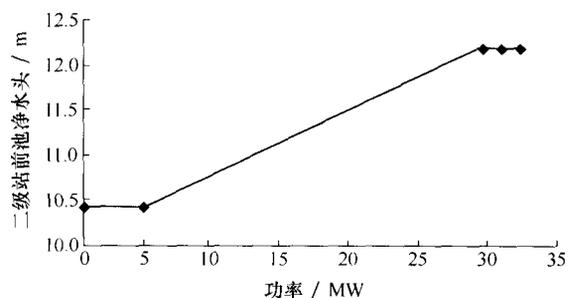


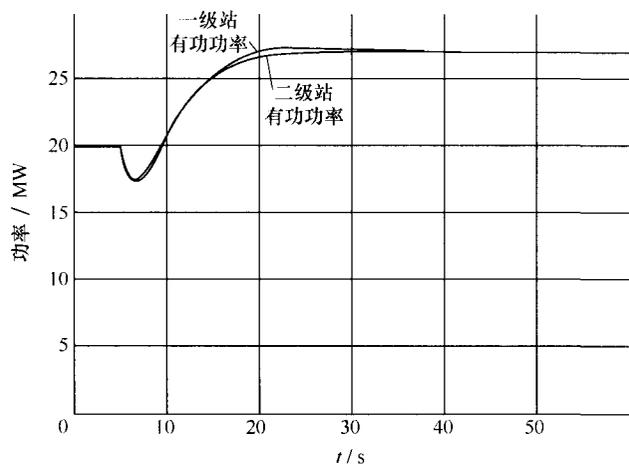
图4 功率~水位函数

4 串联联合运行方式下对系统性能改善

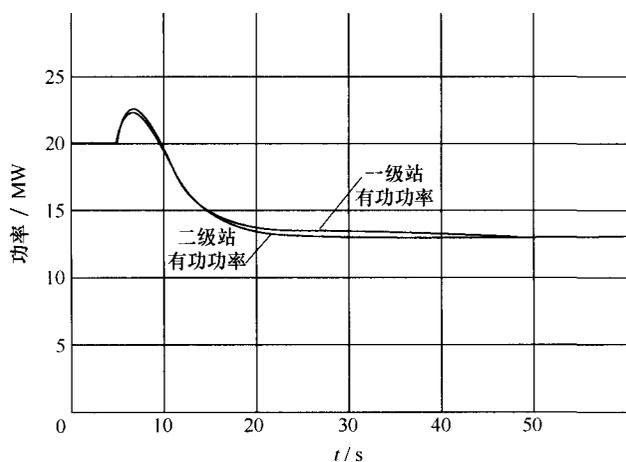
4.1 电站联合运行时的负荷扰动试验

如图5所示,负荷扰动试验曲线为两级站中各选择一台机组,按照 7 MW 的变化幅度考验系统的变负荷能力,并检验负荷变化过程中系统内的流量变化关系。由变负荷扰动试验易发现过渡过程中两级站负荷变化有明显的区别。一级站在加负荷过程中的变化速率快于二级站,减负荷过程中慢于二级站,并且稳态时两级站的负荷都能快速达到目标值。变负荷率

16.8 MW/min, 可以满足网调对 AGC 变化速率的考核要求^[3]。



(a) 负荷增加7 MW



(b) 负荷减少7 MW

图5 负荷扰动试验曲线

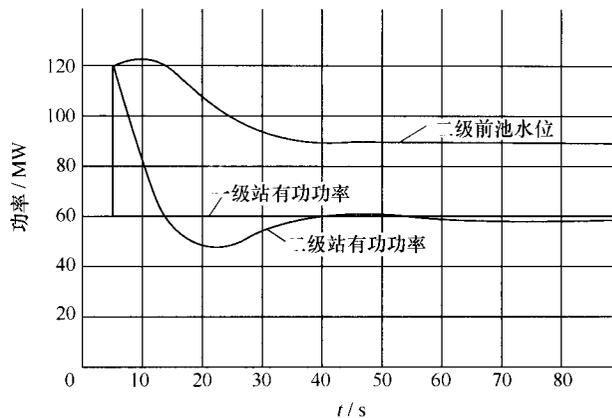
4.2 电站联合运行时的甩负荷工况

试验目的为电站联合体内有机组甩负荷(见图6), 考验系统能否立即由功率控制平稳转入水位控制, 并将二级站前池水位控制在合理范围内。程序按照功率~水位函数生成水位目标值, 经计算后生成新的负荷目标值, 通过各级站的 AGC 程序子组控制在运机组联合调解。

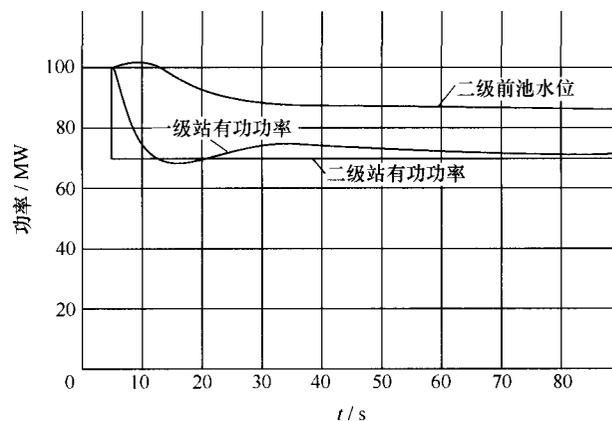
4.3 需要注意的几个问题

功率~水位函数在程序中按照设计院提供资料生成, 实际使用中还需要进行优化, 因为由于测量的影响或者水力结构变化都可能使参数不能达到最优, 尤其对长引水式电站弃水是非常不经济的, 水位控制的太低也不利于机组快速重新并网。

功率—水位控制主程序的下层是两级电站的 AGC 程序子组。AGC 程序设计合理对功率—水位控制效果的影响非常重要。如果 AGC 程序设计不合理将会影响电站联合体的调节精度和速率, 增加水耗和气蚀的可能。



(a) 一级站甩60 MW



(b) 二级站甩30 MW

图6 甩负荷工况试验曲线

5 结论

鉴于该电站水工结构的特点提出串联运行功率—水位控制方案, 这种串联布置的水电站各机组间的关系十分紧密, 通过两级电站联合调解可以改善电站联合运行中过渡过程的流量平衡减小站间的偶联关系。

事故状态时电站联合体转为对压力前池水位控制, 减弱了由于水位快速变化引起的对渠道、边坡及溢流堰等水工结构的冲击。由于事故状态时系统能够对水位进行干预, 所以在水位快速变化时可以减小触发低水位保护动作的风险, 提高了机组运行的安全性。

参考文献:

- [1] 林元旦, 白俊岭, 张士杰, 等. 新疆托什干河别迭里水电站工程可行性研究报告[R]. 中水北方勘测设计研究有限责任公司, 2008.
- [2] 赵旋宇, 黄文伟, 等. 中国南方电网自动发电控制(AGC)技术规范(试行)[S]. 中国南方电网电力调度通信中心, 2009.
- [3] 新疆电力公司. 西北区域发电厂并网运行管理规定新疆电网实施细则(试行)[S]. 新疆电力公司, 2006.

(责任编辑 陈小敏)