

小型水电站机组负荷自动调节方法研究

景钦煊 何海萍

国电电力青海万立水电开发有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i6.5504

[摘要] 小型引水式水电站压力前池水位对机组出力有较大的影响,本文针对青海江源水电站,开发一套机组负荷自动调节系统,实现机组负荷按照压力前池水位自动调节,确保水电站在较高水头情况下运行,提高水电站经济效益。

[关键词] 小型引水式水电站; 机组负荷; 自动调节; 压力前池水位

中图分类号: TV74 **文献标识码:** A

Research on Automatic Load Adjustment Method for Small Hydropower Station Units

Qinxuan Jing Haiping He

Guodian Power Qinghai Wanli Hydropower Development Co., Ltd

[Abstract] The water level in the pressure front pool of small diversion type hydropower station has a great influence on the unit output, this paper develops a set of automatic unit load adjustment system for Qinghai Jiangyuan Hydropower Station to realize the automatic adjustment of the unit load in accordance with the water level in the pressure front pool, to ensure that the hydropower station operates under the condition of higher head and to improve the economic efficiency of the hydropower station.

[Key words] small diversion hydropower plants; unit load; automatic regulation; pressure front pool level

我国小水电资源十分丰富,可开发量大约1.28亿千瓦,居世界第一位。我国小水电资源分布非常广泛,遍及30个省(区、市)1715个县。近二十年来,社会资本大量进入极大的促进了小水电及相关产业的繁荣,小水电的建设不仅满足了广大人民群众用电要求,也丰富了我国能源结构。我国小水电建设多是引水式水电站,引水式水电站的重要建筑物之一是压力前池,前池水位的变化会直接影响水电站的运行和效益。如果不能对前池水位进行有效的调节,就会导致前池水位在设计水位上下频繁大幅波动,造成水轮发电机组出力频繁变化,影响电站经济效益。当引水流量较小时,需要电站运行人员人工调节机组负荷,以此来维持前池的水位在合理的范围,否则前池水位过低可能导致机组效率急剧降低,甚至影响到机组的安全稳定运行。这一问题一直是众多小型引水式水电站需要解决的难题之一^[1-2]。近年来,计算机监控技术在小型水电站的自动控制化进行中取得了快速的发展,无论新建电站还是老旧水电站的技术改造,大都采用了计算机监控技术,为实时自动调节机组负荷,维持前池水位稳定,确保机组在最优工况下的运行奠定了基础。

1 问题提出及其背景

江源电站位于青海省门源县境内大通河流域上游,为径流引水式小型水电站,所在河流为大通河,电站安装三台混流式水轮发电机组,总装机容量 $3\times 14\text{MW}$ 。工程主要建筑物有:拦河坝、

引水隧洞、调压井、电站厂房、尾水渠、升压站等组成。江源水电站大坝属四等小二型工程,库容204万立方米,属于径流式无调节能力小水电站,其发电流量完全取决于河道的天然来水,这就造成库区内蓄水进入电站发电引用流量变化比较大。运行人员需要经常人工调节机组出力,以维持坝区的水位在合理的范围。为此,在江源水电站计算机监控系统中开发一套机组负荷自动调节系统,实现机组负荷按照压力前池水位自动调节,确保水电站在较高水头情况下运行,提高水电站经济效益。

2 基于SC2000的机组负荷自动调节系统设计

首先在江源水电站压力前池上设置水位测量装置,并将水位测量信号接入计算机监控系统。江源水电站的计算机监控系统(SC2000)主要包括2套冗余配置的主机、1套通讯机。考虑到系统的可靠运行,将机组负荷自动调节系统部署在主机上,实时监控水电站2台机组的出力情况及前池水位。前池水位发生变动时,负荷自动调节系统根据既定策略计算机组负荷分配值,并将负荷调节指令下发到电站监控系统SC2000,由其完成机组负荷的自动调节。

2.1 按前池水位控制负荷的基本策略:

水电站在正常工况运行时,若全厂发电用水量超过来水量,将引起前池中水量逐渐减少,引起前池水位下降,机组水头降低,机组控制系统为保证出力,只能增大调速器导叶开度,使得发电



图 1 机组负荷自动调节系统运行界面

用水量进一步增大, 水位继续下降, 水头进一步降低, 最终可能影响机组发电安全。反之, 若全厂发电用水量低于来水量, 将引起前池中水量逐渐上升, 引起前池水位上升, 机组水头上升, 机组控制系统为维持出力, 只能减小调速器导叶开度, 使得发电用水量进一步减少, 水位继续上升。按前池水位自动调节负荷是指根据前池水位的变化, 自动调节全厂的发电负荷, 避免水位持续下降影响机组安全, 或者水位持续增高, 造成溢流, 浪费水资源的控制策略。

对水电站流量-负荷-水位等关系进行分析, 可将其简化为如图所示水箱模型:

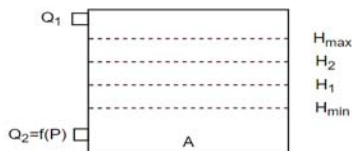


图 2 机组负荷自动调节简化模型

其中: Q_1 : 前池入口流量; Q_2 : 前池出口流量(机组发电所耗流量); A : 水箱面积; $H_1 \sim H_2$: 前池水位区间划分; H_{max} : 前池溢流水位; H_{min} : 停机水位; P : 全厂有功功率

由以上模型可知, 前池水位主要受前池入口流量、全厂发电用水量影响, 由于前池入口流量及机组发电用水量均无法测量, 因此无法通过直接平衡流量来达到稳定水位的目的。前池入口流量受多种外部影响, 对于电站运行而言是不可控的, 机组发电用水量与机组负荷成正比, 因此为保证前池水位稳定在安全区间, 可按照水位来自动调整全厂的负荷情况, 具体策略为:

实时监测前池水位, 并根据当前水位, 划分电站机组运行的水位区间; 根据当前区间的额定发电机组数量与实际发电机组数量的关系判断调节策略: 实际机组数大于额定机组数时, 停一

台机; 实际机组数等于额定机组数时, 通过机组负荷的微调来稳定水位; 实际机组数小于额定机组数时, 水位已上升至本区间 80% 最高水位处并且有机组满足开机条件时, 开一台机; 由于发电机负荷可调范围非常有限, 故机组发电时基本上处于满发状态, 区间内部只能通过调整发电机负荷来微调流量, 稳定水位。

2.2 按水位发电控制逻辑图

设计逻辑框图如下:

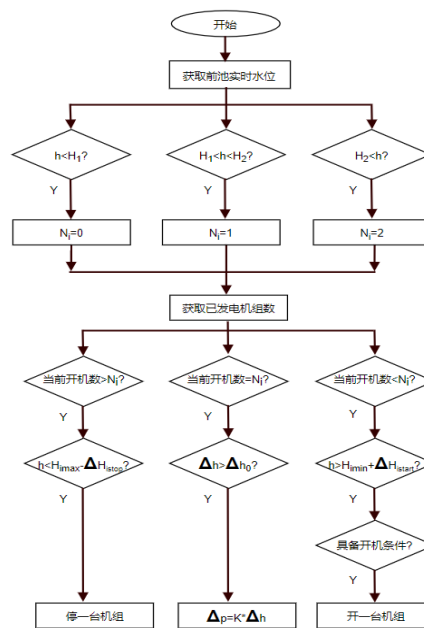


图 3 机组负荷自动调节逻辑图

其中: i 为区间号; N_i 为 i 区间额定发电机组数; H_{max} 为 i 区

间最高水位; ΔH_{stop} 为*i*区间停机死区; H_{imin} 为*i*区间最低水位; ΔH_{start} 为*i*区间开机死区; h 为当前前池水位; Δh 为前池水位变化; Δh_0 为前池水位调节死区。

2.3 负荷控制模式

负荷控制可选择自动模式和手动模式。自动模式时,运行人员设定水位区间划分,控制系统根据上述逻辑框图实现自动控制;手动模式时,由运行人员直接操作计算机监控系统,通过调节全厂有功来调节水位。自动/手动模式的切换由现场运行人员控制。

2.4 机组开/停时应具备的条件

开机判断条件: 机组无事故、机组无故障、机组已投入自动水位调节功能、已开机的总数未达到全厂最大机组数;

停机判断条件: 机组未带厂用电、机组已投入自动水位调节功能、已开机的总数不为零;

2.5 安全性策略

当出现以下情况之一时,负荷自动调节系统应自动退出: 电站有事故、水位测量值异常、机组电压异常、机组电流异常、机组频率异常、电网振荡、母线电压异常、母线电流异常、母线频率异常、出线电压异常、出线电流异常、出线频率异常。

当出现以下情况之一时,单机退出负荷自动调节系统: 机组有功测值故障; 发电态时机组LCU故障; 机组有事故。

2.6 江源水电站关键运行参数

2.6.1 前池水位运行区间: 0~2621.5、2621.5~2621.85

0~2621.5时: 若当前无机组运行,则不进行任何操作; 若当前有1~2台机组运行,且前池水位小于停机水位,操作机组关机。

2621.5~2621.85时: 若当前无机组运行,且前池水位大于开机水位,操作机组开一台机; 若当前有1台机组运行,且此时前池水位上升,则增加该机组负荷,直至其达到满负荷; 机组满负荷后,前池水位继续上升,报警提醒运行人员; 若此时前池水位下降,则减少该机组负荷,直至机组达到停机负荷; 机组达到停机负荷后,前池水位继续下降,报警提醒运行人员。若当前有2台机组运行,前池水位小于停机水位,操作机组停一台机。

2621.85以上时: 若当前有1台机组运行,前池水位大于开机水位,操作机组开一台机; 若当前有2台机组运行,若此时前池水位上升,则增加全厂负荷,优先增加低负荷机组,2台机组负荷基本一致后,平均分配两台机组负荷,直至其达到满负荷; 全厂满

负荷后,前池水位继续上升,报警提醒运行人员; 若此时前池水位下降,则减少全厂负荷,优先降低高负荷机组,2台机组负荷基本一致后,平均分配两台机组负荷,直至全厂机组达到停机负荷; 全厂机组达到停机负荷后,前池水位继续下降,报警提醒运行人员。

所有区间共同策略: 对于自动负荷调节功能未投入的机组,软件只监视其运行状态,作为判断机组运行台数的条件,不对其进行负荷调节。

2.6.2 负荷调节系数 $k_p = \Delta P / \Delta h$

k_p : 前池水位每变化 Δh 时,全厂负荷对应的调节量; k_p 设置直接影响系统的调节效果。 k_p 增加会提高系统响应速度,减小系统稳态误差,但过大可能会导致系统超调严重, k_p 减小会降低系统响应速度,增大系统稳态误差,但过小可能导致调节不及时,前池水位过低或溢流。该参数根据现场试验结果来确定。

2.6.3 调节周期 T

全厂负荷变动后,由于流道中蓄水的原因,前池水位不会立即变化,会有一些的时间延迟,此时若调节周期过短,会引起系统的超调,甚至影响机组的安全稳定运行。因此调节周期不能太短,避免调节系统震荡,建议调节周期等于延迟时间。

3 结语

本文对小型水电站机组负荷自动调节方法进行了研究,基于前池水位的变化自动调节机组负荷,多次试验证明,本文提出的机组负荷自动调节方法是可行的,水电站机组负荷自动调节系统可根据前池水位适时准确地自动调节机组的出力、有效地利用水能,具有良好的稳定性、可靠性、适时性、有效性、安全性等优点。目前前池水位目标值采用人工设定的方式,未来可进一步结合水电站发电效率曲线与历史运行数据,总结电站水位及运行规律,建立水位与负荷预测模型,根据模型自动计算前池水位的最优设定值。

[参考文献]

[1]马跃先,马希金,阎振真.小型水电站优化运行与管理[M].郑州:黄河水利出版社,2000.

[2]李钰心.水电站经济运行[M]北京:中国电力出版社,1999.

作者简介:

景钦焯(1981--),男,汉族,青海西宁人,本科,工程师,研究方向: 电力系统自动化。