

ICS 27.100

K 51

备案号: 33090-2011

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 295 — 2011

抽水蓄能机组自动控制系统技术条件

Specification of automation control system for pumped storage power units

2011-07-28 发布

2011-11-01 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 环境条件 2

5 计算机监控系统技术条件 2

6 励磁系统技术条件 6

7 调速器及油压装置技术条件 10

8 文件 13

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2007 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2006〕1093 号）的安排制定的。

本标准规定了抽水蓄能机组自动控制系统领域有关的术语和使用环境条件，分别对计算机监控系统、励磁系统和调速器及其油压装置三部分规定了技术条件，并对控制系统必要的技术文件进行了规定。

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归口。

本标准负责起草单位：国网电力科学研究院、中国水利水电科学研究院、中国水电顾问集团华东勘测设计研究院、国网新源北京十三陵蓄能电厂。

本标准主要起草人：汪军、朱辰、靳祥林、蔡卫江、许其品、刘晓波、周才全、樊玉林。

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）。

抽水蓄能机组自动控制系统技术条件

1 范围

本标准规定了抽水蓄能机组自动控制系统的有关术语、基本结构、系统功能、技术要求以及文件等内容。

本标准适用于单机容量 200MW 及以上抽水蓄能机组自动控制系统的设计、制造和运行管理，其他容量抽水蓄能机组可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于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。

GB/T 9652.1 水轮机控制系统技术条件
 GB/T 11920 电站电气部分集中控制设备及系统通用技术条件
 GB/T 18030 信息技术 中文编码字符集
 GB/T 18494.1 变流变压器 第 1 部分：工业用变流变压器
 DL/T 563 水轮机电液调节系统及装置技术规程
 DL/T 578 水电厂计算机监控系统基本技术条件
 DL/T 583 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件
 DL/T 5350 水电水利工程电气制图标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

抽水蓄能机组 **pumped storage power unit**

指具有发电和抽水两种工作方式的同步电机。

3.2

机组背靠背启动 **back to back start (BTB)**

指一台机组以发电方式启动，输出频率逐渐上升的电流供给另一台机组的定子以生成频率同步的旋转磁场，使得该机组以抽水调相方式启动，当抽水调相机组并网运行后退出发电机组的工况。

3.3

单步启动 **step by step start (SBS)**

指控制抽水蓄能机组在现地手动逐步启动。

3.4

发电工况 **generator mode (G)**

指从上水库放水流向下水库，冲动抽水蓄能机组水轮机转子转动，将水势能转化为电能的运行方式。

3.5

发电调相工况 **generator condenser mode (GC)**

指机组在发电工况运行时，关闭导叶、球阀并用高压气将转轮室水位压在水轮机下方运行的一种方式。

3.6

旋转备用工况 **spinning reserve mode (SR)**

指机组以发电工况启动，机组达到额定转速、电压达到额定电压不并网运行的一种工况。

3.7

黑启动 black start (BS)

指在厂用电源及外部电网供电消失后,用电厂自备应急电源作为启动电源,用直流系统作为起励电源,机组以发电工况启动,并网发电的运行方式。

3.8

抽水工况 pump mode (P)

指机组从下水库向上水库抽水,将电能转化为水势能的运行方式。

3.9

抽水调相工况 pump condenser mode (PC)

指机组抽水方向启动,对转轮室充气压水,使得水轮机在拖动装置的作用下逐步转动起来,并网运行一种方式。

3.10

线路充电 line charge mode (LC)

指机组带变压器、线路以零起升压方式给主变压器、线路充电的一种运行方式。

3.11

拖动工况 luncher mode (L)

指机组以背靠背方式启动,拖动机组运行在发电方向并提供变频电流将被拖动机组拖至额定转速并并网的一种工况。

3.12

静止变频器启动 static frequency converter (SFC)

指利用静止变频装置输出频率逐渐上升的电流供给另一台机组的定子以生成频率同步的旋转磁场,使得该机组以抽水调相方式启动,当抽水调相机组并网运行后退出静止变频装置。

3.13

调度级 load dispatching control (LDC)

指抽水蓄能电站将控制权交给调度控制。

3.14

中控级 central control level (CCL)

抽水蓄能机组的控制权在电站中央控制室。

3.15

现地控制级 local control level (LCL)

指电站各机组在现地控制的一种方式。

3.16

静止 stand still

指停机稳态。

4 环境条件

抽水蓄能机组自动控制系统的环境条件应符合 DL/T 578 的有关规定。

5 计算机监控系统技术条件

5.1 基本结构

5.1.1 开放、分层分布式计算机监控系统结构

系统应采用分层分布式,分为电站层和现地控制层;按“无人值班”(少人值守)基本原则进行总体设计。现地控制层由在厂房各机组、开关站和上、下库等位置的 LCU 构成。电站层采用冗余结构。

现地控制层设备按机电主设备单元及其分布进行设置，基本配置应至少满足以下要求：

设每台机组 1 套 LCU，1 套公用 LCU，1 套开关站 LCU，1 套上库 LCU，1 套下库 LCU 和 1 套中控室 LCU。

5.1.2 电站层结构

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.1.3 现地控制层结构及功能

5.1.3.1 现地控制单元应不含硬盘。

5.1.3.2 现地控制单元可以选用下列设备配置：

- a) 工业控制器；
- b) 可编程控制器。

5.1.3.3 现地控制单元的主控制器、网络和电源应冗余配置，根据实际要求，其他部分可选用局部双重化冗余结构。

5.1.3.4 现地控制单元应能独立于电站级运行，具有现地监控手段。

5.1.3.5 除主控制器外，机组现地控制单元还应包括：

- a) 同期装置：机组应分别装设多参数自动准同期和机旁手动准同期装置，对手动准同期装置还应设有非同期间锁回路。
- b) 功率表、电能表：机组及线路应装设反映正向功率和反向功率的有功功率表和无功功率表以及正向和反向有功电能表和无功电能表，机组可装设功率因数表。
- c) 紧急停机回路：应设置机械事故紧急停机回路，用于关闭导叶、进水阀。应设置电气事故紧急停机回路，用于直接断开机组断路器、关闭导叶、进水阀。
- d) 现地显示控制屏：完成机组的现地控制、状态显示、故障报警等功能。
- e) 现地控制方式切换开关：可以将机组的控制方式切至远方、现地、单步和闭锁模式。

5.1.3.6 现地控制单元间通信：各台现地控制单元（机组、变频器、开关站、公用设备、闸门等）均接入网络，能够通过网络相互交换数据，并能够通过网络进行设备操作。

5.1.4 辅助设备现地控制层

主要指机组及全厂共用的油水气辅助系统控制设备，辅助设备现地控制层相对于机组及全厂公用设备单元控制层应有上下级合理的协调分工关系。

公用 LCU 应具备水淹厂房事故保护功能。

5.1.5 网络结构

电站层和现地控制单元层间宜采用星形、环形网络结构，宜冗余配置。

5.2 系统功能和操作要求

5.2.1 数据采集

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.2.2 数据处理

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.2.3 控制与调节

监控系统按照电厂当前运行控制方式和预定的决策参数进行控制调节，以满足电力调度对发电、抽水的控制要求。

5.2.3.1 运行设备控制方式：

运行设备控制方式可分为以下：

- a) 远方调度级控制；
- b) 电站级控制；
- c) 现地控制单元控制；

- d) 机组单控;
- e) 机组联合控制;
- f) 自动控制;
- g) 手动控制。

控制方式之间可按照以下关系进行无扰动切换:

- a) 远方调度级 \longleftrightarrow 电站级控制方式;
- b) 电站级 \longleftrightarrow 现地控制单元控制方式;
- c) 机组单控 \longleftrightarrow 联合控制运行方式;
- d) 运行设备自动 \longleftrightarrow 手动控制方式。

5.2.3.2 机组现地控制单元的控制调节:

机组现地控制单元应具有以下控制调节功能:

- a) 顺序控制: 静止 \longleftrightarrow 发电;
 - 静止 \longleftrightarrow 发电方向调相;
 - 静止 \longleftrightarrow 抽水;
 - 静止 \longleftrightarrow 抽水方向调相;
 - 静止 \rightarrow 黑启动;
 - 发电 \longleftrightarrow 发电方向调相;
 - 抽水 \longleftrightarrow 抽水方向调相;
 - 静止 \longleftrightarrow 旋转备用;
 - 静止 \longleftrightarrow 线路充电;
 - 抽水 \rightarrow 发电;
 - 背靠背启动(可选);
 - 各工况紧急转静止。
- b) 机组转速及有功功率调节。
- c) 机组电压及无功功率调节。
- d) 同期并网控制: 同期装置及相关切换回路应满足发电和抽水两种工况的要求。
- e) 启动母线隔离刀闸和拖动/被拖动刀闸的控制。

5.2.3.3 厂内自动发电控制或有功功率联合控制。

在发电和抽水工况下应具有以下调节方式:

- a) 按电力系统调度给定的日负荷曲线调整功率;
- b) 按电力系统调度 AGC 设定值自动调整功率;
- c) 按运行人员给定总功率调整功率;
- d) 按等功率、等开度或等微增率等优化方式进行有功功率的自动分配和调整。

5.2.3.4 厂内自动电压控制或机组无功功率联合控制。

应具有以下调节方式:

- a) 按系统调度给定的电厂高压母线电压日调节曲线进行调整;
- b) 按运行人员给定的高压母线电压值进行调节;
- c) 按发电机出口母线电压给定值进行调节;
- d) 按等无功功率或等功率因数进行调节。

5.2.3.5 低频率切泵和高频率切机:

应根据系统安稳装置信号, 执行切机或切泵命令。

5.2.4 人机联系及操作要求

人机联系的设备、基本功能及操作要求应符合 DL/T 578 的有关规定。

画面图符及显示颜色定义:

- a) 电气接线图中各电气设备图符应符合 DL/T 5350 的有关规定。
- b) 电气接线图中各电压等级颜色应符合 GB 11920 的有关规定。
- c) 电气接线图中机组图符动态刷新颜色定义:

机组发电状态: 红色;

机组停机备用状态: 黄色;

机组停机检修状态: 白色;

机组水泵状态: 粉红色;

机组抽水调相状态: 紫色;

机组发电调相状态: 蓝色。

5.2.5 系统通信

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.2.6 系统自诊断及自恢复

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.2.7 培训仿真

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.3 硬件基本技术要求

5.3.1 设备分类

本系统设备按布置可划分为电站(层)设备和现地控制单元(层)设备两大类;按通用组件可划分为计算机设备及外部设备、接口设备和电源设备三大类。

5.3.1.1 电站(层)设备应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.3.1.2 现地控制单元层计算机(处理机、存储器)性能要求如下:

5.3.1.2.1 对工业控制器的技术性能要求:

- a) 处理器字长: ≥ 32 位;
- b) 时钟频率: $\geq 100\text{MHz}$;
- c) 存储器容量: $\geq 8\text{MB}$;
- d) 具有硬件 WATCHDOG;
- e) 机内总线标准化;
- f) 具有局域网通信接口;
- g) 具有现地人机界面接口;
- h) 能实现时钟同步校正,其精度应与事件分辨率配合;
- i) 具有多路可编程通信端口;
- j) 支持双机热备冗余运行。

5.3.1.2.2 对可编程控制器类型的基本性能要求:

- a) 扫描速度: $\leq 1\text{ms/K}$;
- b) 存储容量: $\geq 128\text{KB}$;
- c) 具有较强功能的指令系统;
- d) 具有局域网通信接口;
- e) 允许接入 DI/O 和 AI/O 点的容量应大于实际可能使用容量,且留有 20% 储备;
- f) 当有 SOE 点时,应能实现时钟同步校正,其精度应与事件分辨率配合;
- g) 具有自诊断和自恢复功能;
- h) 支持双机热备冗余运行;
- i) 具有多路可编程通信端口。

5.3.2 数据和控制接口

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.3.3 通信接口

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.3.4 人机接口

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.3.5 电源

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.3.6 机柜

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.3.7 一般电气特性

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.3.8 接地

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.4 软件基本技术要求

应符合 DL/T 578 的有关规定。

5.5 系统特性

应符合 DL/T 578 的有关规定。

6 励磁系统技术条件

6.1 系统性能要求

6.1.1 励磁系统应采用静止整流励磁系统，除了应满足机组发电、抽水、调相、进相、线路充电（零起升压）运行的要求外，还应满足机组发电工况启动、电动工况启动（包括 SFC 和背靠背同步启动）、黑启动、电气制动以及准同步并网等要求。

6.1.2 励磁系统顶值电压倍数一般为 2 倍，要求更高的顶值电压倍数应根据电网情况与发电电动机在电网中的地位确定。

6.1.3 励磁系统应保证发电电动机机端调压精度优于 0.5%。

6.1.4 在发电机空负荷额定电压情况下，当给定阶跃量为 $\pm 10\%$ 时，发电机电压超调量应为阶跃量的 5%~20%，振荡次数不超过 3 次，调节时间不超过 5s。

6.1.5 发电机突然甩掉额定负荷，电动机额定功率下突然解列后，励磁系统应保证发电电动机电压超调量不大于额定电压的 15%，振荡次数不超过 3 次，调节时间不大于 5s。

6.1.6 励磁系统备用直流起励回路起励电流应不大于 10% 空负荷励磁电流，起励时间不大于 5s。

6.1.7 励磁系统应有事故灭磁功能，灭磁时间要短。能在正常工况下及下述非正常工况下可靠的灭磁：

- a) 机组正常运行时，定子回路外部短路或内部短路；
- b) 发电机空负荷误强励（继电保护动作）；
- c) 机组负荷误强励（继电保护动作）。

6.1.8 励磁系统在正常停机采用逆变灭磁方式，故障情况下包含但不限于采用直流磁场断路器配合灭磁电阻灭磁方式。当系统配有多种灭磁环节时，要求时序配合正确、主次分明、动作迅速。

6.1.9 励磁系统应具备电气制动停机控制功能，能够实现单独电气制动、电气和机械联合制动方式下发发电电动机定子短路电流的控制，以满足制动停机的要求。

6.1.10 其他应符合 DL/T 583 的有关规定。

6.2 装置技术要求

6.2.1 励磁变压器

6.2.1.1 应采用户内式、环氧树脂浇注/Nomex 材料、铜绕组、自然风冷的干式变压器。

6.2.1.2 高压侧应取自发电电动机断路器和主变压器低压侧之间,应采用离相封闭母线连接,不应安装自动开关或快速熔断器。

6.2.1.3 绝缘耐热等级应为 F 级以上,温升按 B 级考核。

6.2.1.4 变压器的容量应按照 GB/T 18494.1 规定,并应考虑功率整流器产生的特征及非特征谐波损耗使变压器产生附加发热的影响。

6.2.1.5 短路阻抗一般在 6%~8%,具体短路阻抗保证短路电流小于断路器的分断电流。

6.2.1.6 高、低压侧应配置保护和测量用电流互感器。

6.2.1.7 其他应符合 DL/T 583 的有关规定。

6.2.2 交流侧断路器

在励磁变压器低压侧应装设一台快速断路器,用于励磁回路短路或机组停机后,将励磁变压器与励磁系统其他设备隔离,也可作为后备灭磁。断路器应满足:

6.2.2.1 额定电压值不小于励磁变压器低压侧额定电压值。

6.2.2.2 额定电流值不小于励磁变压器低压侧最大连续电流。

6.2.2.3 能可靠地分断励磁变压器低压侧最大短路电流。

6.2.2.4 采用双跳闸线圈,操作电压为直流 220V/110V。

6.2.2.5 带有 6 常开和 6 常闭辅助接点。

6.2.2.6 应组装在金属柜内。

6.2.3 励磁调节器

6.2.3.1 励磁调节器应设置两套从电源到脉冲形成单元都相互独立的数字式的调节通道。每个调节通道设有自动电压调节 (AVR) 和手动励磁调节功能 (FCR),并应相应设有自动/手动运行方式。自动/手动运行方式应具有双向跟踪、切换功能。跟踪部件应能正确、自动地跟踪。切换应具有手动和电压互感器断线自动切换能力。切换时保证发电电动机机端电压和无功功率无大幅度的波动。

6.2.3.2 两套调节通道应能手动切换,应互为热备用、相互自动跟踪,运行通道故障时能自动切换至备用通道。自动跟踪部件应具有防止跟踪异常情况或故障情况的措施,以保证当运行调节通道故障时,能正确、自动地切换到备用调节通道。切换时发电电动机机端电压或无功功率应无明显的波动。

6.2.3.3 独立运行的调节通道电压给定器或励磁电流给定器应带有限位功能,发电机解列后应能自动返回至空负荷额定电压位置。

6.2.3.4 励磁调节器除了具有自动电压调节、手动励磁调节的基本调节功能外,还应具有下列辅助功能单元:

a) 定子电流限制器:

限制发电电动机的定子电流在允许值之内。限制作用应根据机组特性延时动作。

b) 负荷电流补偿器:

可应用于部分补偿由外部阻抗引起的电压降,也可应用于机组间的无阻抗并联运行,以实现对各机组的无功功率的分配。

c) SFC 启动控制功能:

按变频启动要求,控制发电电动机励磁电流。

d) 背靠背发电驱动控制功能:

按背靠背启动要求,控制发电机励磁电流。

e) 背靠背水泵启动控制功能:

按背靠背启动要求,控制电动机励磁电流。

f) 电气制动控制功能:

在机组正常停机时控制发电电动机励磁电流,以满足电气制动的要求。

g) 其他应符合 DL/T 583 的有关规定。

6.2.3.5 励磁调节器应有两路供电电源,其中至少一路应由厂用蓄电池组供电。

6.2.3.6 励磁调节器必须通过相应等级的电磁兼容试验。

6.2.3.7 数字式调节器应有以下功能：

- a) 应有足够的存储器容量和各类输入、输出接口；
- b) 应具备与电站计算机监控系统的机组现地控制单元、转速检测装置、SFC 设备等直接连接的硬接线接口，协调地完成机组的启动和工况变换控制以及单机或成组无功调节；
- c) 应具备与电站计算机监控系统的机组控制单元（LCU）的通信接口，用于实现二者之间的数据传输，该通信接口至少与前硬接线接口功能构成双重化，并作为其备用；
- d) 应具备励磁系统参数的显示和在线整定功能，显示的参数应为实际值或标么值，并以十进制表示；
- e) 应具备故障的检测和诊断；
- f) 应具备调试和试验功能；
- g) 应具备将 AVR 和 FCR 给定值、励磁控制角等信号送给监控系统的功能；
- h) 应具备状态、事件的记录和故障的实时录波功能。

6.2.3.8 励磁调节器柜防护等级应在 IP 32 以上。

6.2.4 功率整流器

晶闸管的计算结温不大于 115℃或实测壳温不大于 100℃，其他应符合 DL/T 583 的有关规定。

6.2.5 转子过电压保护器

应符合 DL/T 583 的有关规定。

6.2.6 直流磁场断路器

功率整流桥输出至发电电动机转子碳刷间应装设一台直流磁场断路器，能够在励磁回路短路时，将功率整流桥输出与发电电动机转子隔离。直流磁场断路器应满足：

6.2.6.1 额定电压值不小于额定励磁电压的 1.1 倍。

6.2.6.2 额定电流值不小于最大连续励磁电流。

6.2.6.3 能在励磁系统误强励状态下及励磁回路短路时，可靠安全地断开励磁回路。

6.2.6.4 设有电气跳闸和机械跳闸机构，电气跳闸应设有双跳闸线圈，操作电压为直流 220V/110V。

6.2.6.5 带有 6 常开和 6 常闭辅助接点。

6.2.6.6 主触头易于检查和更换。

6.2.7 灭磁电阻

励磁系统事故灭磁，应采用消耗磁场绕组能量的灭磁电阻进行快速灭磁。灭磁电阻可以采用线性电阻，亦可以采用非线性电阻。应提供控制装置，使灭磁电阻在直流磁场断路器断开的同时，并接到励磁绕组两端。控制装置可以是直流磁场断路器的辅助触头，也可以是电子跨接器或机械跨接器。灭磁电阻应满足以下要求：

6.2.7.1 非线性电阻可以是氧化锌非线性电阻，也可以是碳化硅非线性电阻。氧化锌非线性电阻非线性系数 β 小于 0.1；碳化硅非线性电阻非线性系数 β 宜小于 0.4。

6.2.7.2 非线性电阻元件使用寿命不少于 15 年。

6.2.7.3 其他应符合 DL/T 583 的有关规定。

6.2.8 直流起励装置

励磁系统应能可靠起励。正常起励由电网经励磁变压器供电。为了使机组在电网失电时能紧急开机发电，励磁系统仍应设有由厂用 220V 蓄电池供电的备用直流起励装置。直流起励装置应满足：

6.2.8.1 输出必须装设防止电流倒送的二极管及限流电阻。

6.2.8.2 其他应符合 DL/T 583 的有关规定。

6.2.9 辅助电源

6.2.9.1 厂用直流 220V/110V 电源：励磁系统控制回路电源采用厂用直流电源。

6.2.9.2 厂用交流 380V/220V 电源两路：励磁系统试验时作为试验电源；机组正常运行时两路交流

380V/220V 电源互为备用。两套交流电源的自动切换，不应対机组运行产生任何扰动。

6.2.9.3 上述各种电源系统应设有必要的控制、保护装置。

6.3 系统的控制、保护、测量、信号功能要求

6.3.1 控制功能

励磁系统应能接受计算机监控系统的机组现地控制单元的指令，按自动或分步操作的方式完成机组启动、停止、电制动、工况转换控制和运行调节。为此，励磁系统应与机组现地控制单元交换下列输入、输出信号，以满足控制要求：

6.3.1.1 自动电压调节增、减指令。

6.3.1.2 手动励磁调节增、减指令。

6.3.1.3 双调节通道之间的切换指令，每个通道的自动/手动之间的切换指令。

6.3.1.4 直流磁场断路器跳、合闸指令及位置输出信号。

6.3.1.5 交流侧断路器跳、合闸指令及位置输出信号。

6.3.1.6 各种控制指令，如：发电启动、背靠背发电工况启动、背靠背电动工况启动、SFC 电动工况启动、正常停机、紧急停机、PSS 投/切、电制动投/切、机组断路器位置信号、电制动短路开关位置信号、95%同步转速、50%同步转速等信号。

6.3.1.7 励磁电流、励磁电压、机端电压给定值、励磁电流给定值信号。

6.3.1.8 励磁系统至少应能在现地进行下列操作：

- a) 现地/远方控制方式选择；
- b) 自动电压调节增、减调节；
- c) 手动励磁调节增、减调节；
- d) 双调节通道之间的切换，每个通道的自动/手动之间的切换；
- e) 直流磁场断路器分合闸；
- f) 交流侧断路器分合闸；
- g) PSS 投/切选择；
- h) 备用直流起励装置投/切选择。

6.3.2 保护功能

励磁系统应装设下列保护功能：

6.3.2.1 过励/欠励/伏赫兹保护：作为过励/欠励/伏赫兹限制器的后备保护。保护第一时限报警和进行双套调节通道的切换。

6.3.2.2 必要的辅助继电器，以满足控制、保护、监视、信号等回路的要求。除电源监视继电器外，各辅助继电器不应长期处于带电动作状态。

6.3.3 测量功能

励磁系统至少应装设下列变送器满足测量要求：

6.3.3.1 2 个励磁电压变送器。

6.3.3.2 2 个励磁电流变送器。

变送器应具有足够的绝缘耐电压强度，其输出应完全与被测量电路隔离，变送器精度优于 0.5%。

6.3.4 信号功能

6.3.4.1 励磁系统正面至少应具备下列指示：

- a) 励磁电流；
- b) 励磁电压；
- c) 定子电压；
- d) 无功功率；
- e) 磁场绕组温度。

6.3.4.2 励磁系统至少应提供下列信号:

- a) 冷却风机故障及风机电源故障;
- b) 单个晶闸管熔断器熔断;
- c) 并联支路中功率整流桥退出;
- d) 触发脉冲消失或桥臂掉相;
- e) 欠励限制器动作;
- f) 过励限制器动作;
- g) 最大励磁电流限制器动作;
- h) V/Hz 限制器动作;
- i) 定子电流限制器动作;
- j) PSS 输出大于 1%;
- k) 调节通道自动切换;
- l) 励磁回路过电压保护动作;
- m) 励磁系统控制回路电源消失;
- n) 电压互感器断线;
- o) 励磁调节器辅助电源故障;
- p) 励磁调节通道故障;
- q) 电气制动故障;
- r) 励磁变压器温度过高。

以上信号除现地显示外,均应有一对独立的电气接点引到端子排,供计算机监控系统的机组现地控制单元使用。

7 调速器及油压装置技术条件

7.1 工作条件

本标准所规定的各项调节系统静态及动态特性指标均是在下列条件下制定:

7.1.1 水泵水轮机应能在手动各种工况下稳定运行。在手动空负荷工况(发电电动机励磁在自动方式工作)运行时,水泵水轮机转速摆动相对值不超过 $\pm 0.3\%$ 。

7.1.2 引水系统的水流惯性时间常数 T_w 不大于 4s; 水流惯性时间常数 T_w 与机组惯性时间常数 T_a 的比值不大于 0.4。

7.1.3 其他方面应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

7.2 系统功能要求

7.2.1 手/自动控制及调节功能

调速系统应具备以下功能:

- a) 调速系统应能对水泵水轮机实行自动和手动控制,控制方式可由转换开关选择;
- b) 自动控制:调速器应根据外部指令,进行水泵水轮机导叶开启、关闭、转速调整和出力调整,实现各种运行工况下的自动转换和稳定运行;
- c) 手动控制:应能操作调速器柜上的控制装置进行手动控制;
- d) 应具有快速频率跟踪功能;
- e) 应具有频率调节功能;
- f) 应具有有功功率调节功能;
- g) 应满足电网一次调频要求。

7.2.2 水头—开度协调控制

当水泵水轮机以水泵工况运行时,调速系统应根据转轮前后压力差或扬程调节导叶开度使机组以

相应扬程的最高效率运行。

7.2.3 工况适应功能

- a) 调速系统应根据导叶开度、有效水头和机组输出功率所反映的运行工况自行调整调节参数和(或)控制结构;
- b) 机组甩负荷时,调速器应根据机组运行方式以适当的规律关闭导叶,并满足水力过渡过程的要求;
- c) 各种开停机方式应与水轮机、水泵、调相工况,包括背靠背启动的运行方式和各工况间的快速转换相适应。

7.2.4 开停机控制

- a) 正常开停机。

调速器应能配合计算机监控系统,从现地和远方进行机组水轮机工况或水泵工况的正常开停机。

- b) 事故停机。

当机组以水轮机工况或水泵工况运行时,调速系统应具备事故停机功能。

7.2.5 在线自诊断功能和容错功能

应符合 DL/T 563 的有关规定。

7.2.6 保护功能

- a) 故障保护:当调速器故障后仍允许机组继续运行,调速器应保持机组原运行状态并且不影响机组正常和事故停机。
- b) 转速检测和保护:调速系统应具有不少于两路独立的转速测量回路,一路故障时应自动切换到另一回路。

7.2.7 其他功能

- a) 水泵水轮机失去动力后,调速器应能按导叶关闭规律关闭导叶。
- b) 调速器应具有水泵水轮机旋转方向鉴别功能。
- c) 在机组并网后,调速器应具有防止机组进入反水泵区的功能。
- d) 应能在机组监控系统的控制下,实现各种工况的相互转换。

7.3 装置技术要求

7.3.1 系统技术要求

7.3.1.1 产品应符合产品标准的要求,并按照规定程序批准的图样及文件制造。

7.3.1.2 调速系统静态特性应符合下列规定:

- a) 静态特性曲线应近似为直线。
- b) 测至接力器的转速死区 i_k 不大于 0.04%,在机组静止及输入转速信号恒定的条件下接力器摆动值不大于 0.1%。

7.3.1.3 对每个导叶单独控制的水泵水轮机,任何两个导叶接力器的位置偏差不大于 2%;每个导叶接力器位置对所有导叶接力器位置平均值的偏差不大于 1%。

7.3.1.4 调速系统应保证水泵水轮机在各种运行方式和允许的运行范围下稳定运行,调节系统动态特性应符合下列规定:

- a) 当水泵水轮机在空负荷额定转速运行,永态转差率整定为零时,调速系统应能保证机组转速持续波动值不超过额定转速的 $\pm 0.2\%$ 。
- b) 当机组在发电工况下并网运行,在零到额定负荷间的任何负荷点时,永态转差率整定在 2%或以上,调速系统应保证机组输出功率持续波动值不超过额定功率的 $\pm 1\%$ 以内。
- c) 在电网频率为 50Hz 时的实际功率与整定功率之间的偏差不超过额定功率的 1%。
- d) 发电工况下机组启动开始至机组空负荷转速偏差小于同期带 ($+1\% \sim -0.5\%$) 的时间 t_{SR} 不得大于从机组启动开始至机组转速达到 80% 额定转速的时间 $t_{0.8}$ 的 5 倍。

7.3.1.5 发电工况下机组甩负荷后动态品质应达到:

- a) 甩 100% 额定负荷后, 在转速变化过程中, 超过稳态转速 3% 额定转速值以上的波峰不超过两次。
- b) 从机组甩负荷时起, 到机组转速相对偏差小于 $\pm 1\%$ 为止的调节时间 t_E 与从甩负荷开始至转速升至最高转速所经历的时间 t_M 的比值, 应不大于 15。
- c) 接力器不动时间: 从机组负荷突变 (10%~15% 额定输出功率) 时刻起, 到导叶接力器第一次可测移动的时间间隔, 不大于 0.2 s。

7.3.1.6 发电工况下调速器一次调频响应行为时间要求:

- a) 从电网频率变化达到一次调频动作值到机组负荷开始变化所需的时间为一次调频负荷响应滞后时间, 应小于 3s。
- b) 从电网频率变化超过一次调频死区开始, 到机组实际出力与机组响应目标偏差的平均值落在机组额定有功出力的 $\pm 3\%$ 内所需时间, 应小于 45s。
- c) 机组参与一次调频过程中, 在电网频率稳定后, 机组负荷达到稳定所需时间为一次调频稳定时间, 应小于 60s。

7.3.2 油压装置技术要求

7.3.2.1 油压装置应至少设置 2 台油泵, 每台油泵的输油量足以补充漏油量, 并有最少 2 倍的安全系数。通常每台泵的每分钟输油量不小于接力器容积的 0.8 倍。

7.3.2.2 油泵应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

7.3.2.3 其他方面应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

7.3.3 调速器技术要求

7.3.3.1 调速器应是比例、积分、微分调节规律为基础的数字式电液微机调速器。

7.3.3.2 调速器主控单元应为高可靠性、抗干扰能力强的工业控制器, 平均无故障时间不小于 30 000h, 主控单元及电源应采用冗余配置。

7.3.3.3 主控单元应配置与监控系统通信的接口。

7.3.3.4 PID 调节参数应能在设计范围内整定:

比例增益最小值不大于 0.5, 最大值不小于 20;

积分增益最小值不大于 0.05L/s, 最大值不小于 20L/s;

微分增益最小值为零, 最大值不小于 20s。

7.3.3.5 永态转差系数应能在自零至最大值范围内整定, 最大值不小于 10%。

7.3.3.6 接力器的关闭与开启时间应能在设计范围内任意整定。

7.3.3.7 调速器应装设紧急停机装置。

7.3.3.8 按水头自动调整协联关系的机构, 应能手动设定水头。

7.3.3.9 调速器的综合漂移量折算为转速相对值, 不得超过 0.3%。

7.3.3.10 调速器应具有两路供电电源输入接口, 一路交流, 一路直流。

7.3.3.11 其他方面应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

7.3.4 调速器各部件技术要求

7.3.4.1 测速装置

应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

7.3.4.2 电调电气装置

应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

7.3.4.3 电—液和电—机转换器

应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

7.3.4.4 主配压阀

应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

7.3.4.5 指示仪表

7.3.4.5.1 所有指示仪表的精度不低于 1.5 级。

7.3.4.5.2 调速柜上至少应有下列参数显示，且其实测值与指示值的偏差不应大于设计规定值。除了 GB/T 9652.1 中 4.8 规定的显示信息外，还应包括下列信息：

- a) 水头信号；
- b) 扬程信号；
- c) 转速表。

7.3.4.6 外观要求

应符合 GB/T 9652.1 的有关规定。

8 文件

8.1 一般要求

8.1.1 制造单位为本系统设备提供的文件应包括五个基本部分：设计文件、安装文件、操作文件、维护文件和试验文件。文件文字规定为中文，符合 GB 18030 的有关规定。

8.1.2 制造单位提出的文件内容应详尽、完整、统一，文图工整清晰，印刷装订美观。

8.1.3 制造单位执行用户要求的初步设计和出厂验收文件应经用户审批。

8.1.4 制造单位所提供的全部最终文件要反映设备验收时的真实情况。设备投运后的全部更改应该由用户进行文件修订记录。用户修订记录应尽量完整，以便满足性能质量的检验。

8.2 设计文件

由制造单位提供的设计文件是制造单位根据用户的设计文件、技术规范书或招标书，进行系统设备制造所编制的图纸和说明书。它们应该包括：

- a) 硬件系统框图（或配置图）及设备清单；
- b) 机柜的设备布置图及布线图；
- c) 软件系统结构设计文件；
- d) 系统软件和应用软件清单；
- e) 操作系统、支持程序、实用程序、数据库、数据采集软件、人机接口软件及通信软件使用说明；
- f) 应用软件流程图（顺控）及说明；
- g) 全部外购设备所附文件。

8.3 安装文件

- a) 端子图及内部连接图；
- b) 设备安装开孔和固定连接图；
- c) 设备接地连接图；
- d) 安装说明书。

8.4 操作文件

制造单位应为运行操作员编制使用本系统设备的操作说明书。

8.5 维护文件

制造单位应为程序员编制维护文件，包括下列内容：

- a) 正常维护说明书；
- b) 故障检查及修复说明书。

8.6 试验文件

制造单位应提供系统设备在工厂和现场各试验阶段的文件。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
抽水蓄能机组自动控制系统技术条件
DL/T 295—2011

*

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>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2011年10月第一版 2011年10月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1印张 27千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·689 定价 9.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.689

上架建议：规程规范/
水利水电工程/水力发电