

AGC optimization design of large hydroelectric generating units

Wei Yang Yuanlin Tang

Nanjing NR Electric Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211102, China

Abstract

The paper takes a large hydropower unit as an example, introducing the AGC head treatment scheme, the optimal design of AGC parameters, and proposes an AGC gain adjustment strategy to accelerate secondary frequency regulation.

Keywords

AGC; head conditions; the optimal design of AGC parameters; adjustment strategy

大型水电机组的 AGC 优化设计

杨伟 唐元霖

南京南瑞继保电气有限公司, 中国 · 江苏 南京 211102

摘 要

本文以某大型水电机组为实例, 介绍了水电机组 AGC 水头处理方案, AGC 参数的优化设计, 并提出一种加快二次调频的 AGC 增益调节策略。

关键词

AGC; 水头; AGC 参数的优化; 增益调节

1 引言

由于水电机组调节性能好, 调节速度快, 一般情况下是由水电机组来承担电力系统日负荷中的峰荷和腰荷。水电机组 AGC (自动发电控制) 的核心作用是通过动态调节机组有功功率, 实现电网频率稳定与经济调度。水电机组 AGC 按预定条件和要求, 以迅速、经济的方式自动控制水电厂有功功率来满足系统需要的技术, 它是在水轮发电机组自动控制的基础上, 实现全电厂自动化的一种方式。根据水库上游来水量和电力系统的要求, 考虑电厂及机组的运行限制条件, 在保证电厂安全运行的前提下, 以经济运行为原则, 确定电厂机组运行台数、运行机组的组合和机组间的负荷分配。在完成这些功能时, 要避免由于电力系统负荷短时波动而导致机组的频繁启停。

水头是水电机组运行的核心参数, 直接影响机组出力特性和调节能力, 故而水电机组 AGC 优化设计需综合考虑水头动态变化、机组特性及电网需求, 通过参数整定、控制策略优化和算法升级, 实现快速响应、稳定运行和能效提升。

本文以某大型水电机组为实例, 介绍了水电机组 AGC

自动水头和手动水头的处理方案; 不同水头下 AGC 参数优化、同一水头的不同负荷段 AGC 参数优化, 提升调节速率和调节精度; 并提出一种加快二次调频的 AGC 增益调节策略。

2 AGC 水头处理方案

2.1 总体原则

(1) 水头采用自动水头方式, 以集控下发水头为主用, 厂内测量水头为第一备用, 手动水头为第二备用;

(2) 若集控下发水头、厂内测量水头均出现故障, 程序闭锁自动水头值、切手动水头为主用水头。

(3) 水头控制方式分自动方式和手动方式, 切换控制方式需要操作员手动操作。

2.2 水头可信判断

(1) 集控下发水头可信判定条件: 集控下发水头在正常水头范围 (152m-215m) 内; 集控下发水头与当前水头值的差不超过 2m; AGC 操作权在集控侧; AGC 处自动水头控制方式。

(2) 厂内测量水头可信判断条件: 上游库水位及下游尾水位信号品质正常; $758\text{m} < \text{上游库水位} < 840\text{m}$, $590\text{m} < \text{下游尾水位} < 635\text{m}$; 通过上下游水位计算出的厂内测量水头值在正常水头范围 (152m-215m) 内。厂内测量水头值与

【作者简介】杨伟 (1988-), 男, 中国陕西子长人, 本科, 工程师, 从事自动控制系统研究及应用研究。

当前水头值的差不超过 2m。

(3) 电站下水头可信判定条件：电站下水头在正常水头范围（152m-215m）内；电站下水头与当前水头值的差不超过 2m；AGC 处手动水头控制方式。

2.3 厂内测量水头值计算

厂内测量水头输入信号源包含两套现地测量元件，一套用于库水位测量，一套用于尾水位测量。每套测量元件由 1 个投入式水位传感器和 2 个雷达式水位传感器组成，采集水位后经 4-20mA 信号接入到监控系统的模拟量输入通道。

厂内测量水头值的计算方法为：先由一套测量元件的 3 处测点的库水位进行综合处理得出综合库水位，由另一套测量元件的 3 处测点的尾水位进行综合处理得出综合尾水位，再用上游综合库水位减去下游综合尾水位得出水头值。

综合水位的计算方法采用中位数绝对偏差法（MAD）和水位波动判定筛选出异常值并剔除后再取平均值，具体方法是：对 3 个测点值分别判断一个小时波动是否超过 0.3m，若超过则认为此测点值异常；对 3 个测点值 A、B、C 求出中位数 M，计算出 3 个绝对偏差 |A-M|、|B-M|、|C-M|；求出 3 个绝对偏差的中位数 MAD；若 |A-M|/MAD>3 则判定 A 异常，B、C 类似；若无异常值，取 A、B、C 三者平均值作为综合库水位；若有异常值，剔除异常值后，取剩下 2 个测点值的平均值作为综合库水位。

2.4 水头滤波处理

对厂内测量水头值进行 2s 抽样，进行 20 次滑动平均（计算 20 个采样周期的平均值），计算出厂内测量滑动平均水头值。厂内测量滑动平均水头值可信判断条件为：厂内测量水头可信；抽样的新值与滑动平均水头值的差小于 0.3m。厂内测量滑动平均水头值与当前水头值的差不超过 2m。

若厂内测量滑动平均水头值不可信，让厂内测量滑动平均水头值跟踪手动水头值。

2.5 主用水头选择

主用水头优先级为：集控下水头 > 厂内测量水头 > 手动水头。

如果集控下水头可信，取集控水头值为主用水头；否则，若厂内测量水头可信，取厂内测量水头为主用水头。如果两路水头均不可信，程序切换手动水头值为主用水头，并发出简报报警，切换后暂时保持原主用水头值，等待接受操作员设定新的手动水头值，设置的新水头值与原水头值相差不得超过 2m（若超过 2m 则设置无效），如想要设定水头

与当前水头相差过大，可采用多次设值逐步实现。当水头测值超过最高 / 最低限值时，AGC 禁止投入。

当集控下水头可信或厂内测量水头可信时，操作员可以将水头控制方式切换至自动方式。

3 AGC 参数优化

3.1 不同水头下参数优化方案

水电机组在同样的导叶开度下，更高水头时，发电效

率更高、调节速率更快，因此为了有功控制更精准、更快速，更好地适应不同水头下有功控制速率要求，根据水头变化，对比例系数、调节周期、最大调节脉宽、最小调节脉宽共 4 组调节参数进行自动切换，其中比例系数还可以根据不同负荷段进行自动切换。

表 1 不同水头下的参数表

水头（m）	比例系数	调节周期	最大调节脉宽	最小调节脉宽
164~180	K1	4.8	2.4	0.1
180~195	K2	4.8	2.4	0.1
195~215	K3	5.0	2.4	0.1
215~231	K4	5.0	2.4	0.1
231~241	K5	5.2	1.8	0.1
241~251	K6	5.2	1.8	0.1

3.2 同一水头下比例系数参数优化方案

在同一水头下，在特定负荷段，为了有功控制控制更精准，采用低负荷段（120-240MW）、高负荷段（500-600MW）、其他负荷段三个比例系数值，以更好地适应不同负荷段有功控制速率要求；并且每个负荷段根据调节量大小，按调节量 ≤ 30MW、> 30MW 两种情况设置比例参数。

表 2 调节量 ≤ 30MW 时比例系数的参数表

比例系数 \ 负荷（MW）	120-240	500-600	其他负荷段
K1	6.5	6	5.5
K2	6.5	6	5.5
K3	6.2	6.0	5.8
K4	6.2	6.0	5.8
K5	5.0	4.5	4.0
K6	4.0	3.8	3.6

表 3 调节量 >30MW 时比例系数的参数表

比例系数 \ 负荷（MW）	120-240	500-600	其他负荷段
K1	6.2	6.0	5.8
K2	6.2	6.0	5.8
K3	6.0	5.8	5.8
K4	6.0	5.8	5.8
K5	5.0	4.5	4.0
K6	4.0	4.0	4.0

4 AGC 增益调节策略

4.1 AGC 增益调节的意义

水电机组 AGC 加快二次调频，快速响应电网的频率变化，可抑制频率持续波动，提升电网的频率稳定性，增强电网抗扰动能力，同时参与二次调频，可以获得电网的二次调频经济奖励，提高电厂的经济收益。

4.2 AGC 增益调节方案

(1) 当全厂 AGC 功能投入状态、全厂 AGC 调节源在调度、调度调节处于二次调频模式（AUTOR 控制模式、SCHEA 控制模式、SCHEO 控制模式三种模式取或），以

上三个条件均满足时，判断 AGC 处于二次调频状态，即机组的二次调频增益允许。

(2) AGC 计算的机组有功指令与机组当前有功实发值做差运算并取绝对值，将偏差绝对值与增益门槛（经现场调试，取 5%）进行比较。

(3) 判断二次调频指令是否会导致机组穿越振动区。

(4) 当机组的二次调频增益允许、偏差绝对值小于增益门槛、二次调频指令不导致机组穿越振动区，则进入机组

AGC 增益触发模式。

(5) 当机组处于 AGC 增益触发模式时，在机组 LCU 发给调速器系统原有功脉宽的基础上，叠加增益补偿脉冲长度（经现场调试，取 0.2 秒）。例如机组 LCU 发给调速器系统的原有功脉宽为 1 秒，当机组处于 AGC 增益触发模式时，叠加增益补偿脉冲长度 0.2 秒，最终机组 LCU 发给调速器系统的有功脉宽为 1.2 秒，可以显著加快有功调节速率，更快速地响应电网的二次调频指令。

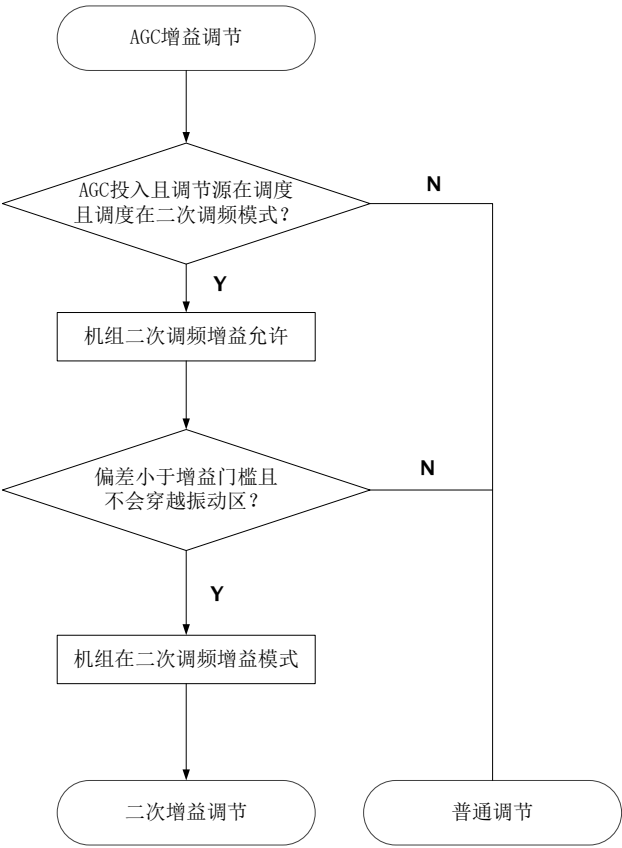


图 1 AGC 增益调节判断流程

5 结语

本文研究的水电机组的 AGC 优化设计，在某大型水电监控项目成功应用，验证了方案的可行性与合理性，提升了水电机组 AGC 的调节水平。水电机组 AGC 自动水头和手动水头的处理方案，提升了电厂的自动化水平；不同水头下 AGC 参数优化、同一水头的不同负荷段 AGC 参数优化，提升了 AGC 的调节速率和调节精度；AGC 增益调节，可以加快二次调频响应，提升电网的频率稳定性，提高电厂的经济收益。

参考文献

[1] DL/T 5186-2004 水力发电厂机电设计规范
[2] DL/T 578-2008 水电厂计算机监控系统基本技术条件
[3] DL/T 1626-2016 700MW及以上机组水电厂计算机监控系统基本技术条件
[4] DL/T 321-2012 水力发电厂计算机监控系统与厂内设备及系统通信技术规定
[5] DL/T 1802-2018 水电厂自动发电控制及自动电压控制系统技术规范