|  |
| --- |
|  |

DB42

湖北省地方标准

DB42/T XXX-YYYY

|  |
| --- |
|  |

压缩空气储能电站调试及试验技术规范

第2部分：一次调频与自动发电控制试验

|  |
| --- |
|  |
| Specification of commissioning and test for Compressed Air  Energy Storage Power Station  Part 2: Primary Frequency and Automatic Generation Control |
| （征求意见稿） |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

湖北省市场监督管理局   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 符号、代号和缩略语 ...................................................................3

5 总则 .................................................................................3

6 技术规定 .............................................................................3

7 试验要求和方法 .......................................................................4

8 试验方案及报告编制 ...................................................................5

9 标准实施及评价.......................................................................6

附录A（规范性） 一次调频性能试验及验收表...............................................8

附录B（规范性） AGC性能验收表.. .......................................................9

附录C（资料性） 湖北省地方标准实施信息及意见反馈表....................................10

前  言

本文件按照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》给出的规则起草。

本文件是DB42/T XXX《压缩空气储能电站调试及试验技术规范》的第2部分。DB42/T XXX已经发布了以下部分：

——第1部分：控制系统试验。

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。

本文件由湖北省能源标准化技术委员会提出。

本文件由湖北省能源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、\*\*\*、\*\*\*。

本文件主要起草人：\*\*\*、\*\*\*、\*\*\*。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省能源标准化技术委员会，联系电话：027-88230280，邮箱：hbnymsc@163.com；或者牵头起草单位国网湖北省电力有限公司电力科学研究院，联系电话：027-83688271，邮箱：xuwb@hb.sgcc.com.cn。对本文件的有关修改意见建议请反馈至湖北省能源标准化技术委员会，联系电话：027-88230280，邮箱：hbnymsc@163.com；或者行业主管部门，联系电话：027-\*\*\*\*\*\*\*\*，邮箱：\*\*\*\*\*\*@163.com；或者湖北省市场监督管理局，联系电话：027-87811019，邮箱：[hbbzhc@163.com](mailto:hbbzhc@163.com)

压缩空气储能电站调试及试验技术规范

第2部分：一次调频与自动发电控制试验

1. 范围

本文件规定了压缩空气储能电站一次调频和自动发电控制试验的技术要求，包括功能要求、控制参数要求、性能指标等，并规定了试验时应满足的试验条件、试验工况及试验项目等，还规定了试验方案及报告编制的要求。

本文件适用于额定放电功率10MW及以上且额定放电容量不低于20MWh的压缩空气储能电站。其他功率等级和容量的压缩空气储能电站可参考执行。

1. 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。

DL/T 2528 电力储能基本术语

GB/T 43687 电力储能用压缩空气储能系统技术要求

GB/T 40595 并网电源一次调频技术规定及试验导则

GB/T 31464 电网运行准则

GB 38755 电力系统安全稳定导则

DL/T 1210 火力发电厂自动发电控制性能测试验收规程

DL/T 1870 电力系统网源协调技术规范

1. 术语和定义

DL/T 2528、GB/T 30370、GB/T 40595界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压缩空气储能电站 compressed air energy storage power plant

以压缩空气为储能载体，在用电低峰时利用压缩空气储存电能，在用电高峰时向电网释放电能的电站。

3.2

补燃式压缩空气储能 supplementary fired compressed air energy storage

膨胀释能过程中利用燃料进行补燃提升压缩空气温度进行发电的压缩空气储能技术。

3.3

非补燃式压缩空气储能 non-supplementary fired compressed air energy storage

不利用燃料补燃，通过高温绝热压缩方式将空气压缩至高温高压并将高温热能解耦存储，用于在膨胀释能过程中提升压缩空气温度的压缩空气储能技术。

3.4

充电功率 charging power

压缩空气储能电站在储能过程中，输入电动机的电功率。

3.5

放电功率 discharging power

压缩空气储能电站在释能过程中，由透平发电机发出的电功率。

3.6

阶跃响应试验 step-response test

在系统输入端施加阶跃信号，记录系统输出信号随时间变化过程的试验。

3.7

斜坡响应试验 ramp response test

在系统输入端施加斜坡信号，记录系统输出随时间变化过程的试验。

3.8

一次调频 primary frequency control; PFC

当电力系统频率偏离目标频率时，发电机组通过控制系统的自动反应，调整有功出力减少频率偏差的控制功能。

3.9

一次调频死区 dead band of primary frequency control;DB

一次调频调节系统在额定转速附近对转速差或频率的不灵敏区。

3.10

转速不等率 speed governing droop

透平机控制系统静态特性曲线的斜率，计算方法为转速变化的百分数与发电机组有功功率变化的百分数的比值。

3.11

一次调频响应（滞后）时间 response (delay) time of PFC

阶跃试验中，从频差阶跃信号加入开始到负荷变化至目标值的5%所需的时间。

3.12

一次调频上升时间 rise time of PFC

阶跃试验中，从频差阶跃信号加入开始到负荷变化至目标值的90%所需的时间。

3.13

一次调频稳定时间 stabilization time of PFC

阶跃试验中，从频差阶跃信号加入开始到负荷最后一次进入偏离稳态值偏差为±5%范围之内，且以后不再越出此范围所需的时间。

3.14

超调量 overshoot value

阶跃试验中，被调量相较于目标值的瞬时最大偏差与目标值的百分比。

3.15

负荷平均变化速率 average load ramp rate

指实际负荷变化至AGC负荷指令目标变化幅度10%和90%的两个负荷点连线的斜率。

3.16

负荷响应时间 load response time

指自AGC指令开始变化时刻起，至机组实际负荷开始变化且变化幅度超过负荷稳态偏差允许范围并在趋势上不再返向的时刻之间的时间差。

3.17

负荷动态过调量 load dynamic overshoot

指自AGC指令变化结束后的10min内，负荷偏离指令的偏差值，按正向负荷动态过调量、负向负荷动态过调量分别计算。

3.18

负荷稳态偏差 load static deviation

指AGC指令不变的工况下，在考核时间段内，负荷偏离AGC指令的偏差值，按正向负荷稳态偏差、负向负荷稳态偏差分别计算。

1. 符号、代号和缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PFC 一次调频（Primary Frequency Control）

AGC 自动发电控制（Automatic Generation Control）

1. 总则

5.1 压缩空气储能电站应符合GB/T 31464、GB 38755相关规定，配置一次调频及自动发电控制功能，设计相关控制逻辑并整定相关控制参数，实测控制性能，相关性能应满足本文件规定。

5.2 压缩空气储能电站参与电网一次调频和自动发电控制时，应确保电站的安全稳定运行。

5.3 压缩空气储能电站的一次调频与自动发电控制功能应相互协调，原则上一次调频优先。

5.4 影响压缩空气储能电站一次调频与自动发电控制性能的相关部件在改造、大修，以及监控系统改造或软件升级、相关逻辑或参数修改后，应重新开展一次调频和自动发电控制试验。

5.5 压缩空气储能电站应定期进行一次调频与自动发电控制复核试验，复核周期不应超过5年，复核完成后应向电网调度机构提供试验报告。

1. 技术规定

6.1 一次调频

当电网频率超过一次调频死区时，压缩空气储能电站应合理控制膨胀发电机组的放电功率，快速响应电网频率变化，提高电网频率稳定水平。

6.1.1 功能要求

a)压缩空气储能电站一次调频控制采用的频率或转速信号应采用发电机组出口机端电压频率或机组转速。每个独立的一次调频控制单元，其空气透平调节阀反馈信号、频率或转速信号、有功功率反馈信号均应采用“三取中”等冗余配置，并具有坏点剔除功能，冗余输入/输出（I/O）测点应分配在不同的模件上。

b)压缩空气储能电站一次调频设计要求：应采取将频差信号经调差率设计函数直接叠加在释能放电功率控制回路上，且补偿的调频功率定值部分不经过速率限制。

c)压缩空气储能电站应设置一次调频动作状态信号和一次调频投退状态信号，并将此信号上传至监控系统。

d)压缩空气储能电站在并网后应能自动投入一次调频功能，及时正确响应系统频率变化，且满足本文件规定的一次调频性能。

e)压缩空气储能电站应具备一次调频相关历史数据的存储、查询功能。

6.1.2 控制参数要求

a)频率测量分辨率应不大于0.003Hz，一次调频回路程序运算周期应不大于50ms。

b)压缩空气储能电站一次调频的死区应设置为±0.03～±0.05Hz，并根据电网实际要求确定。

b)压缩空气储能电站转速不等率应设置为2%～5%，并根据电网实际要求确定。

c)压缩空气储能电站一次调频有功功率调节幅度原则上不设置调节上限，必要时限幅不小于10%额定功率。 其中，机组额定工况运行时应参与一次调频，增负荷方向一次调频功率调节幅度应不小于3%Pe。

6.1.3 动态性能指标

频率/转速阶跃扰动试验中，一次调频动态性能应满足下列规定：

a）一次调频有功功率响应滞后时间不大于1.5s。

c）一次调频有功功率上升时间应不大于12s，调节时间应不大于30s；

d）一次调频有功功率超调量不大于20%，振荡次数不大于2次。

6.2 自动发电控制（AGC）

当接收到电网调度下发的AGC控制目标时，压缩空气储能电站应实时生成有功控制指令并执行，实现调度AGC控制目标的跟踪。

6.2.1 功能要求

a)压缩空气储能电站在释能放电运行状态时，应具备AGC功能。

b)压缩空气储能电站机组连锁退出AGC控制逻辑功能应正确，主要包括：AGC负荷指令信号坏质量时连锁退出AGC、调度AGC允许信号失去时联锁退出AGC和机组非功率控制模式时连锁退出AGC。

c)压缩空气储能电站机组功率模式的控制功能应正确，主要包括：负荷指令闭锁增和闭锁减功能、AGC指令超限闭锁增减功能等。

d)压缩空气储能电站应具备一次调频与AGC协调控制功能。在AGC调节过程中，应优先响应一次调频，并能够正确闭锁与一次调频动作相反的AGC指令。

e)压缩空气储能电站与AGC控制系统相关的各主要模拟量控制系统均应在自动方式下运行，主要包括空气透平功率控制、主气压力控制、进气温度控制等。

f)在进行AGC控制系统性能测试前，应完成厂内透平发电机组变负荷试验，并审核合格。

g)响应死区、调节速率等AGC控制参数应可设置。

h)压缩空气储能电站应具备AGC相关历史数据的存储和查询功能。

6.2.2 控制参数

a)响应死区应设置在±1%Pe内；

b)最大调节步长应设置为30%Pe；

c)最大可用放电功率：100%Pe；

d)透平发电机组升降负荷爬坡速率应不小于10%Pe/min；

e)AGC的投用范围为20%Pe~100%Pe或满足调度机构核定的出力范围。

6.2.3 性能指标

a)调度侧的AGC负荷指令信号与机组接收的AGC负荷指令信号之间的误差应在±0.2%之内。

b)机组送调度的负荷信号与调度接收到的负荷信号之间的误差应在±0.2%之内。

c)机组进行负荷控制的负荷信号与调度接收到的负荷信号之间的误差应在±0.2%之内。

d)压缩空气储能电站AGC的响应滞后时间应不大于15s。

e)压缩空气储能电站的AGC调节的动态偏差应不超过±2%Pe。

f)压缩空气储能电站AGC调节的稳态偏差应不超过±1%Pe。

1. 试验要求和方法

7.1 一次调频试验

7.1.1 试验条件

a)存在空气透平单、顺序阀相互切换的机组，一次调频试验应包括单阀方式下的一次调频试验和顺序阀方式下的一次调频试验。

b)无空气透平单、顺序阀相互切换的机组，进行一次调频试验应能表征该机组正常运行工况时的实际性能。

7.1.2 试验工况

a)压缩空气储能电站的一次调频试验应至少包括30%Pe、60%Pe、75%Pe、90%Pe、100%Pe等五个工况。

b)具备储能阶段参与一次调频功能的压缩空气储能电站，应在储能阶段选择合适工况进行一次调频功能验证。

7.1.3 试验项目

a)一次调频死区测试。通过连续改变模拟的机组频差（转速）信号测试一次调频死区，直至有功功率开始规律性调节，并通过一次调频指令判断动作方向的正确性。

b)一次调频动态性能测试。通过施加频差（转速）信号进行阶跃试验，每个工况阶跃试验应至少包含±0.1Hz（±6r/min）及±0.133Hz（±8r/min）的双向有效频差阶跃，并直至持续至有功功率达到目标值并保持30s以上。

c)一次调频限幅测试。压缩空气储能电站的一次调频最大调节幅度应不小于10%Pe，至少选择一个工况点进行该项测试。其中，30%Pe工况减负荷方向和100%工况增负荷方向的调节幅度应不小于3%pe。

7.1.4 数据记录

a） 应采用连续录波方式记录频率（转速）偏差、一次调频调节量输出、空气透平调节阀开度位置反馈、主气压力、发电机电气功率等。

b） 压缩空气储能电站机组一次调频试验数据采集周期应不大于1s。

7.1.5 复核试验

压缩空气储能一次调频复核试验应满足本文件规定。

7.2 AGC试验

7.2.1试验条件

1. 压缩空气储能电站机组投入协调控制或功率控制模式，宜切除一次调频功能。
2. 压缩空气储能电站机组运行稳定，各主要参数波动范围在正常范围内。

7.2.2试验工况

压缩空气储能电站有功功率控制范围在20%Pe~100Pe。

7.2.3试验项目

a)稳定负荷性能试验。选择在AGC负荷指令或机组本地负荷指令无变化的情况下进行，记录机组各主要参数，包括有功功率、主气温度、主气压力等与设定值的偏差。

b)负荷变动性能试验。包括单向斜坡负荷指令变动试验和三角波负荷指令变动试验，压缩空气储能电站应至少完成前者。单向斜坡负荷指令变动试验：机组负荷稳定在20%Pe，投入AGC控制，将AGC指令以10%Pe一个步长升至100%Pe，每一步负荷到达目标值后稳定2min，记录机组参数；将AGC指令以10%Pe一个步长降至20%Pe，每一步负荷到达目标值后稳定2min，记录机组参数。三角波负荷指令变动试验：选择机组稳定运行工况，进行幅度为5%Pe的连续三角波指令变动，指令曲线应设计为2.5个以上的无间断连续三角波形式。

7.2.4数据记录

压缩空气储能电站AGC试验记录参数应包括：负荷平均变化速率、负荷响应时间、负荷启动延时时间、负荷动态过调量、主气压力偏差、主气温度等。

7.2.5 复核试验

压缩空气储能AGC复核试验应满足本文件规定。

1. 试验方案及报告编制

8.1试验前，试验单位应编写试验方案。试验方案应包括下列内容。

1. 试验目的和要求。
2. 试验机组的设计和运行概况。
3. 试验内容和试验工况。
4. 试验项目和使用的仪器。
5. 试验数据的处理方法。
6. 试验结果的评价方法。
7. 试验人员的组成和分工。
8. 安全注意事项和采取的安全措施。
9. 需要委托单位（业主）配合的事项。

8.2 在试验结束后，应由试验单位编写试验报告，试验报告应包括下列内容。

1. 试验目的及范围。
2. 试验机组的设计和运行概况。
3. 测点及仪器仪表一览。
4. 试验条件及方法。
5. 试验数据分析，采用表格或曲线表示。
6. 试验结果与要求的技术指标进行比较，并作出评价。
7. 结论及建议。
8. 附录。包括试验原始数据或趋势图。

9 标准实施及评价

9.1　结合实际，认真做好标准实施准备，包括标准实施的方案准备、组织准备、知识准备、手段准备和物质条件准备等。

9.2　制定标准实施方案，明确适用对象和场景、提供实施必备条件和保障（组织、制度、资金、人员和设备仪器等）、推荐方法路径，确定资源要素配置、关键环节和控制点，提出标准实施中的注意事项。

9.3　针对标准相关方（建设单位、调试单位和厂家）和具体对象/岗位人员进行标准宣贯和培训，结合标准要求，落实责任制，做到横向到边，纵向到底。

9.4　标准实施主要在工程建设、技术改造、服务管理等活动中开展。其中，工程建设、技术改造活动标准实施的重点是落实国家的环境保护、健康、卫生、安全的要求；落实国际单位制的要求；落实供电和供能技术体制等要求。产品研制活动标准实施的重点是落实产品开发、功能性能、质量、安全、技术体制、接口、节能环保、资源节约、维护和维修等要求。

9.5　标准实施的检查主要是检查标准实施方案的落实情况，需要逐条检查标准实施内容的落实，并记录未实施内容的理由或原因。标准实施检查也要检查标准实施的支持手段和物质条件的落实情况。做好标准实施验证记录，畅通标准实施信息采集的方式方法和反馈渠道，定期整理并处理收集到的意见建议。

9.6　在标准实施一定时间后，对照标准实施方案，开展标准实施效果评价分析，总结实施经验成效，梳理存在的薄弱环节。对标准实施评价的基本依据是《中华人民共和国标准化法》等。标准实施的评价主要是评价标准实施的效果，主要从技术进步、质量水平提高、客户满意度、规范秩序、效率提高、节约费用、节省时间、履行社会责任等方面进行有益性评价，同时还要评价标准实施带来的问题，以便为未来改进提供参考。

9.7　适时向专业标准化技术委员会和标准归口管理单位反馈情况，提出标准推广、修改、补充、完善或者废止等意见建议。

9.8　标准实施信息及意见反馈表相关示例见附录C。

附录A  
（规范性附录）  
一次调频性能试验及验收表

表A.1一次调频试验分析计算表（以60%Pe为例）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 负荷工况 | 60%Pe | 60%Pe | 60%Pe | 60%Pe |
| 扰动量/Hz | -0.067 | 0.067 | -0.1 | 0.1 |
| 试验前负荷/MW |  |  |  |  |
| 12s负荷变化量/MW |  |  |  |  |
| 12s负荷变化幅度/% |  |  |  |  |
| 试验稳定负荷/MW |  |  |  |  |
| 稳定后负荷变化量/MW |  |  |  |  |
| 实际转速不等率 |  |  |  |  |
| 响应时间/s |  |  |  |  |
| 稳定时间/s |  |  |  |  |

表A.2 一次调频性能验收表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 标准要求 | 试验均值 | 结论 | 备注 |
| 转速不等率 | 3%~6% |  | 合格/不合格 |  |
| 响应时间 | ≤1.5s |  | 合格/不合格 |  |
| 12s响应幅值 | ≥90%Pe |  | 合格/不合格 |  |
| 稳定时间 | ≤30s |  | 合格/不合格 |  |
| 死区 | ±0.033Hz |  | 合格/不合格 |  |

附录B  
（规范性附录）

**AGC性能测试考核指标**

表B.1 压缩空气储能电站AGC性能验收表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 标准要求 | 试验数据（均值） | 结论 | 备注 |
| 负荷变化速率  %Pe/min | ≥10 |  | 合格/不合格 |  |
| 负荷响应时间s | ≤15 |  | 合格/不合格 |  |
| 负荷动态偏差%Pe | ±2 |  | 合格/不合格 |  |
| 负荷稳态偏差%Pe | ±1 |  | 合格/不合格 |  |

附录C  
（资料性）  
湖北省地方标准实施信息及意见反馈表

湖北省地方标准实施信息及意见反馈表如表C.1所示。

表C.1湖北省地方标准实施信息及意见反馈表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准名称及编号 | |  | | | |
| 总体评价 | 适用性 | | 该标准与当前所在地的产业或社会发展水平是否  相匹配？ | | □是 □否 |
| 协调性 | | 该标准的特色要求与其他强制性标准的主要技术指标、相关法律法规、部门规章或产业政策是否协调？ | | □是 □否 |
| 执行  情况 | | 标准执行单位或人员是否按照标准要求组织开展  相关工作？ | | □是 □否 |
| 实施信息 | 标准实施过程中是否存在阻力和障碍？ | | | | □是 □否 |
| 实施过程中存在的主要问题 | | |  | |
| 修改意见 | 总体  意见 | | □适用 □修改 □废止 | | |
| 具体修  改意见 | | 需修改章节：  具体修改意见： | | |
| 反馈渠道 | □标准化行政主管部门  □省直行业主管部门  □专业标准化技术委员会（工作组）  □标准起草组（牵头起草单位） | | | | |
| 反馈人 | 姓名：单位：联系方式： | | | | |

填表说明：为及时掌握标准实施情况，了解地方标准实施过程中存在的问题，并为标准复审提供科学依据，特制定《湖北省地方标准实施信息及意见反馈表》。可根据实际情况在表格中对应方框打勾，有需要文字说明的反馈意见可在相应位置进行文字描述，也可另附页。