



中华人民共和国电力行业标准

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

Specification of automatic generation control and automatic voltage
control system for hydropower plants

2018-04-03发布

2018-07-01实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 2

5 自动发电控制 2

6 自动电压控制 4

附录 A（资料性附录） AGC 优化数学模型 7

附录 B（资料性附录） AVC 无功分配算法 8

参考文献..... 10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给定的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电站自动化标准化技术委员会（DL/TC 17）归口。

本标准主要起草单位：中国水利水电科学研究院。

本标准参与起草单位：国网新源控股有限公司、南瑞集团有限公司、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、大唐龙滩水力发电厂、中国长江三峡集团公司、国网新源富春江水电厂、北京中水科水电科技开发有限公司。

本标准主要起草人：龚传利、王德宽、刘晓波、文正国、宋旭峰、彭礼平、衣传宝、徐麟、张维力、张润时、毛江、俸梅。

本标准首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

水电厂自动发电控制及自动电压控制系统技术规范

1 范围

本标准规定了水电厂自动发电控制和自动电压控制的技术要求和试验内容。

本标准适用于电网要求投入的水电厂，其他水电厂参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

DL/T 578 水电厂计算机监控系统基本技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动发电控制 automatic generation control; AGC

依据给定目标和约束条件，按照预定的控制策略和方式，实现水电厂机组有功功率自动分配、调节和控制。

3.2

自动电压控制 automatic voltage control; AVC

依据给定目标和约束条件，按照预定的控制策略和方式，实现水电厂机组无功功率自动分配、调节和控制。

3.3

联控 joint control

机组加入 AGC（或 AVC），由 AGC（或 AVC）实现机组有功功率或无功功率调节和控制。

3.4

厂控 plant control

AGC、AVC 软件接受并按照电厂设定的给定值进行分配、调节和控制。

3.5

远控 remote control

AGC、AVC 软件接受并按照上级调度下发的给定值进行分配、调节和控制。上级调度包括电网调度和/或梯级集控中心。

3.6

控制权 control level

AGC、AVC 指令来源，分为厂控、远控。

3.7

开环控制 open-loop control

AGC、AVC 等自动功能的优化分配结果经人工确认后再下发到机组现地控制单元（LCU）执行的一种控制方式。

3.8

闭环控制 **close-loop control**

AGC、AVC 等自动功能的优化分配结果可直接下发到机组现地控制单元 (LCU) 执行的一种控制方式。

3.9

全厂有功功率可调上限 **high limit of adjustable active power of plant**

水电厂处于发电状态, 全部机组为等效机组的可调上限值。

3.10

全厂有功功率可调下限 **low limit of adjustable active power of plant**

水电厂处于发电状态, 全部机组为等效机组的可调下限值。

3.11

增闭锁 **increase disabled**

闭锁增有功功率或无功功率调节, 但可以减少有功功率或无功功率。

3.12

减闭锁 **decrease disabled**

闭锁减有功功率或无功功率调节, 但可以增加有功功率或无功功率。

4 一般要求

AGC、AVC 应满足以下一般要求:

- a) AGC、AVC 为监控系统功能独立的子系统, 应功能完善、性能稳定、维护方便, 具有良好的可扩展性。
- b) AGC、AVC 具有独立的监控画面, 应方便绘制和修改; 应方便配置参数, 设置目标值和计划曲线; 应设置操作权限验证, 防止未授权操作; 应记录操作信息。
- c) AGC、AVC 算法实时性应满足调度要求。
- d) 软件异常状态应自动报警并记录。
- e) 应具有自诊断、自恢复功能, 故障时自动转入安全状态。
- f) AGC、AVC 调节速度应满足电网调度要求。

5 自动发电控制

5.1 自动发电控制方式

自动发电控制应包括下列方式:

- a) 全厂有功功率给定值方式。
- b) 给定日发电计划曲线方式。
- c) 给定系统频率方式 (选项)。

厂控方式时, 上述给定值或曲线由电厂运行人员设定; 远控方式时, 由电网调度或梯级监控下发。

5.2 有功功率分配

有功功率分配应满足以下要求:

- a) 可采用平均分配法、等比例分配法、动态规划法等, 相同输入条件下应具有可重复性。
- b) 有功功率分配在满足安全性的基础上, 宜采取经济优化分配方法。
- c) 不应将负荷分配到机组振动区, 不宜频繁跨越振动区。
- d) 机组有功功率限值和振动区应根据水头实时修正。

- e) 机组不宜频繁调节, 小幅度有功功率调节宜由 1 台~2 台机组承担。
- f) 参与安稳切机的机组, 分配值不能低于设定的安稳机组出力下限。
- g) AGC 重新计算分配后, 如存在机组调节方向相反的情况, 应采用补偿调节模式, 即调节方向相反的机组配对等幅、分步调节, 确保有功稳步调节。
- h) 系统开环运行时, AGC 分配结果应由人工确认后下发 LCU 执行; 闭环运行时, 结果可直接下发 LCU 执行。

5.3 安全策略

AGC 安全策略一般包括:

- a) AGC 应对全厂有功功率给定值和负荷曲线进行校验, 对于超出全厂可调上、下限或超越变幅限值的指令, 应拒绝接受, 并报警。
- b) 应具有防 AGC 工作站时间突变和明日计划曲线过零点校核功能。
- c) AGC 的投退、AGC 方式转换、控制权转换、开/闭环方式转换、AGC 工作站主备切换时, 应确保平滑无扰动, 或退到安全状态。
- d) 应具有有功功率、水头等关键数据的数据质量或出错监视功能, 应具备水头校验滤波处理功能, 宜具备水头防缓变处理功能。出错时, 应退出 AGC, 并报警。
- e) 当 AGC 控制权为远方时, 通信故障, 应退出 AGC, 并报警。
- f) 当机组发生电气或机械事故时, 应退出 AGC, 并报警。

5.4 与一次调频协调

与一次调频协调时应满足以下要求:

- a) 一次调频优先。
- b) 在一次调频与 AGC 调节方向不一致时, 应采取措施避免拉锯调节。

5.5 远动信息

5.5.1 遥测量

上送调度的遥测量应包含:

- a) 机组有功功率。
- b) 全厂总有功功率。
- c) 全厂有功功率可调上限。
- d) 全厂有功功率可调下限。
- e) 母线频率。
- f) 远方下发有功功率给定值。
- g) 水头。

5.5.2 遥信量

上送调度的遥信量应包含:

- a) 机组运行状态。
- b) 机组 AGC 联控状态。
- c) 全厂 AGC 投退状态。
- d) 全厂自动开停机功能投退状态。
- e) 全厂有功功率增闭锁。

- f) 全厂有功功率减闭锁。
- g) 机组一次调频动作。

5.6 AGC 现场调试试验

5.6.1 试验条件

下列情况下应进行 AGC 试验：

- a) AGC 首次投入运行前。
- b) 机组 LCU 改造后重新加入 AGC 运行。
- c) AGC 软件修改升级后。
- d) 根据电厂实际情况需要。

5.6.2 试验内容

AGC 现场调试试验应包含：

- a) 数据一致性试验：上送调度遥测遥信与调度接收数据应一致，调度下发遥调遥控指令与电厂接收数值一致。
- b) 给定值正确性试验：调度下发给定值越限或越变幅，AGC 应拒绝接受并报警。
- c) 通信切换和故障试验：当调度通信通道切换、模拟通信故障和通信机断电重启时，应无错误遥调和遥控指令发出。
- d) 上下位机通信故障试验：模拟上下位机通信故障，AGC 应退出并报警。
- e) 数据质量试验：当机组有功功率突变或数据质量故障时，AGC 应能正确监测、退出并报警。
- f) 水头异常试验：模拟水头异常数据，AGC 应能正确校验。
- g) 机组跳机试验：模拟切机和跳机信号，单机应退出 AGC 并报警。
- h) LCU 掉电重启试验：模拟 LCU 掉电重启，各机组负荷应维持不变，AGC 退出。
- i) AGC 工作站掉电重启试验：AGC 工作站掉电重启时，各机组负荷应维持不变，AGC 退出。
- j) 机组跨越振动区试验：改变全厂有功功率给定值，AGC 能正确分配负荷避开振动区，维持全厂出力平稳。
- k) AGC 控制权切换试验：控制权切换过程中，电厂负荷维持平稳。
- l) 给定值方式切换试验：给定值方式切换过程中，电厂负荷维持平稳。
- m) 频率越限试验：当频率超越安全限值后，AGC 应自动退出并报警。
- n) 调节速度试验：改变全厂有功功率给定值，有功功率调节速度满足调度要求。
- o) AGC 与一次调频协调试验：模拟机组一次调频动作信号，改变全厂有功功率给定值，AGC 应避免与一次调频拉锯调节。
- p) 有功功率分配试验：改变有功功率给定值或按计划曲线，AGC 按照正确分配算法分配有功功率。

6 自动电压控制

6.1 自动电压控制方式

自动电压控制应包括下列方式：

- a) 给定母线电压值方式。
- b) 给定母线电压曲线方式。
- c) 给定总无功功率方式。

厂控方式时，上述给定值或曲线由电厂运行人员设定；远控方式时，由电网调度或梯级监控下发。

6.2 无功功率分配

无功功率分配应满足以下要求：

- a) 应采用平均分配法、等比例分配法、等裕度分配法、等功率因数法等分配算法，相同输入条件下应具有可重复性。
- b) 机组无功功率限值需根据有功功率动态变化结合 $P-Q$ 曲线计算加以限值，确保机组安全运行。
- c) 系统开环运行时，AVC 分配结果应由人工确认后下发 LCU 执行；闭环运行时，结果可直接下发 LCU 执行。

6.3 安全策略

AVC 安全策略一般包括：

- a) AVC 应对电厂操作员或调度电压给定值进行校验，对于越限或越变幅的指令，应拒绝接受并报警。
- b) AVC 的投退、AVC 方式转换、控制权转换、开/闭环方式转换、AVC 工作站主备切换时，应确保平滑无扰动，或退到安全状态。
- c) 应具有防 AVC 工作站时间突变和明日计划曲线过零点校核功能。
- d) 应具有无功功率、电压等关键数据的数据质量或出错监视功能，出错时，AVC 应退出，并报警。
- e) 当 AVC 控制权为远方时，通信故障，应退出 AVC，并报警。

6.4 远动信息

6.4.1 遥测量

上送调度的遥信量应包含：

- a) 母线电压。
- b) 母线电压给定值。
- c) 机组无功功率。
- d) 机组机端电压。
- e) 全厂总无功功率。

6.4.2 遥信量

上送调度的遥信量应包含：

- a) 全厂 AVC 投退状态。
- b) 机组 AVC 联控状态。
- c) 机组无功功率增闭锁。
- d) 机组无功功率减闭锁。
- e) 机组运行状态。
- f) 全厂无功功率增闭锁。
- g) 全厂无功功率减闭锁。

6.5 AVC 试验

6.5.1 试验条件

下列情况下应进行 AGC 试验：

- a) AVC 首次投入运行前;
- b) 机组 LCU 改造后重新加入 AVC 运行;
- c) AVC 软件修改升级后;
- d) 根据电厂实际情况需要。

6.5.2 试验内容

AVC 试验内容包括:

- a) 数据一致性试验: 上送调度数据与调度接收应一致, 调度下发遥控指令与电厂接收数值一致。
- b) 给定值正确性试验: 调度下发给定值越限或越变幅, 电厂 AVC 应拒绝接受并报警。
- c) 通信切换和故障试验: 当调度通信通道切换、模拟通信故障和通信机断电重启时, 应无错误遥调和遥控指令发出。
- d) 上下位机通信故障试验: 模拟上下位机通信故障, AVC 应退出并报警。
- e) 数据质量试验: 当机组无功功率及母线电压突变或数据质量故障时, AVC 应能够正确监测, 退出并报警。
- f) 机组跳机试验: 模拟切机和跳机信号, 单机应退出 AVC 并报警。
- g) LCU 掉电重启试验: 模拟 LCU 掉电重启, 各机组无功功率应维持不变, AVC 退出。
- h) AGC 工作站掉电重启试验: AGC 工作站掉电重启时, 各机组应负荷维持不变, AVC 退出。
- i) 母线电压给定值试验: AVC 在远方或操作员给定母线电压时, 能够按照正确计算并分配无功功率, 调节速度满足调度要求。
- j) 母线电压曲线试验: AVC 能够正确根据当前时间读取对应母线电压曲线值, 能够按照正确计算并分配无功功率, 调节速度满足调度要求。

附 录 A
(资料性附录)
AGC 优化数学模型

水电厂经济运行首先应保证在发电设备安全、电能质量优良的情况下,满足调度侧给定目标负荷,以发电耗水量最小为目标,以期获得最大经济效益。通常建立如下数学模型:

a) 目标函数

$$\min W = \sum_{i=1}^n W_i(P_i) \Delta T \quad (\text{A.1})$$

式中:

W ——所有机组发电耗水量的总和;

W_i ——第 i 台机组发电流量;

i ——机组编号;

P_i ——第 i 台机组有功功率值;

n ——机组台数;

ΔT ——时间长度。

b) 出力平衡约束

$$P = \sum_{i=1}^N P_i \quad (\text{A.2})$$

c) 机组出力约束

$$P_{i\min} < P_i < P_{i\max} \quad (\text{A.3})$$

式中:

$P_{i\min}$ ——第 i 台机组在当前水头下可发最小有功功率值;

$P_{i\max}$ ——第 i 台机组在当前水头下可发最大有功功率值。

d) 机组禁运区(振动区和气蚀区)约束

$$P_i \notin [V_{i,k}^{\min}, V_{i,k}^{\max}] \quad (\text{A.4})$$

式中:

$V_{i,k}^{\min}$ ——第 i 台机组第 k 个禁运区下限;

$V_{i,k}^{\max}$ ——第 i 台机组第 k 个禁运区上限。

附 录 B
(资料性附录)
AVC 无功分配算法

B.1 等功率因数方式

采用等功率因数分配无功功率，具体方法如下：

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (\text{B.1})$$

式中：

P ——无功联控机组总有功；

P_i ——无功联控机组有功功率；

i ——机组序号；

n ——无功联控机组台数。

$$Q_{\text{AVC}} = Q - \bar{Q} \quad (\text{B.2})$$

式中：

Q_{AVC} ——联控机组无功总和；

Q ——总无功给定；

\bar{Q} ——单控机组无功总和。

$$Q_i = \frac{P_i}{P} \times Q_{\text{AVC}} \quad (\text{B.3})$$

将公式 (B.1) 和公式 (B.2) 代入公式 (B.3)，即可得各机组分配无功功率值。

无功功率分配时，各机组需考虑机组 P - Q 限制，在当前实发有功功率下无功功率可发最大/最小值，分配无功功率时不能超出该范围。另外，操作员可以设置每台机组可发最大/最小无功功率值，这样电厂可根据机组实际运行状况进一步限制无功功率范围。程序中按照上述两个范围中交集作为可分配无功功率范围。

B.2 等裕度分配

该原则的要求是根据各台参与电压控制发电机的无功功率裕量大小进行无功功率分配，即剩余无功功率多的机组提供多的无功功率，剩余无功功率少的机组提供少的无功功率，这样可以保证每台机组在其可调范围内总是具有相同额度（百分比）的调控容量。以 P - Q 曲线为依据的动态无功功率裕度。需分别计算发电机动态滞相裕度和动态进相裕度，作为满足触发条件时刻的无功功率分配依据。

$$\eta_z = (Q_{\text{max}} - Q_{\text{act}}) / Q_{\text{max}} \quad (\text{B.4})$$

$$\eta_j = (Q_{\text{min}} - Q_{\text{act}}) / Q_{\text{min}} \quad (\text{B.5})$$

式中：

η_z ——滞相裕度；

η_j ——进相裕度；

Q_{max} ——动态无功功率上限；

Q_{min} ——动态无功功率下限；

Q_{act} ——无功功率实发值。

B.3 等容量分配

该原则的要求是根据各台参与电压控制发电机的无功功率容量大小进行无功功率分配，即容量大的机组提供多的无功功率，容量小的机组提供少的无功功率，这样可以保证每台机组分配量与各机组的无功功率容量呈线性关系：

$$Q_{\max t} = \sum_{i=1}^n Q_{\max i} \quad (\text{B.6})$$

式中：

i —— 机组序号；

$Q_{\max i}$ —— 第 i 台机组最大无功功率；

n —— 联控可调机组台数。

$$Q_i = \frac{Q_{\max i}}{Q_{\max t}} \times Q_{\text{AVC}} \quad (\text{B.7})$$

将公式 (B.2) 和公式 (B.6) 代入公式 (B.7)，即可得各机组分配无功功率值。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3453 数据通信基本型控制规程
 - [2] GB/T 11920 电站电气部分集中控制设备及系统通用技术条件
 - [3] GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
 - [4] GB 17859 计算机信息系统 安全保护等级划分准则
 - [5] GB 18030 信息技术 中文编码字符集
 - [6] DL/T 631 模拟屏驱动器通用技术条件
 - [7] DL/T 632 模拟屏数字显示器通用技术条件
 - [8] DL/T 5002 地区电网调度自动化设计技术规程
 - [9] DL/T 5003 电力系统调度自动化设计技术规程
 - [10] DL/T 5065 水力发电厂计算机监控系统设计规定
 - [11] DL/T 5132 水力发电厂二次接线设计规范
 - [12] DL/T 5137 电测量及电能计量装置设计技术规程
 - [13] 国家发展和改革委员会 2014 年第 14 号令 电力监控系统安全防护规定
 - [14] 国能安全〔2015〕第 36 号 国家能源局关于印发电力监控系统安全防护总体方案等安全防护方案和评估规范的通知
 - [15] 国能安全〔2015〕36 号-附件 1 电力监控系统安全防护总体方案
 - [16] 国能安全〔2015〕36 号-附件 2 省级以上调度中心监控系统安全防护方案
 - [17] 国能安全〔2015〕36 号-附件 3 地级调度中心监控系统安全防护方案
 - [18] 国能安全〔2015〕36 号-附件 4 发电厂监控系统安全防护方案
 - [19] 国能安全〔2015〕36 号-附件 5 变电站监控系统安全防护方案
 - [20] 国能安全〔2015〕36 号-附件 6 配电监控系统安全防护方案
 - [21] 国能安全〔2015〕36 号-附件 7 电力监控系统安全防护评价规范
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
水电厂自动发电控制及自动电压控制系统技术规范
DL/T 1802—2018

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京天泽润科贸有限公司印刷

*

2019年12月第一版 2019年12月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 27千字
印数 001—500册

*

统一书号 155198·1602 定价 15.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 最及时、最准确、最权威 的电力标准信息



155198.1602