



团 体 标 准

T/CES XXX—2023

电化学储能电站测试技术规范

Technical specification for testing and acceptance of electrochemical energy  
storage power station

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

## 目 录

目 录	I
前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩写	2
4.1 符号	2
4.2 缩写	3
5 储能系统应用场景分类	3
5.1 分类	3
5.2 A类应用场景	3
5.3 B类应用场景-削峰填谷	4
5.4 C类应用场景-备用电源	4
6 测试条件、范围、规定	4
6.1 测试条件	4
6.2 测试范围及比例	4
6.3 测试规定	5
7 基本参数测试	5
7.1 实际储能能量测试	5
7.2 输入和输出额定功率测试	6
7.3 能量循环效率测试	7
7.4 系统响应测试, 阶跃响应时间和爬坡速率	7
7.5 辅助能量损耗测试	10
7.6 储能系统自放电测试	10
7.7 额定电压和频率范围测试	10
8 性能参数测试	11
8.1 一般规定	11
8.2 A类应用场景性能测试	11
8.3 B类应用场景性能测试	11
8.4 C类应用场景性能测试	11
9 系统运行测试	12
9.1 施工质量检查	12
9.2 接地测试	12
9.3 绝缘测试	12
9.4 保护和开关装置测试	12
9.5 设备及基本功能测试	12
9.6 电网适应性测试	13
9.7 有效能量测试	13
附录 储能电站现场性能测试记录表	14

## 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》的规定起草。

本文件由中国电工技术学会储能技术专业分会提出。

本文件由中国电工技术学会归口。

本文件由中国电工技术学会团体标准技术办公室提出并解释。

本文件起草单位：西安热工研究院有限公司、华能山东发电有限公司、阳光电源股份有限公司、南京国轩电池有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、国网综合能源服务集团有限公司，北京英博电气股份有限公司

本文件主要起草人：赵磊、杨博、牛凯、程文姬、张瑞刚、郗航、刘增博、李太江、曹剑峰、吴琼、张光青、董国伟、黄先锋、阚学峰、周喜超、李东坪。

# 电化学储能电站测试技术规范

## 1 范围

本标准规定了电化学储能电站性能测试项目、测试方法和测试要求。  
本标准适用于以各电压等级与电网相连的电化学储能电站相关设备的性能测试。  
本标准适用于大于 1MWh 的电化学储能电站性能测试。

## 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 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验

GB 17945 消防应急照明和疏散指示系统规范

GB/T 34131 电化学储能电站用锂离子电池管理系统技术规范

GB/T 36276 电力储能用锂离子电池

GB/T 36283 智能变电站二次舱通用技术条件

GB 14048.1-5 低压开关设备和控制设备

GB/T 36547 电化学储能系统接入电网技术规定

GB/T 36558 电力系统电化学储能系统通用技术条件

GB/T 36549 电化学储能电站运行指标及评价

GB/T 36548 电化学储能系统接入电网测试规范

GB 51048 电化学储能电站设计规范

GB/T 2829 周期检查计数抽样程序及抽样表(适用于生产过程稳定性的检查)

NB/T 42090 电化学储能电站监控系统技术规范

NB/T 40090 储能电站的运行维护规程

NB/T 42091 电化学储能电站用锂离子电池技术规范

NB/T 42089 电化学储能电站功率变换系统技术规范

DL/T 1815 电化学储能电站设备可靠性评价规程

DL/T 2246.3 电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第3部分:并网运行验收

DL/T 2528 电力储能基本术语

IEC 62933-1 Electrical Energy Storage(EES) systems-Part 1:Vocabulary

IEC 62933-2-1 Electrical Energy Storage(EES) systems-Part 2-1:Unit parameters and testing methods-General specification

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 储能系统 energy storage system (ESS)

指以电化学电池为储能载体，通过变流器进行可循环电能存储与释放的设备系统。

### 3.2 辅助负载 auxiliary loads (AL)

支撑储能系统正常运行所必须的辅助设施的负载。

### 3.3 储能能量 energy storage capacity (ESC)

储能系统存储的电能量，为储能系统在额定功率下能释放的能量。

### 3.4 荷电状态 state of charge (SOC)

电池实际或剩余可放出的能量与额定可放出最大能量的比值。

### 3.5 循环电效率 roundtrip energy efficiency (RTE)

标准测试条件下，储能系统在一个充放电周期内有效的输出能量与输入能量的比值。

### 3.6 工作周期 duty cycle (DC)

与储能系统应用场景相关的充放电循环工作时间段。

### 3.7 储能系统单元 Energy storage system unit (ESSU)

储能系统的一部分，其本身也是储能系统。

### 3.8 公共连接点 point of connection (POC)

储能系统与电力系统的连接点。

### 3.9 热备用状态 hot standby state (HSS)

指设备已具备运行条件，经一次合闸操作即可转为运行状态的状态。

### 3.10 黑启动 black Start (BS)

指整个系统因故障停运后，系统全部停电（不排除孤立小电网仍维持运行），处于全“黑”状态，不依赖别的网络帮助，通过系统中具有自启动能力的发电机组启动，带动无自启动能力的发电机组，逐渐扩大系统恢复范围，最终实现整个系统的恢复。。

## 4 符号和缩写

### 4.1 符号

下列符号适用于本标准。

$E_C$  充电能量

$E_D$  放电能量

$E_C$  多次充电能量平均值  $E_D$  多次放电能量平均值

$E_{AUX,C}$  充电期间外部供电能量

$E_{AUX,D}$  放电期间外部供电能量

$\eta$  循环效率

$U$  电压

$I$  电流

$P$  功率

## 4.2 缩写

ESS: 储能系统

POC: 储能系统与电力系统的连接点

SOC: 荷电状态

SRT: 阶跃响应时间

## 5 储能系统应用场景分类

### 5.1 分类

根据储能系统的目的以及建设位置，可将储能系统分为三类，以及五种典型应用场景，如表1所示。

表1 储能系统应用场景分类

分类	A类（短时）	B类（长时）	C类（备用电源）
典型应用场景	a.调频 b.抑制波动 c.调压	削峰填谷	备用电

(a) A类：短时应用场景，要求储能系统在整个工作周期内根据需要短时间输入或输出量能（例如储能系统充放电时间小于1小时）。

(b) B类：长时应用场景，要求储能系统在整个工作周期内根据需要长时间输入或输出能量（例如储能系统充放电时间大于1小时）。

(c) C类：用于在紧急情况下为电网提供交流电，代替其他额外电源。

注：一些储能系统可用于多种应用场景。

### 5.2 A类应用场景

#### 5.2.1 调频

储能系统通过调节有功功率来稳定电网频率。

#### 5.2.2 抑制波动

储能系统通过能量存储和缓冲使得系统即使在负荷迅速波动的情况下仍然能够运行在一个稳定的输出水平。

#### 5.2.3 调压

储能系统通过调节有功和无功功率来稳定电网电压。

### 5.3 B类应用场景-削峰填谷

储能系统具备在电力需求高峰期提供电能和在电力需求低谷期存储电能的功能。储能系统能使输电线路获得更高的运行效率。

### 5.4 C类应用场景-备用电源

在电网检修，以及根据性能需要增加其他系统时，储能系统能提供交流电能，保证供电的可靠性。

## 6 测试条件、范围、规定

### 6.1 测试条件

储能系统的测试应在表2所示的标准测试条件下进行，非表2测试条件下的测试结果应转换到标准测试条件下。

表2 标准测试条件

项目	条件
环境温度	25℃
海拔	≤1000m
湿度	≤95%RH无冷凝

### 6.2 测试范围及比例

储能系统各项测试内容及抽检比例如表3所示。

表3 储能测试范围及比例

序号	性能测试	抽检比例	备注
1	储能系统能量测试	GB/T2828.1 I级标准	覆盖所有类型
2	输入输出额定功率测试	GB/T2828.1 I级标准	覆盖所有类型
3	能量循环效率测试	全站	循环次数至少2次
4	储能电站运行指标评价	全站	覆盖全部类型,参照 GB/T 36549
5	系统响应测试,阶跃响应时间和爬坡速率测试	GB/T2828.1 I级标准	覆盖所有的类型
6	储能系统充放电转换时间测试	抽查储能单元的5%	覆盖所有的类型

序号	性能测试	抽检比例	备注
7	辅助能量损耗测试	全站	循环次数至少 2 次
8	储能系统自放电测试	全站	1 小时、1 天或 1 周
9	额定电压和频率范围测试	全站	覆盖全场站
10	A 类应用场景性能测试	全站	覆盖全场站
11	B 类应用场景性能测试	全站	覆盖全场站
12	C 类应用场景性能测试	全站	覆盖全场站
13	施工质量检查	抽查储能单元的 5%	覆盖全场站
14	接地测试	抽查储能单元的 5%	覆盖全场站
15	绝缘测试	抽查储能单元的 5%	覆盖所有电气设备
16	保护和开关装置测试	抽查储能单元的 5%	覆盖所有的类型
17	设备及基本功能测试	抽查储能单元的 5%	覆盖所有的类型
18	电网适应性测试	全站	覆盖所有的类型
19	有效能量测试	全站	覆盖所有的类型

### 6.3 测试规定

6.3.1 储能系统的性能测试项目包括基本参数测试、性能参数测试和系统运行测试。

6.3.2 在基本参数测试中，规定了储能系统基本特征和性能指标的测试内容和测试方法，对每个储能系统，基本参数测试都是必须进行的。

6.3.3 在性能参数测试中，规定了各种应用场景下的储能系统的性能测试项目和方法。

6.3.4 在系统运行测试中，规定了储能系统常规运行测试项目和测试方法，除了单位参数测试和性能测试，系统运行测试主要是为了评价系统的符合性。

6.3.5 整个储能系统的特征参数和性能参数的测试和评价都应该在 POC 点进行。

6.3.6 针对大型且复杂的储能系统，如果对整个系统的测试从物理层面上来看就不可能，那么需要通过每个储能系统单元进行测试，以单元的测试结果来判定整个系统的性能，在这种情况下，每个储能系统单元的测试条件和方法需遵循基本参数测试条件和方法。

6.3.7 针对与电网连接的储能系统，如果因为电网稳定问题或电力供应相关的限制而无法进行测试，可使用电网模拟器、专业测试设备或背靠背的测试方法来代替；该电网模拟器必须经过验证可复现电网特征。

6.3.8 测试时间一般为储能电站并网一个月内进行测试。

## 7 基本参数测试

### 7.1 实际储能能量测试

### 7.1.1 测试条件

储能系统的实际储能能量测试应该在标准测试条件下进行，测试功率应为额定功率，如果需要，也可在不同于额定功率的其它功率下进行。储能能量应以额定输出功率与输出时间的乘积来计算。储能能量测试应在 POC 点采集数据，在 POC 点放置校准过的功率测试仪，并且在辅电供电点也放置功率测试仪（如果辅电从变电站取电）。测试应按以下步骤进行，实际的储能能量应该用以下公式进行计算，并将测试结果与标称储能能量进行对比。

### 7.1.2 测试步骤

(a) 按照技术规定和运行说明，将储能系统放电至放电终止条件，记录放电功率、SOC 值，静置 30min；

(b) 按照技术规定和运行说明，将储能系统充电至充电截止条件，记录充电时间、SOC 值、充电功率和充电能量，充电能量记为  $E_{Ci}$ ，静置 30min；

(c) 按照技术规定和运行说明，将储能系统放电至放电终止条件，记录放电时间、SOC 值，放电功率和放电能量，放电能量记为  $E_{Di}$ ，静置 30min；

(d) 重复步骤 (b) ~ (c) 2 次，充电能量和放电能量分别为三次循环的平均值，按公式 (1) 和公式 (2) 计算；

$$E_C = \sum_{i=1}^3 E_{Ci} / 3 \quad (1)$$

$$E_D = \sum_{i=1}^3 E_{Di} / 3 \quad (2)$$

(e) 如果辅电是来自其他外部供电设备，那么应记录每次充放电时由外部供电的能量，分别记为  $E_{AUX\_Ci}$ ， $E_{AUX\_Di}$ ，实际充放电能量按公式 (3) 和公式 (4) 计算。

$$E_C = \sum_{i=1}^3 (E_{Ci} + E_{AUX\_Ci}) / 3 \quad (3)$$

$$E_D = \sum_{i=1}^3 (E_{Di} - E_{AUX\_Di}) / 3 \quad (4)$$

## 7.2 输入和输出额定功率测试

### 7.2.1 测试条件

储能系统额定输入功率和输出功率的测试目的是确定在规定的时间内，储能系统在 POC 点能输入和输出的功率。测试应按照 7.1.2 测试实际储能能量的程序进行，并且根据需要，在指定的 SOC 状态下进行。所有输入输出功率的测试公差应在  $\pm 2\%$  额定功率内。

### 7.2.2 有功功率测试

#### 1) 输入有功功率测试

根据下列程序确定在指定的时间内储能系统在 POC 点的输入功率。

(a) 在 7.1.2 的测试步骤 b) 中，额定功率就是储能系统的输入功率；

(b) 记录输入功率和充电时间；

(c) 测得的输入有功功率和充电时间应该与指定的基本参数进行对比。

#### 2) 输出有功功率测试

根据下列程序确定在指定的时间内储能系统在 POC 点的输出功率。

(a) 在 7.1.2 测试步骤 c) 中，额定功率就是储能系统的输出功率；

(b) 记录输出功率和放电时间；

(c) 输出功率和放电时间测试值应与指定的基本参数进行对比。

如果情况 a) 和情况 b) 之间的间隔时间有必要测量，那么做好测试记录。

### 7.2.3 无功功率测试

如果系统有额定无功功率值，那么按以下步骤进行测量：

- (a) 将系统有功功率设置为 0；
- (b) 设定无功功率为正额定无功功率，并持续 1min，测量 POC 点的无功功率；
- (c) 设置无功功率为负额定无功功率，并持续 1min，测量 POC 点的无功功率。

### 7.2.4 视在功率测试

如果系统的无功有额定值，那么视在功率按以下方法进行测试：

视在功率可以由 POC 点测量得到的有功和无功确定。额定有功和额定无功功率的测试工况可以当做视在功率测试的典型工况。

## 7.3 能量循环效率测试

### 7.3.1 测试条件

能量循环效率测试旨在确定在标准测试条件下，相对于充入储能系统的能量，储能系统能释放出的能量。

### 7.3.2 测试步骤

储能系统能量循环效率测试应按 7.1.2 规定的 a) ~c) 测试程序进行，测试应在额定输出有功功率和额定输入有功功率下进行。

能量循环效率应根据公式 (5) 进行计算。

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^3 E_{Di}}{\sum_{i=1}^3 E_{Ci}} \times 100\% \quad (5)$$

如果辅电是来自其他外部供电设备，能量循环效率应根据公式 (6) 进行计算。

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^3 (E_{Di} - E_{AUX,Di})}{\sum_{i=1}^3 (E_{Ci} + E_{AUX,Ci})} \times 100\% \quad (6)$$

## 7.4 系统响应测试，阶跃响应时间和爬坡速率

### 7.4.1 测试条件

系统阶跃响应时间是指充电或放电过程中热备用状态下的储能系统从接收到设置指令 ( $T_0$ ) 至功率爬升到额定功率  $\pm 2\%$  所用的时间 ( $T_3$ )；爬坡率是指从额定功率 2% 至 98% 期间，单位时间的功率变化量，如图 1 所示。

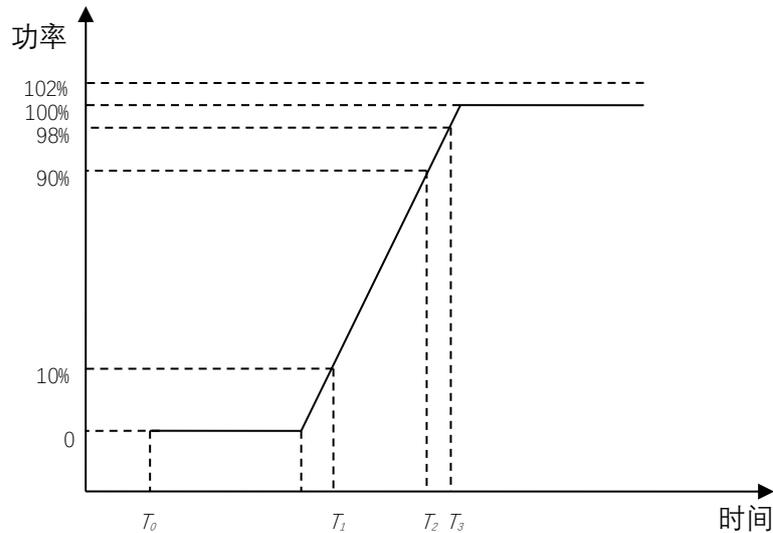


图 1 储能系统阶跃响应时间和爬坡率

#### 7.4.2 测试步骤

根据图 2a 所示，按以下步骤进行测试：

- (a) 将储能系统充电或放电至 50%SOC 状态；
- (b) 将输入功率设置点设置为 0，使输出功率维持在额定输入功率的 $(0\pm 2)\%$ 以内；
- (c) 将输入功率设置点设置为额定功率，使 POC 点的功率到达额定输入功率 $\pm 2\%$ 以内，阶跃响应时间和爬坡率分别记为  $SRT_1$  和  $PR_1$ ，如图 2b 所示；
- (d) 将输入功率设置点设置为 0，使 POC 点的有功功率到达额定输入功率的  $(0\pm 2)\%$ ，系统响应时间和爬升速率分别记为  $STR_2$  和  $PR_2$ ，如图 2c 所示；
- (e) 将储能系统充电或放电到 50%SOC 状态；
- (f) 将输出功率设置点设置为额定功率，使 POC 点的有功功率到达额定输出功率 $\pm 2\%$ 范围内，系统响应时间和爬坡率分别记为  $SRT_3$  和  $PR_3$ ，如图 2d 所示；
- (g) 将输出功率设置点设置为 0，使 POC 点的有功功率到达额定输入功率的  $(0\pm 2)\%$  以内，响应时间和爬坡率分别记为  $SRT_4$  和  $PR_4$ ，如图 2e 所示。

#### 7.4.3 测试要点

(a) 以上测试至少重复 2 次。数据采集速率至少应为以系统爬坡率爬到额定功率的速率的 2 倍。在图 2a 所示的系统响应测试中，应记录 4 个响应时间 ( $SRT_1$ ,  $SRT_2$ ,  $SRT_3$ ,  $SRT_4$ ) 和 4 个爬坡率 ( $PR_1$ ,  $PR_2$ ,  $PR_3$ ,  $PR_4$ )。在电网稳定运行应用场景下， $T_{0b}$ ,  $T_{0c}$ ,  $T_{0d}$  和  $T_{0e}$ ，需要考虑指令从系统中下发到电网响应所需的时间。

(b) 如图 2b 所示，储能系统的爬坡率  $PR_1$  是  $T_{2b}$  与  $T_{1b}$  之间有功功率的变化与这段时间的比值。响应时间  $SRT_1$  是  $T_{3b}$  与  $T_{0b}$  之间的时间。 $T_{0b}$  是系统接收到设置指令是的时间， $T_{1b}$  是 POC 点的有功功率到达 10% 额定输入功率以上的时间。 $T_{2b}$  是 POC 点的有功功率达到 90% 额定功率以上的时间， $T_{3b}$  是 POC 点的有功功率到达目标额定输入功率 $\pm 2\%$ 范围内的时间。

(c) 如图 2c 所示，储能系统爬坡率  $PR_2$  是  $T_{2c}$  与  $T_{1c}$  之间的有功功率变化与这段时间间隔的比值。响应时间  $SRT_2$  是  $T_{3c}$  和  $T_{0c}$  之间的时间间隔。 $T_{0c}$  是储能系统接收到设置指令的时间， $T_{1c}$  是 POC 点的有功功率到达的额定输入功率 90% 以下的时间。 $T_{2c}$  是 POC 点的有功功率达到额定输入功率 10% 以下的时间， $T_{3c}$  是 POC 点的有功功率稳定在 $\pm 2\%$ 目标输入功率范围内的时间。

(d) 如 2d 所示，储能系统的爬坡率  $PR_3$  是  $T_{2d}$  与  $T_{1d}$  之间额定功率的变化与这段时间的比值。响应

时间  $SRT_3$  是  $T_{3d}$  与  $T_{0d}$  之间的时间间隔。 $T_{0d}$  是储能系统接收到功率设定指令的时间,  $T_{1d}$  是 POC 点的有功功率达到高于 10% 额定功率以上时的时间。 $T_{2d}$  是 POC 点的有功功率到达 90% 的额定输出功率以上的的时间,  $T_{3d}$  是 POC 点的有功功率开始稳定到目标额定输出功率 2% 范围内的时间。

(c) 如图 2e 所示, 储能系统的爬坡率  $RR_4$  是  $T_{2e}$  与  $T_{1e}$  之间的有功功率变化与这段时间的比值。响应时间  $SRT_4$  是  $T_{3e}$  和  $T_{0e}$  之间的时间间隔。 $T_{0e}$  是储能系统接收到功率设定指令时的时间,  $T_{1e}$  是 POC 点的有功功率达到 90% 的输出功率以下的时间。 $T_{2e}$  是 POC 点的有功功率到达 10% 额定输出功率以下的时间,  $T_{3e}$  是 POC 点的有功功率开始稳定到目标额定输出功率  $\pm 2\%$  范围内的时间。

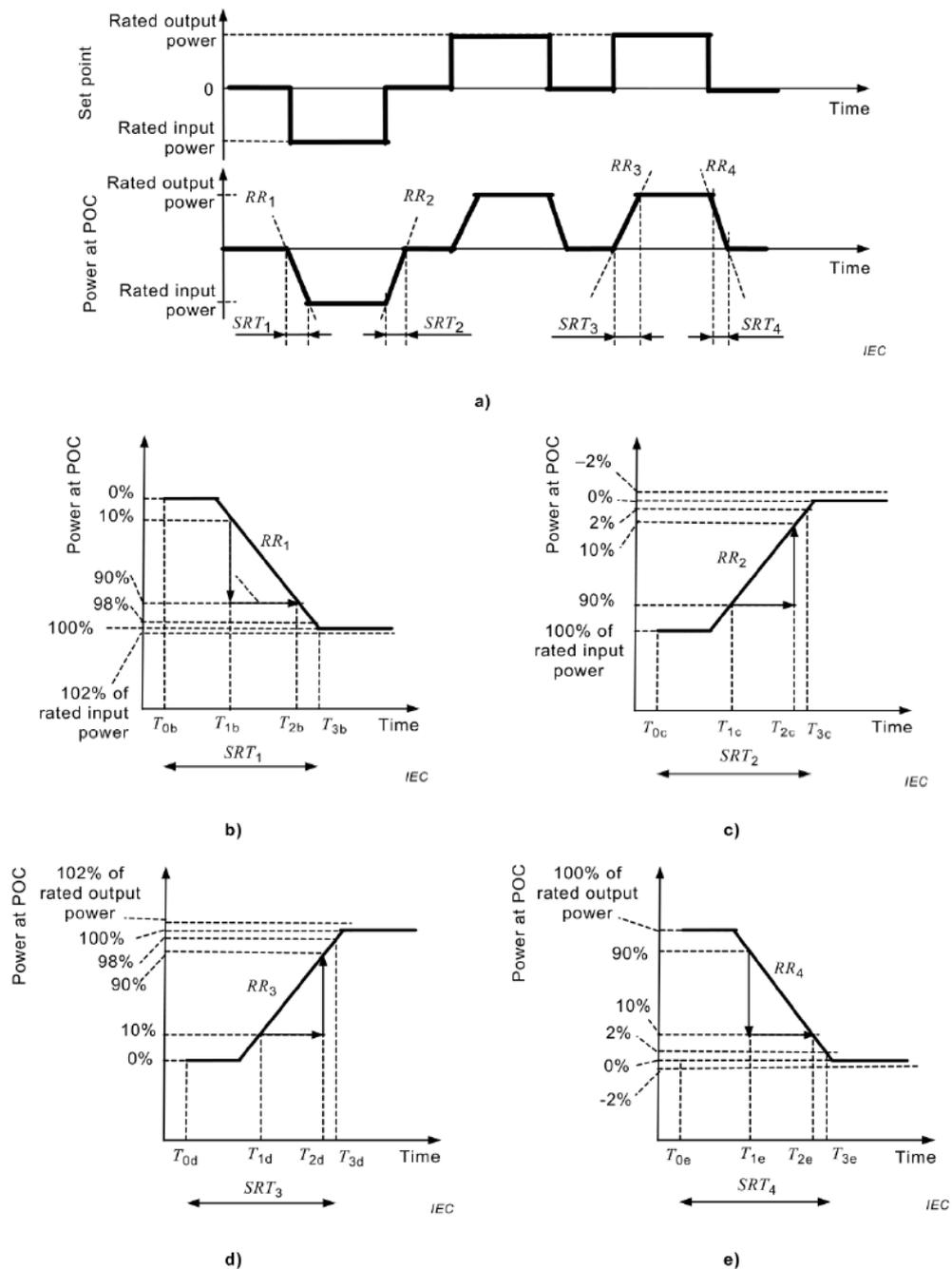


图 2 储能系统响应测试

## 7.5 辅助能量损耗测试

在以下运行条件下测量和评估辅助能量损耗，测试在标准条件下进行。

- (a) 热备用状态（保持变流系统有功和无功为 0）；
- (b) 额定有功功率输出；
- (c) 额定有功功率输入；
- (d) 额定注入无功功率（如果系统无功有额定值）；
- (e) 额定吸收无功功率（如果系统无功有额定值）。

如果辅助电源由系统自供电，则在自供电端口测量辅助能量损耗。如果系统由外部供电，则辅助能量损耗测量还应包含外部供电端口输入的电量。

在测试前，将储能系统充电或放电至 50%SOC，或供应商与使用者商定的值。输入、输出功率的误差应控制在额定功率的 $\pm 2\%$ 。

## 7.6 储能系统自放电测试

### 7.6.1 测试条件

储能系统自放电是指处于停机状态下的储能系统在标准测试时间内的能量损失，标准测试时间一般选 1 小时、1 天或 1 周中的一个，辅助能量损耗应排除在自放电外。

### 7.6.2 测试步骤

- (a) 将储能系统充电或放电至 100%SOC，或至与供应商约定的 SOC 值；
- (b) 在测试期间，功率变换系统应该关机并保持停机状态。自放电测试时间从 1 小时，1 天或 1 周中选择一个，将测试时间记录到测试报告中；
- (c) 自放电测试完成后，将储能系统充电到初始容量，在 POC 点测量输入的能量。POC 点的输入能量减去在此期间辅助系统自耗电能量就是自放电能量；
- (d) 如果储能系统自带了容量监测手段，可考虑使用该测试值代替 c) 中的测量结果；
- (e) 储能系统的自放电率由 c) 或 d) 中测量得到的自放电能量除以测量时间得到。

## 7.7 额定电压和频率范围测试

额定电压和频率范围应按下列程序进行测试。输入输出功率的测试误差应在额定功率的 2%以内。测试按下列工况进行。测试期间，记录 POC 点的频率、电压和有功功率。

1、工况 1:  $U=U_{min}$ ,  $f=f_{min}$ , 恒功率输出

- (a) 储能系统充电或放电到 50%SOC，或供应商与使用者约定的特定容量；
- (b) POC 点的电压设置为  $U_{min}$ ，频率设定为  $f_{min}$ 。
- (c) 确保储能系统能在 POC 点以额定功率输出 5min 或客户与供应商约定的时间。

2、工况 2:  $U=U_{max}$ ,  $f=f_{max}$ , 恒功率输出

- (a) 储能系统充电或放电到 50%SOC，或供应商与使用者约定的特定容量；
- (b) POC 点的电压设置为  $U_{max}$ ，频率设定为  $f_{max}$ 。
- (c) 确保储能系统能在 POC 点以额定功率输出 5min 或客户与供应商约定的时间。

3、工况 3:  $U=U_{min}$ ,  $f=f_{min}$ , 恒功率输入

- (a) 储能系统充电或放电到 50%SOC，或供应商与使用者约定的特定容量；
- (b) POC 点的电压设置为  $U_{min}$ ，频率设定为  $f_{min}$ 。
- (c) 确保储能系统能在 POC 点以额定功率输入 5min 或客户与供应商约定的时间。

4、工况 4:  $U=U_{max}$ ,  $f=f_{max}$ , 恒功率输入

- (a) 储能系统充电或放电到 50%SOC，或供应商与使用者约定的特定容量；

(b) POC 点的电压设置为  $U_{max}$ , 频率设定为  $f_{max}$ 。

(c) 确保储能系统能在 POC 点以额定功率输入 5min 或客户与供应商约定的时间。

注：如果与电网连接的储能系统由于电网稳定性或功率限制，导致实际测试无法进行，则可采取以下方法中的一种进行代替：

(a) 用电网模拟器测试；

(b) 测试并评估储能系统的一个单元；

(c) 通过单个部件或储能系统的一个单元的测试结果进行评估。

## 8 性能参数测试

### 8.1 一般规定

性能测试方法基于应用场景进行定义。每种类别需要测试的项目见表 3 所示，如果储能系统具备多种应用场景功能，那么每一种应用场景相关的测试均应进行。

表 3 性能测试项目

性能测试	ClassA	ClassB	ClassC	Note
工作周期循环效率	适用	适用	/	/
波动抑制	适用	/	/	/
黑启动输出电压	/	/	适用	/

### 8.2 A 类应用场景性能测试

#### 8.2.1 工作周期循环效率测试

A 类应用场景的工作周期定义为小于 1h/cycle。使用者应指明在循环效率测试过程中适用的工作周期，并且测试应遵循使用者与供应商的约定。储能系统工作周期循环效率测试按以下程序进行。

(a) 根据适用的工作周期将储能系统设置为预期的初始容量；

(b) 根据适用的工作周期曲线对储能系统进行充放电循环测试；

(c) 循环周期测试结束后，将储能系统充电或放电到初始容量。

#### 8.2.2 波动抑制测试

针对 A 类应用场景，储能系统应具备抑制由于可再生能源（如光伏、风电）引起的波动的功能。储能系统可以通过充电和放电操作来降低波动对电网的干扰。波动抑制测试可使用波动发生系统或波动系统产生的模拟信号进行测试。波动功率的剖面应符合使用者和供应商的约定。

### 8.3 B 类应用场景性能测试

#### 8.3.1 一般规定

B 类应用场景的性能测试主要是工作周期循环效率测试，工作周期定义为大于 1h/cycle。典型的工作周期将持续 24h。使用者应指明循环效率测试时适用的工作周期，并且测试应遵循使用者和供应商的约定。储能系统工作周期循环效率测试按以下程序进行。

(a) 根据适用的工作周期将储能系统设置为预期的初始容量；

(b) 根据适用的工作周期曲线对储能系统进行充放电循环测试；

(c) 循环周期结束后，将储能系统充电或放电到初始容量。

### 8.4 C 类应用场景性能测试

C 类应用场景（备用电源）用于在黑启动中提供电压，为电网断电期间提供能量支撑。黑启动输出

电压按以下程序对储能系统进行黑启动输出电压测试。

(a) 将功率变换系统连接到 POC 点, POC 外部连接规定的试验负载。POC 点不应有任何其他的供电电源。测试中不应有外部辅助电源输入到系统内;

(b) 将规定的黑启动信号输入到储能系统中;

(c) 记录 POC 点过度到稳定状态的整个电压波形, 以判定稳定状态时的电压偏差, 记录间隔为 20ms。

## 9 系统运行测试

### 9.1 施工质量检查

应对整个储能系统进行检查, 包括施工情况、电气设备、变电站和电气房的电气连接。检查应在储能系统通电前进行, 应包括以下检查项目:

(a) 生活保障设施, 供热和供冷, 生活空间;

(b) 围栏、墙、门锁系统和通道, 限制通道警示标示;

(c) 通风系统 (如果存在);

(d) 消防系统 (如果存在);

(e) 地震监测仪 (预防伤害, 如果存在);

(f) 闪电监测仪 (如果存在)

### 9.2 接地测试

储能系统的接地布置应按下列项目进行检查:

(a) 根据设计和适用标准安装的储能系统接地布置;

(b) 如果适用, 检查焊接连接和与主接地排接线端子的连接;

(c) 接地排与就地接地排之间的连接;

(d) 主要设备与地排之间的独立连接;

(e) 为了防止不同金属之间的腐蚀, 用适当的连接器连接接地电缆和结构体之间的连接。

对低压储能系统, 接地测试应按照 IEC 60364-6 进行。

对于超过 1 kV AC 或 1.5 kV DC 的储能系统, 接地测试应按照 IEC 61936-1 进行。

### 9.3 绝缘测试

对低压储能系统, 绝缘电阻测试和耐压测试应按照 IEC 60363-6 进行。

对于超过 1 kV AC 或 1.5 kV DC 的储能系统, 耐压测试应按照 IEC 61936-1 进行。

### 9.4 保护和开关装置测试

应确认保护装置和开关装置的特征及有效性。

检查保护装置和开关装置的安装与设计的符合性;

通过手动开合操作, 验证主要开关装置的连接位置指示器能否正确运行;

通过目测或测试检查继电器设置;

通过给继电器或传感器输入仿真模拟量, 或对储能系统、模块、每个保护系统的装置实施强制动作, 验证相关保护装置、开关装置、故障指示器和报警系统的正确性;

### 9.5 设备及基本功能测试

#### 9.5.1 开启和停止测试

通过手动或自动开机/关机指令，确定储能系统的输入、输出能正确启停。

#### 9.5.2 负载脱扣测试

当与电力系统连接的断路器在额定功率或用户与供应商约定的功率下通过输入、输出操作开启后，应确认储能系统能安全的转换到停机或待机状态。另外，储能系统和断路器的运行和指示情况，以及储能系统的输出端的电压上升值也应该进行确认。

如果无法对整个储能系统进行测试，那么可用与储能系统解列的储能单元代替测试。

#### 9.5.3 循环运行测试（输入和输出运行测试）

应确定储能系统在额定输入和输出功率运行期间，没有出现温度、噪声水平和震动上升的畸变。

如果无法对整个储能系统进行测试，那么可用与储能系统解列的储能单元代替测试。

#### 9.5.4 测量、控制和监控系统测试，通讯测试

检查测量设备的极性和设置正确性，测量设备应符合相关指标，测量精度应满足要求。

应验证测量、告警、故障指示、信息和控制，以及监控系统的运行正确性，且符合指标要求。

对比远端发送的信号与本地显示的值，确保传送端与接收端接受到的信息一致，且系统正确动作。应确认在信息传送失败、通讯失败或断电的情况下，系统能侦测到异常并作出适当的操作。

### 9.6 电网适应性测试

#### 9.6.1 电流谐波测试

电流谐波测试应在工厂进行，如果电网并网规范有要求或当地政策有要求，可在电站进行测试。

测试每种运行工况下的三相瞬时电流的时间序列，运行工况包括额定输入有功功率、0%额定功率和额定输出有功功率。测试需求依据 IEC 61000-4-7 执行。每种测试工况下的前 40 次谐波和总谐波畸变率都应该测量并记录。

测试期间在 POC 点电压谐波畸变率和总谐波畸变率应该进行测量并记录。

#### 9.6.2 短时电压跌落验证测试（可选）

根据现场测试条件，如果储能系统具备短时电压跌落支撑功能，那么按以下程序进行测试。

本项测试目的是为了验证储能系统能正确处理短时电压跌落，支撑电网连接，避免损坏，并且在规定的时间内提供有功和无功输出，规定的的数据根据短时电压跌落特征曲线（IV 曲线）确定。

采用以下其中一项测试或评估方法：

- (a) 根据 IEC 61200-21 进行测试；
- (b) 使用电网模拟器进行测试；
- (c) 通过储能单元进行测试和评估；
- (d) 通过单个设备或储能单元测试数据进行评估。

电网并网规则或当地低电压穿越特性的政策可作为短时电压跌落的特征。

### 9.7 有效能量测试

储能系统应有方法或装置来测量有效能量。有效能量定义为从当前状态下，以额定输出功率运行，在 POC 点能输出的最大能量。满放有效能量等于标称容量，储能系统能释放能量的最低限值定义为最低有效能量。有效能量的单位为 Wh。

有效能量测试应按以下测试程序进行，测试在标准测试条件下进行。

- (a) 将储能系统充电到 SOC 上限；
- (b) 将储能系统以额定功率放电至 SOC 下限，用经过校准的仪器测量放电能量；
- (c) 将储能系统充电至 25%SOC、50%SOC 或 75%SOC；
- (d) 在额定功率下进行放电至 SOC 下限，用经过校准的仪器测量放电能量；
- (e) 如果有效能量测试次数超过一次，那么需要重复 a) 到 d) 的测试。

## 附录 储能电站现场性能测试记录表

附表 1 储能电站测试记录表

项目	模式	试验次数	电压(V)	电流(A)	功率(kW)	时间(h)	能量(Wh)	容量(Ah)	静置(h)
储能能量测试	充电	1							
		2							
		...							
	放电	1							
		2							
		...							
	平均值								
输入输出功率									
循环效率效率			循环效率=放电平均能量/充电平均能量						
测试日期									
天气情况									
测试组成员									

附表 2 安规测试记录表

测试项目	测试位置	测试结果
检验电阻测试	电池簇汇流电缆	
	电池至储能变流器电流	
	配电柜输入输出端	
	储能变流器输出端	
接地电阻	储能电池集装箱（舱）接地	
	汇流柜接地	
	配电柜接地	
	电池支架接地	
	功率变换系统接地	
	储能变流器接地	
	变压器接地	
导通连续性测试	电池簇直流电缆导通性	
	汇流柜至储能变流器电缆导通性	
测试日期		
天气情况		
测试组成员		