

团 体 标 准

T/CSEE XXXX—YYYY

压缩空气储能膨胀发电机组 调节系统技术规范

Technical specification of expansion generator unit governing system
for compressed air energy storage

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国电机工程学会 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 基本规定..... 2

5 系统结构..... 2

6 功能..... 3

 6.1 基本要求..... 3

 6.2 DEH 控制..... 3

 6.3 超速限制..... 4

 6.4 保护..... 5

7 性能..... 5

 7.1 控制器..... 5

 7.2 执行机构..... 5

8 试验..... 5

附录 A（资料性）压缩空气储能膨胀发电机组系统结构.....6

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法》、《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会城市供电与可靠性专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

压缩空气储能膨胀发电机组调节系统技术规范

1 范围

本文件规定了压缩空气储能膨胀发电机组调节系统的功能要求和性能要求。

本文件适用于压缩空气储能系统中，单机容量为10MW及以上且储能时间不小于2小时，配置数字电液调节系统的膨胀发电机组。其他容量的膨胀发电机组可以参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用文件而构成必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 7596 电厂运行中矿物涡轮机油质量
GB 11120 涡轮机油
GB/T 31464 电网运行准则
GB 38755 电力系统安全稳定导则
GB/T 38969 电力系统技术导则
GB/T 40595 并网电源一次调频技术规定及试验导则
DL/T 571 电厂用磷酸酯抗燃油运行维护导则
DL/T 1870 电力系统网源协调技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压缩空气储能膨胀发电机组 expansion generator unit for compressed air energy storage

一般由压缩机、电动机、换热器、蓄热装置、蓄冷装置、储气装置、膨胀机、发电机、控制系统及相关辅助系统组成。在储能过程时，利用电能驱动压缩机压缩空气并存于储气装置中；在释能过程时，释放储气装置的空气驱动膨胀机发电。

3.2

数字电液控制系统 digital electro-hydraulic control system; DEH

由按电气原理设计的敏感元件、数字电路（计算机）及按液压原理设计的放大元件和液压伺服机构构成的膨胀发电机组控制系统。

3.3

负荷控制 load control

膨胀发电机组控制系统的功能之一，在机组并网后，按照设定的目标负荷和升负荷率改变或维持机组负荷的一种功能。

3.4

阀位控制 valve-position control

膨胀发电机组控制系统的功能之一，膨胀机调门开度为被调量，手动控制调门开度。

3.5

超速保护控制 over-speed protection control; OPC

一种抑制超速的控制功能。当膨胀发电机组转速达到或超过额定转速的103%或转子加速度超过规定值时，自动关闭调门，当转速恢复正常时再开启调门，如此反复，直至正常转速控制回路可以维持额定转速。

3.6

超速跳闸保护 over-speed protection trip; OPT

膨胀发电机组保护系统的功能之一。当膨胀发电机组转速上升到某一限值时，采取紧急停机措施，自动迅速关闭主气门和调门。

3.7

紧急跳闸系统 emergency trip system; ETS

当膨胀发电机组运行过程中出现异常可能危及设备安全时，采取紧急措施停止膨胀发电机组运行的保护系统。

3.8

一次调频 primary frequency control

机组调节系统根据电网频率的变化自动快速改变有功功率，以达到稳定电网频率的目的。

3.9

膨胀机自启停系统 automatic expander start-up and shut-down control system; AEC

根据膨胀发电机组运行参数指挥膨胀发电机组控制系统及其他有关控制系统共同完成膨胀发电机组的启动、并网、带负荷、停止和安全经济运行过程的自动控制系统。

4 基本规定

4.1 压缩空气储能膨胀发电机组调节系统的功能、性能和整体方案，应与压缩空气储能膨胀发电机组主体结构相适应。

4.2 压缩空气储能膨胀发电机组调节系统应选用可靠性高、响应快速、易于维护的系统。

5 系统结构

压缩空气储能膨胀发电机组调节系统主要包括以下五个组成部分，系统结构简图见附录 A。

5.1 操作员站和工程师站

操作员站由多台计算机组成，用于运行人员输入膨胀发电机组操作指令并监视膨胀发电机组运行状态，工程师站不参与膨胀发电机组的控制操作，主要用于记录运行人员的操作过程、膨胀发电机组运行数据以及专业技术人员对控制系统参数、组态和逻辑的修改。

5.2 电源柜和控制柜

电源柜通过不间断电源系统向膨胀发电机组调节系统供电。控制柜由多个微处理器为基础的分散处理单元组成，主要根据运行人员的操作指令和采集的膨胀发电机组运行状态经分散处理单元运算处理后输出相应控制指令，对膨胀发电机组启、停和运行过程进行控制与保护。

5.3 高速数据通道

高速数据通道是连接操作员站、工程师站和各控制柜中分散处理单元等设备的高速网络，实现各设备之间全数字化、双向、多站的数据交换与传输。

5.4 阀门执行机构

膨胀发电机组设有主气门和调门。阀门执行机构将控制柜输出的阀位控制信号通过电液转换器转换成油压信号，控制各油动机活塞的移动，改变各阀门的开度，通过调节膨胀机进气流量控制膨胀机的转速或负荷。

5.5 高压油系统

高压油系统提供一定压力的高压抗燃油，一方面作为阀门执行机构中各油动机活塞移动的驱动油；另一方面，进入 OPC 超速保护控制系统的超速保护母管和 ETS 紧急跳闸系统的危急遮断总管建立一定油压，实现对膨胀发电机组的超速限制和紧急停机保护。

6 功能

6.1 基本要求

- 6.1.1 控制处理器的应用软件宜采用通用的编程语言组态。工艺流程图宜采用图形方式组态。
- 6.1.2 应按照电站工艺系统设计的要求，对所有已设计的测点信号进行连续采集和处理，并在实时和历史数据库运算和存储。
- 6.1.3 用于保护和控制的信号采集应配置在完成相关功能的控制处理器的 I/O 模块中。
- 6.1.4 系统的选型、配置及软件应具备冗余功能。
- 6.1.5 系统运行过程中，在线修改、下装逻辑，不应应对原有逻辑的运行产生扰动或引起逻辑故障、死机等。
- 6.1.6 在压缩空气储能膨胀发电机组调节系统故障时，应保证保护功能不会失效。
- 6.1.7 液压系统应与电子控制装置的保护和限制功能相适应。
- 6.1.8 在单个设备失效情况下，仍能保证机组安全。

6.2 DEH 控制

6.2.1 DEH 控制方式

- 6.2.1.1 根据机组运行要求，应具备下列控制方式：
 - a) 操作员自动控制方式。在运行人员手动设定目标转速或目标负荷，手动设定转速变化率或负荷变化率后，调节系统自动进行调节，实现机组转速或负荷的闭环控制；
 - b) 自启停（AEC）控制方式。根据机组运行参数，自动设置、优化转速变化率和负荷变化率，自动完成机组的启动、运行及停机的全过程自动控制；
 - c) 手动控制方式（阀位控制方式）。运行人员手动设定调门开度，实现负荷开环控制。在转速控制方式下，不允许设置转速开环手动控制。
- 6.2.1.2 各种控制方式之间，应能进行无扰切换。

6.2.2 DEH 控制性能

6.2.2.1 基本要求

DEH 应根据压缩空气储能膨胀发电机组的不同运行工况，实现转速控制、负荷控制和阀位控制等基本控制功能。

6.2.2.2 转速控制

在压缩空气储能膨胀发电机组启动和甩负荷阶段，应能实现机组转速控制并满足下列要求：

- 转速调节范围应为 50r/min 至 112%额定转速，并连续可调，升速过程应平稳、可控；当压缩空气储能膨胀发电机组定速到额定转速时，超调量应小于额定转速的 0.2%，转速波动范围不应大于额定转速的 0.1%；
- 目标转速和转速变化率。在操作员自动控制方式下可人为设置；在 AEC 方式下可自动设置，也可人为干预；
- 最大转速变化率不应大于压缩空气储能膨胀发电机组设计规定值，通过临界转速区时，转速变化率不应低于压缩空气储能膨胀发电机组设计规定值；
- 压缩空气储能膨胀发电机组甩负荷后，最高转速不应使超速跳闸保护动作；
- 同期控制。应能接受同期装置的控制信号增、减机组转速。

6.2.2.3 负荷控制

在机组并网后，能实现机组负荷控制，并满足下列要求：

- 机组并网后应带额定负荷的 2%~5%的初始负荷；
- 负荷控制范围为 0%~110%额定功率，并连续可调。负荷波动范围不应大于额定功率的 0.5%；
- 目标负荷和负荷变化率。在操作员自动控制方式下可人为设置；在 AEC 方式下自动设置，也可人为干预；
- 最大负荷变化率和最大负荷限制，不应大于机组最大负荷变化率和最大负荷限制值范围；
- 实际负荷与给定负荷偏差大于限制值时，应切除负荷控制回路，保障机组安全运行。

6.2.2.4 阀位控制

运行人员手动设定调门开度，实现负荷开环控制。

6.2.2.5 一次调频

机组应具备一次调频功能。一次调频死区设置的范围为 0Hz~0.033Hz；一次调频功率变化幅度应不小于±10%额定有功功率。一次调频性能可参考 GB/T 40595 第 5 部分的规定。

6.3 超速限制

6.3.1 当下列条件之一发生时，超速保护控制（OPC）功能动作，DEH 控制系统应根据机组运行要求采用相应的措施，迅速关闭压缩空气储能膨胀发电机组调门，防止机组超速：

- 机组负荷大于 10%额定负荷且发电机出口开关跳闸（发电机甩负荷）；
- 机组并网前，机组转速达到 103%额定转速；或机组并网后，机组转速超过限值时（按当地电网要求）；
- 机组转子加速度等于或大于设定值。

6.3.2 当 OPC 动作，DEH 使调门迅速关闭后，应能按要求恢复开启，并根据机组的运行状态自动选择维持额定转速或继续带负荷运行。

6.3.3 当膨胀机前压缩空气压力降低到机组正常运行工况所允许的限制值，或机组热应力变化到达机组正常运行工况所允许的限制值时，DEH 应限制调门开度。

6.4 保护

6.4.1 当出现压缩空气储能膨胀发电机组调节系统故障、转速信号故障、压缩空气储能膨胀发电机组调节系统电源失去时，应产生跳机保护信号，送至 ETS 系统。

6.4.2 当机组转速上升到设定的保护值时，超速跳闸保护（OPT）功能动作，应触发紧急停机措施，自动迅速关闭主气门和调门，遮断压缩空气储能膨胀发电机组。宜设置不少于两套独立的超速跳闸保护系统。

6.4.3 在任何控制方式下，机组各种保护不应退出，不应设置保护“投切”按钮。

7 性能

7.1 控制器

7.1.1 对模拟量控制的处理周期不应大于 125ms，对开关量控制的处理周期不应大于 50ms。压缩空气储能膨胀发电机组转速控制的处理周期不应大于 50ms，执行超速限制和超速保护的逻辑，处理周期不应大于 20ms。

7.2 执行机构

7.2.1 执行机构的提升力应有安全余度，提升力倍数不应小于 1.2（计算油压为系统最低运行压力，压缩空气压力为额定压力的 105%）。

7.2.2 控制精度。对于调节型油动机，当控制指令在中间位置维持不变时，油动机开度位置波动范围不宜超过全行程的 0.2%。

7.2.3 设备安装及大修后，应对 EH 油管道做耐压试验，试验压力为 1.5 倍设计压力。

7.2.4 新抗燃油和运行中抗燃油的质量标准，应满足 DL/T 571 的要求。

7.2.5 新透平油应满足 GB 11120 的要求。运行中透平油油质应满足 GB/T 7596 的要求。

8 试验

压缩空气储能膨胀发电机组出厂试验和现场试验的项目应满足表 1。

表 A.1 压缩空气储能膨胀发电机组试验项目

序 号	试验项目	出厂试验	现场试验
1	跳闸电磁阀在线试验		√
2	超速保护试验		√
3	气门严密性试验	√	√
4	系统静态仿真试验		√
5	假同期、并网试验		√
6	耐压试验	√	√
7	甩负荷试验		√

附 录 A
(资料性附录)
压缩空气储能膨胀发电机组系统结构

A.1 系统结构简图

压缩空气储能膨胀发电机组调节系统结构简图见图A.1。

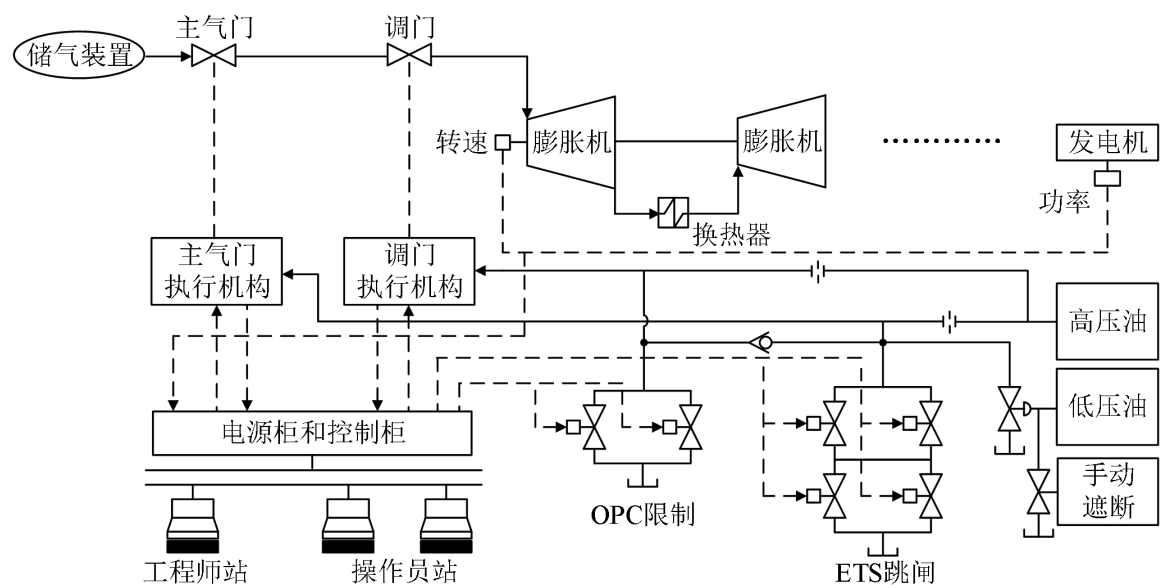


图 A.1 压缩空气储能膨胀发电机组调节系统结构简图