



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 36548—2024

代替 GB/T 36548—2018

## 电化学储能电站接入电网测试规程

Test code for electrochemical energy storage station connected to power grid

2024-06-29 发布

2025-01-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会

发布



目 次

前 言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 总体要求 ..... 1

5 测试条件 ..... 2

6 测试仪器设备 ..... 2

7 功率控制 ..... 3

8 充放电时间 ..... 6

9 额定能量 ..... 7

10 额定能量效率 ..... 8

11 电能质量 ..... 9

12 一次调频 ..... 10

13 惯量响应 ..... 10

14 运行适应性 ..... 11

15 故障穿越 ..... 13

16 过载能力 ..... 18

17 自动发电控制（AGC） ..... 18

18 自动电压控制（AVC） ..... 19

19 紧急功率支撑 ..... 19

附录 A（规范性） 储能电站接入电网测试前收集的技术资料 ..... 20

附录 B（资料性） 储能电站和储能系统接入电网测试接线 ..... 21

附录 C（资料性） 测试报告格式 ..... 23

附录 D（规范性） 有功功率控制响应时间、调节时间和控制偏差参数计算方法 ..... 24



## 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。

本文件代替 GB/T 36548—2018《电化学储能系统接入电网测试规范》，与 GB/T 36548—2018 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了文件的适用范围，提出了“通过10（6）kV及以上电压等级接入电网的新建、改建和扩建的电化学储能电站”要求，删除了“额定功率100 kW及以上且储能时间不低于15 min的电化学储能系统”要求（见第1章，2018年版的第1章）；
- 更改了术语和定义（见第3章，2018年版的第3章）；
- 更改了总则（见第4章，2018年版的第4章）；
- 更改了测试条件的要求（见第5章，2018年版的第5章）；
- 更改了测试仪器设备的要求，增加了“频率信号发生装置”的技术要求（见第6章，2018年版的第6章）；
- 更改了有功功率控制的测试方法（见7.1，2018年版的7.2.1）；
- 更改了功率因数调节能力的测试方法（见7.3，2018年版的7.2.3）；
- 更改了充放电时间的测试方法（见第8章，2018年版的7.8、7.9、7.10）；
- 更改了额定能量的测试方法（见第9章，2018年版的7.11）；
- 更改了额定能量效率的测试方法（见第10章，2018年版的7.12）；
- 更改了电能质量的测试方法，增加了“电压间谐波、电压偏差、电压波动和闪变”测试方法（见第11章，2018年版的7.6）；
- 增加了“一次调频”测试方法（见第12章）；
- 增加了“惯量响应”测试方法（见第13章）；
- 更改了运行适应性的测试方法，增加了“频率变化率适应性”测试方法（见第14章，2018年版的7.1）；
- 更改了故障穿越的测试方法，增加了“连续低电压故障穿越”和“连续低-高电压故障穿越”测试方法（见第15章，2018年版的7.4和7.5）；
- 更改了过载能力的测试方法（见第16章，2018年版的7.3）；
- 删除了“涉网保护功能”测试（见2018年版的7.7）；
- 增加了“自动发电控制（AGC）”测试方法（见第17章）；
- 增加了“自动电压控制（AVC）”测试方法（见第18章）；
- 增加了“紧急功率支撑”测试方法（见第19章）；
- 增加了“储能电站接入电网测试前收集的技术资料”（见附录A）；
- 增加了“储能电站和储能系统接入电网测试接线”（见附录B）；
- 增加了“测试报告格式”（见附录C）；
- 增加了“有功功率控制响应时间、调节时间和控制偏差参数计算方法”（见附录D）。

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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国电力储能标准化技术委员会（SAC/TC 550）归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国网新疆电力有限公司电力科学研究院、国网福建省电力有限公司电力科学研究院、广东电网有限责任公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网甘肃省

## GB/T 36548—2024

电力公司电力科学研究院、南方电网电力科技股份有限公司、阳光电源股份有限公司、华为数字能源技术有限公司、浙江华云清洁能源有限公司、云南电力试验研究院（集团）有限公司。

本文件主要起草人：许守平、惠东、杨银国、胡娟、凌在汛、李明、李智诚、许君杰、闫雪生、吕振华、张雪松、熊亮雳、亚夏尔·吐尔洪、张伟骏、李佳曼、毛海波、李鹏、马喜平、黄晓阁、杜荣华、朱军卫、董开松、李子义、吕北、付珊珊、伍阳阳。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2018年首次发布为GB/T 36548—2018。

——本次为第一次修订。

# 电化学储能电站接入电网测试规程

## 1 范围

本文件描述了电化学储能电站（以下简称“储能电站”）接入电网的功率控制、充放电时间、额定能量、额定能量效率、电能质量、一次调频、惯量响应、运行适应性、故障穿越、过载能力、自动发电控制（AGC）、自动电压控制（AVC）和紧急功率支撑等测试方法，以及测试条件和测试仪器设备要求等内容。

本文件适用于通过 10（6）kV 及以上电压等级接入电网的新建、改建和扩建的电化学储能电站的调试、并网检测、运行和检修，通过其他电压等级接入电网的储能电站可参照执行。

## 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而构成本文件必不可少的条款。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 12325 电能质量 供电电压偏差  
GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变  
GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波  
GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡  
GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差  
GB/T 20840（所有部分） 互感器  
GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波  
GB/T 36547 电化学储能电站接入电网技术规定  
GB/T 42288 电化学储能电站安全规程  
GB/T 43526 用户侧电化学储能系统接入配电网技术规定  
DL/T 2528 电力储能基本术语

## 3 术语和定义

GB/T 36547、DL/T 2528 界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 总体要求

- 4.1 储能电站接入电网测试结果依据 GB/T 36547 和 GB/T 43526 的要求进行判定。
- 4.2 储能电站接入电网测试前应收集储能电站技术资料，编制测试方案，并在测试前 30 d 内报电网调度机构批准后实施。储能电站接入电网测试前收集的技术资料应符合附录 A 的规定。
- 4.3 储能电站接入电网测试前应编制应急方案，制定安全措施，测试工作安全应符合 GB/T 42288 的规定，并应配备临时消防设施和应急物资。
- 4.4 储能电站测试人员应具备必要的电气知识和业务技能，熟悉储能设备和电气设备的工作原理及结构、测试方案和安全工作规程，能正确使用工器具、仪器仪表和安全防护设备。

- 4.5 储能电站接入电网测试的仪器设备应经过检定或校准，并在有效期内。测试仪器设备外壳应可靠接地，电源宜采用不间断电源。
- 4.6 储能电站应在并网运行3个月内完成接入电网测试。
- 4.7 储能电站测试前应对储能电站规格参数、电气接线、工作参数、保护整定值等进行核查。
- 4.8 除另有规定外，储能电站测试前应进行预充电或预放电，能量状态宜为额定放电能量的30%~80%。
- 4.9 储能电站应根据所接入点电网情况和电网调度机构的要求选择储能电站或储能系统作为测试对象；以储能系统作为测试对象开展的试验项目，应结合储能电站模型仿真对试验结果进行评价。储能电站和储能系统接入电网测试接线见附录B。
- 4.10 储能电站接入电网测试点应选择在并网点。
- 4.11 储能电站接入电网测试过程中发生异常，应立即停止测试并记录异常信息，待处理完毕后应重新开展测试。
- 4.12 储能电站发生改（扩）建或设备改造、软件升级、涉网参数修改和控制逻辑变更等可能影响到储能电站的故障穿越、功率控制、额定能量、运行适应性、电能质量等接入电网性能时，应在更换或更新完成后3个月内重新对受影响项目进行测试。
- 4.13 储能电站接入电网测试过程中应记录测试数据和环境条件，测试完成后应出具测试报告。测试报告包括储能电站概况、测试信息、测试设备、测试项目和测试结论、测试数据等。测试报告格式见附录C。

## 5 测试条件

- 5.1 测试期间，储能电站的主要设备应处在正常工作条件。
- 5.2 储能电站所接入电网的谐波电压应满足GB/T 14549的要求，间谐波电压应满足GB/T 24337的要求，电网电压偏差应满足GB/T 12325的要求，电压波动和闪变值应满足GB/T 12326的要求，三相电压不平衡度应满足GB/T 15543的要求，电网频率偏差应满足GB/T 15945的要求。

## 6 测试仪器设备

### 6.1 测试仪器仪表

测试仪器仪表应满足以下要求：

- a) 电压互感器和电流互感器符合GB/T 20840（所有部分）的规定；
- b) 电压传感器和电流传感器的精度等级不低于0.2级；
- c) 数据采集装置的采样频率不小于10 kHz；
- d) 电能质量测试装置的采样频率不小于20 kHz；
- e) 频率测量精度不大于0.005 Hz；
- f) 温度计的测量误差不大于 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- g) 湿度计的测量误差不大于 $\pm 3\%$ 。

### 6.2 测试设备

#### 6.2.1 电网模拟装置

电网模拟装置应满足以下要求：

- a) 各相电压幅值和相位能独立调节及编程控制，频率值能调节及编程控制，电能能双向流动；
- b) 额定功率不小于被测储能系统的1.5倍额定功率；
- c) 能模拟三相对称电压跌落、相间电压跌落和单相电压跌落，跌落幅值包含0%~90%标称电压；



- d) 能模拟三相对称电压抬升, 抬升幅值包含110%~130%标称电压;
- e) 在电网中产生的电压谐波小于GB/T 14549中谐波允许值的50%;
- f) 向电网注入的电流谐波小于GB/T 14549中谐波允许值的50%;
- g) 输出电压基波偏差值小于标称电压的0.2%, 调节步长不大于标称电压的0.01%;
- h) 输出频率偏差值小于0.01 Hz, 调节步长不大于0.01 Hz;
- i) 响应时间小于20 ms;
- j) 三相电压不平衡度小于1%, 相位偏差小于0.5°;
- k) 具有在一个周波内进行±0.1%额定频率的调节能力;
- l) 具有在一个周波内进行±1%标称电压的调节能力。

### 6.2.2 频率信号发生装置

频率信号发生装置应满足以下要求:

- a) 具备控制器局域网总线(CAN)、RS485、网口等通信接口、通信功能及波特率选择配置功能;
- b) 支持对应通信协议, 下发控制信号, 采集并显示通信数据;
- c) 输出频率可编程控制调节, 频率调节范围包含40 Hz~65 Hz, 误差不大于0.002 Hz;
- d) 在进行快速变频调节时, 具有三相频率保持一致并同步变动的能力;
- e) 频率调节精度步长不大于0.001 Hz;
- f) 频率稳定度应不大于0.01%。

## 7 功率控制

### 7.1 有功功率控制

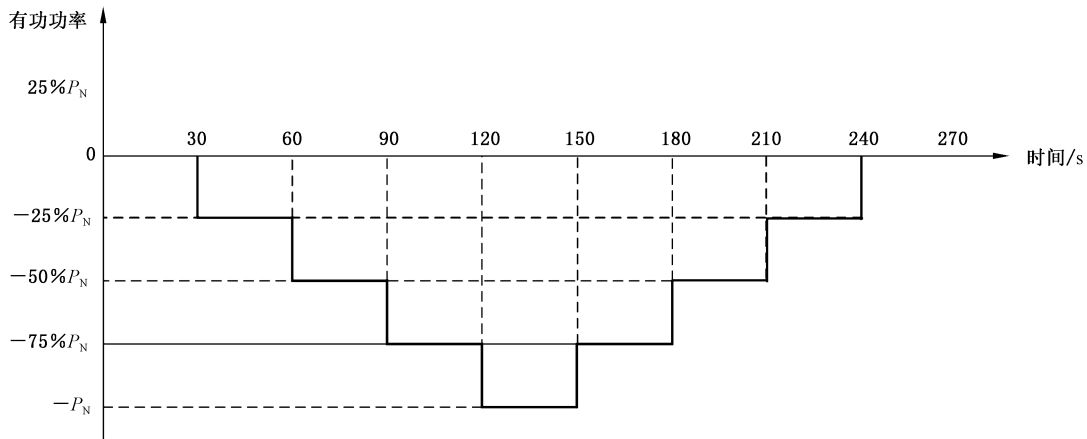
#### 7.1.1 充电状态

储能电站在充电状态下的有功功率测试按以下步骤进行:

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器(PT)和电流互感器(CT)上, 具体接线见图B.1;
- b) 通过监控系统下发控制指令, 设置储能电站以0、25%  $P_N$ 、50%  $P_N$ 、75%  $P_N$ 、 $P_N$ 、75%  $P_N$ 、50%  $P_N$ 、25%  $P_N$ 、0逐级充电, 每个功率控制点持续运行30 s, 有功功率测试曲线见图1;
- c) 利用数据采集装置记录每个功率控制点的电压和电流, 以20 ms为周期计算每个功率控制点后15 s的有功功率平均值, 绘制有功功率变化曲线;
- d) 计算每个功率控制点的响应时间、调节时间和控制偏差, 计算方法应符合附录D的规定。

注1:  $P_N$ 表示额定放电有功功率值, 单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

注2: 有功功率处于±1%  $P_N$ 区间时, 即认为有功功率调节到0。



注：P<sub>N</sub>表示额定放电有功功率值，正值表示放电，负值表示充电，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

图1 充电状态下有功功率测试曲线

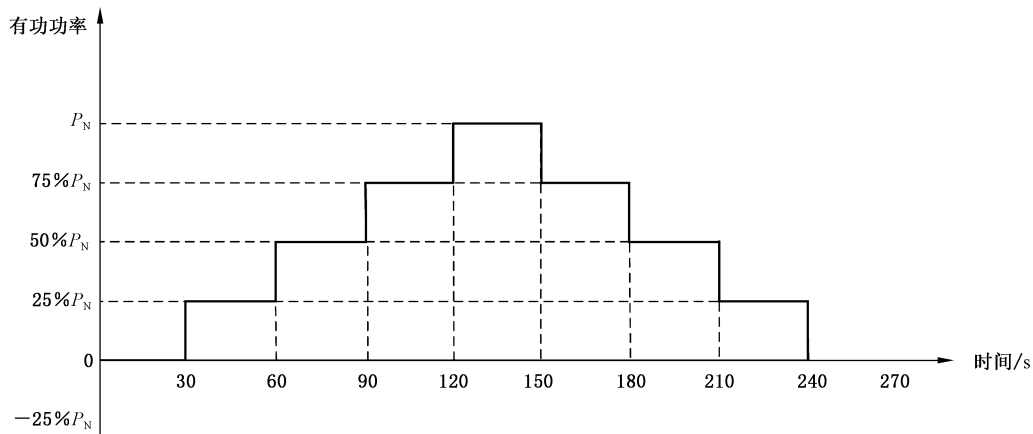
7.1.2 放电状态

储能电站在放电状态下的有功功率测试按以下步骤进行：

- 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.1；
- 通过监控系统下发控制指令，设置储能电站以0、25% P<sub>N</sub>、50% P<sub>N</sub>、75% P<sub>N</sub>、P<sub>N</sub>、75% P<sub>N</sub>、50% P<sub>N</sub>、25% P<sub>N</sub>、0逐级放电，每个功率控制点持续运行30 s，有功功率设置曲线见图2；
- 利用数据采集装置记录每个功率控制点的电压和电流，以20 ms为周期计算每个功率控制点后15 s的有功功率平均值，绘制有功功率变化曲线；
- 计算每个功率控制点的响应时间、调节时间和控制偏差，计算方法应符合附录D的规定。

注1：P<sub>N</sub>表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

注2：有功功率处于±1% P<sub>N</sub>区间时，即认为有功功率调节到0。



注：P<sub>N</sub>表示额定放电有功功率值，正值表示放电，负值表示充电，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

图2 放电状态下有功功率测试曲线

7.2 无功功率控制

7.2.1 充电状态

储能电站在充电状态下的无功功率控制测试按以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.1；
- b) 通过监控系统下发有功功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 充电；
- c) 通过监控系统下发无功功率控制指令，设置储能电站感性无功功率从0开始，以10%  $P_N$ 的幅度逐级递增，直至储能电站感性无功功率达到最大，则停止增大感性无功功率，每个无功功率控制点持续运行30 s；
- d) 利用数据采集装置记录每个无功功率控制点的电压和电流，以20 ms为周期计算每个无功功率控制点后15 s的无功功率平均值和无功功率偏差；
- e) 通过监控系统下发有功功率控制指令，依次设置储能电站以90%  $P_N$ 、80%  $P_N$ 、70%  $P_N$ 、60%  $P_N$ 、50%  $P_N$ 、40%  $P_N$ 、30%  $P_N$ 、20%  $P_N$ 、10%  $P_N$ 充电，重复步骤c)~d)；
- f) 通过监控系统下发有功功率控制指令，设置储能电站有功功率为0，重复步骤c)~d)；
- g) 通过监控系统下发有功功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 充电；
- h) 通过监控系统下发无功功率控制指令，设置储能电站容性无功功率从0开始，以10%  $P_N$ 的幅度逐级递增，直至储能电站容性无功功率达到最大，则停止增大容性无功功率，每个无功功率控制点持续运行30 s；
- i) 利用数据采集装置记录每个无功功率控制点的电压和电流，以20 ms为周期计算每个无功功率控制点后15 s的无功功率平均值和无功功率偏差；
- j) 通过监控系统下发有功功率控制指令，依次设置储能电站以90%  $P_N$ 、80%  $P_N$ 、70%  $P_N$ 、60%  $P_N$ 、50%  $P_N$ 、40%  $P_N$ 、30%  $P_N$ 、20%  $P_N$ 、10%  $P_N$ 充电，重复步骤h)~i)；
- k) 通过监控系统下发有功功率控制指令，设置储能电站有功功率为0，重复步骤h)~i)。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

## 7.2.2 放电状态

储能电站在放电状态下的无功功率控制测试按以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.1；
- b) 通过监控系统下发有功功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电；
- c) 通过监控系统下发无功功率控制指令，设置储能电站感性无功功率从0开始，以10%  $P_N$ 的幅度逐级递增，直至储能电站感性无功功率达到最大，则停止增大感性无功功率，每个无功功率控制点持续运行30 s；
- d) 利用数据采集装置记录每个无功功率控制点的电压和电流，以20 ms为周期计算每个无功功率控制点后15 s的无功功率平均值和无功功率偏差；
- e) 通过监控系统下发有功功率控制指令，依次设置储能电站以90%  $P_N$ 、80%  $P_N$ 、70%  $P_N$ 、60%  $P_N$ 、50%  $P_N$ 、40%  $P_N$ 、30%  $P_N$ 、20%  $P_N$ 、10%  $P_N$ 放电，重复步骤c)~d)；
- f) 通过监控系统下发有功功率控制指令，设置储能电站有功功率为0，重复步骤c)~d)；
- g) 通过监控系统下发有功功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电；
- h) 通过监控系统下发无功功率控制指令，设置储能电站容性无功功率从0开始，以10%  $P_N$ 的幅度逐级递增，直至储能电站容性无功功率达到最大，则停止增大容性无功功率，每个无功功率控制点持续运行30 s；
- i) 利用数据采集装置记录每个无功功率控制点的电压和电流，以20 ms为周期计算每个无功功率控制点后15 s的无功功率平均值和无功功率偏差；
- j) 通过监控系统下发有功功率控制指令，依次设置储能电站以90%  $P_N$ 、80%  $P_N$ 、70%  $P_N$ 、60%  $P_N$ 、50%  $P_N$ 、40%  $P_N$ 、30%  $P_N$ 、20%  $P_N$ 、10%  $P_N$ 放电，重复步骤h)~i)；
- k) 通过监控系统下发有功功率控制指令，设置储能电站有功功率为0，重复步骤h)~i)。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

### 7.3 功率因数调节能力

储能电站功率因数调节能力测试按以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.1；
- b) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电，持续运行2 min；
- c) 通过监控系统下发功率因数控制指令，设置储能电站并网点功率因数由1.0逐级调节至超前0.90，调节幅度为0.01，再由超前0.90调节至1.0，调节幅度为0.01，每个功率因数控制点持续运行2 min；
- d) 通过监控系统下发功率因数控制指令，设置储能电站并网点功率因数由1.0逐级调节至滞后0.90，调节步长为0.01，再由滞后0.90调节至1.0，调节幅度为0.01，每个功率因数控制点持续运行2 min；
- e) 调节过程中，出现并网点电压达到限值时，则停止功率因数调节；
- f) 利用数据采集装置记录每个功率因数控制点的功率因数值；
- g) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 充电，持续运行2 min；
- h) 重复步骤c)～f)。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

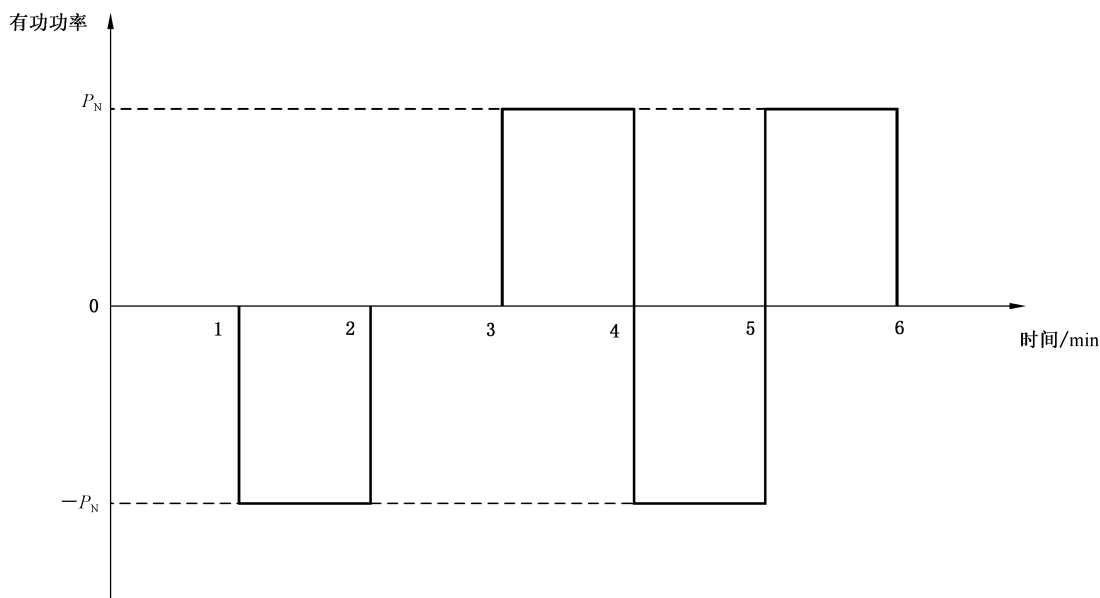
### 8 充放电时间

储能电站充放电时间测试包括充电响应时间、放电响应时间、充电调节时间、放电调节时间、充电到放电转换时间和放电到充电转换时间等测试，测试曲线见图3，按以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.1；
- b) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站有功功率为0，持续运行1 min；
- c) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 充电，持续运行1 min；
- d) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站有功功率为0，持续运行1 min；
- e) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电，持续运行1 min；
- f) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 充电，持续运行1 min；
- g) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电，持续运行1 min；
- h) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站有功功率为0，持续运行1 min；
- i) 利用数据采集装置记录每个功率控制点的电压、电流和有功功率，绘制有功功率曲线；
- j) 计算充电响应时间、充电调节时间、放电响应时间、放电调节时间、放电到充电转换时间和充电到放电转换时间；
- k) 重复步骤b)～j) 2次，取3次测试的最大值作为测试结果。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。





注： $P_N$  表示额定放电有功功率值，正值表示放电，负值表示充电，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

图3 充放电时间测试曲线

## 9 额定能量

储能电站额定能量测试包括额定充电能量测试和额定放电能量测试，按以下步骤进行。

- 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.1。
- 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电至放电终止条件时停止放电。
- 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 充电至充电终止条件时停止充电。
- 利用数据采集装置记录此次储能电站充电能量 $E_{c1}$ 和辅助能耗 $W_{c1}$ 。
- 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电至放电终止条件时停止放电。
- 利用数据采集装置记录此次储能电站放电能量 $E_{d1}$ 和辅助能耗 $W_{d1}$ 。
- 计算储能电站此次充放电过程中的额定充电能量 $E_{rc1}$ 和额定放电能量 $E_{rd1}$ ，并记录，计算方法见公式（1）和公式（2）：

$$E_{rc1} = E_{c1} + W_{c1} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$E_{rd1} = E_{d1} - W_{d1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_{rc1}$  —— 储能电站第一次充电过程的额定充电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；

$E_{c1}$  —— 储能电站第一次充电过程的充电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；

$W_{c1}$  —— 储能电站第一次充电过程中的辅助能耗，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；

$E_{rd1}$  —— 储能电站第一次放电过程的额定放电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；

$E_{d1}$  —— 储能电站第一次放电过程的放电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；

$W_{d1}$  —— 储能电站第一次放电过程的辅助能耗，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）。

- 静置不少于2 h。

- i) 重复步骤c)~h) 2次, 记录每次试验时的储能电站额定充电能量 $E_{rc2}$ 和 $E_{rc3}$ , 储能电站额定放电能量 $E_{rd2}$ 和 $E_{rd3}$ 。
- j) 计算储能电站三次试验过程中的额定充电能量平均值和额定放电能量平均值, 记为额定充电能量 $E_{rc}$ 和额定放电能量 $E_{rd}$ , 计算方法见公式(3)和公式(4):

$$E_{rc} = \frac{1}{3}(E_{rc1} + E_{rc2} + E_{rc3}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$E_{rd} = \frac{1}{3}(E_{rd1} + E_{rd2} + E_{rd3}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- $E_{rc}$  —— 储能电站额定充电能量, 单位为千瓦时(kW·h)或兆瓦时(MW·h);
- $E_{rc1}$  —— 储能电站第一次充电过程的充电能量, 单位为千瓦时(kW·h)或兆瓦时(MW·h);
- $E_{rc2}$  —— 储能电站第二次充电过程的充电能量, 单位为千瓦时(kW·h)或兆瓦时(MW·h);
- $E_{rc3}$  —— 储能电站第三次充电过程的充电能量, 单位为千瓦时(kW·h)或兆瓦时(MW·h);
- $E_{rd}$  —— 储能电站额定放电能量, 单位为千瓦时(kW·h)或兆瓦时(MW·h);
- $E_{rd1}$  —— 储能电站第一次放电过程的额定放电能量, 单位为千瓦时(kW·h)或兆瓦时(MW·h);
- $E_{rd2}$  —— 储能电站第二次放电过程的额定放电能量, 单位为千瓦时(kW·h)或兆瓦时(MW·h);
- $E_{rd3}$  —— 储能电站第三次放电过程的额定放电能量, 单位为千瓦时(kW·h)或兆瓦时(MW·h)。

- k) 分别计算储能电站三次充电过程的充电能量 $E_{rc1}$ 、 $E_{rc2}$ 、 $E_{rc3}$ 与 $E_{rc}$ 的偏差绝对值、三次放电过程的放电能量 $E_{rd1}$ 、 $E_{rd2}$ 、 $E_{rd3}$ 与 $E_{rd}$ 的偏差绝对值, 三次充电过程/放电过程中的偏差绝对值均不大于储能电站额定充电能量/额定放电能量的3%, 则 $E_{rc}$ 、 $E_{rd}$ 作为测试结果并记录; 某次充电过程/放电过程的偏差绝对值大于额定充电能量/额定放电能量的3%, 则重新进行测试。

注1:  $P_N$ 表示额定放电有功功率值, 单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

注2: 对于辅助能耗由自身供应的储能电站, 充电过程和放电过程中的辅助能耗均取零。

注3: 放电终止条件和充电终止条件唯一且与实际使用时保持一致。

## 10 额定能量效率

储能电站额定能量效率测试按以下步骤进行。

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器(PT)和电流互感器(CT)上, 具体接线见图B.1。
- b) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置储能电站以 $P_N$ 放电至放电终止条件时停止放电。
- c) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置储能电站以 $P_N$ 充电至充电终止条件时停止充电。
- d) 利用数据采集装置记录此次储能电站充电能量 $E_{c1}$ 和辅助能耗 $W_{c1}$ 。
- e) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置储能电站以 $P_N$ 放电至放电终止条件时停止放电。
- f) 利用数据采集装置记录此次储能电站放电能量 $E_{d1}$ 和辅助能耗 $W_{d1}$ 。
- g) 计算储能电站此次充放电过程中的额定充电能量 $E_{rc1}$ 和额定放电能量 $E_{rd1}$ , 并记录, 计算方法见公式(1)和公式(2)。
- h) 静置不少于2 h。
- i) 重复步骤c)~h) 2次, 记录每次试验时的储能电站额定充电能量 $E_{rc2}$ 和 $E_{rc3}$ , 储能电站额定放电能量 $E_{rd2}$ 和 $E_{rd3}$ 。
- j) 计算储能电站三次试验过程中的额定充电能量平均值和额定放电能量平均值, 记为额定充电能



量 $E_{rc}$ 和额定放电能量 $E_{rd}$ ，计算方法见公式（3）和公式（4）。

- k) 分别计算储能电站三次充电过程的充电能量 $E_{rc1}$ 、 $E_{rc2}$ 、 $E_{rc3}$ 与 $E_{rc}$ 的偏差绝对值、三次放电过程的放电能量 $E_{rd1}$ 、 $E_{rd2}$ 、 $E_{rd3}$ 与 $E_{rd}$ 的偏差绝对值，三次充电过程/放电过程中的偏差绝对值均不大于储能电站额定充电能量/额定放电能量的3%，则 $E_{rc}$ 、 $E_{rd}$ 作为测试结果并记录；某次充电过程/放电过程的偏差绝对值大于额定充电能量/额定放电能量的3%，则重新进行测试。
- l) 计算储能电站额定能量效率，并记录，计算方法见公式（5）：

$$\eta = \frac{1}{3} \left( \frac{E_{rd1}}{E_{rc1}} + \frac{E_{rd2}}{E_{rc2}} + \frac{E_{rd3}}{E_{rc3}} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $\eta$  —— 储能电站额定能量效率，%表示；
- $E_{rc1}$  —— 储能电站第一次充电过程的充电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；
- $E_{rc2}$  —— 储能电站第二次充电过程的充电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；
- $E_{rc3}$  —— 储能电站第三次充电过程的充电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；
- $E_{rd1}$  —— 储能电站第一次放电过程的额定放电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；
- $E_{rd2}$  —— 储能电站第二次放电过程的额定放电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）；
- $E_{rd3}$  —— 储能电站第三次放电过程的额定放电能量，单位为千瓦时（kW·h）或兆瓦时（MW·h）。

## 11 电能质量

### 11.1 电流谐波

储能电站电流谐波测试应分别在充电状态和放电状态下进行，充电功率和放电功率均为 $P_N$ ，测试方法符合 GB/T 14549 的规定，利用数据采集装置记录测试过程中的 25 次谐波电流值。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

### 11.2 电压谐波

储能电站电压谐波测试应分别在充电状态和放电状态下进行，充电功率和放电功率均为 $P_N$ ，测试方法符合 GB/T 14549 的规定，利用数据采集装置记录测试过程中的电压总谐波畸变率和奇偶次谐波电压含有率。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

### 11.3 电压间谐波

储能电站电压间谐波测试应分别在充电状态和放电状态下进行，充电功率和放电功率均为 $P_N$ ，测试方法符合 GB/T 24337 的规定，利用数据采集装置记录测试过程中的间谐波电压含有率。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

### 11.4 电压偏差

储能电站电压偏差测试应分别在充电状态和放电状态下进行，充电功率和放电功率均为 $P_N$ ，测试方法符合 GB/T 12325 的规定，利用数据采集装置记录测试过程中的电压偏差。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

### 11.5 电压不平衡度

储能电站电压不平衡度测试应分别在充电状态和放电状态下进行，充电功率和放电功率均为  $P_N$ ，测试方法符合 GB/T 15543 的规定，利用数据采集装置记录测试过程中的电压不平衡度。

注： $P_N$  表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

### 11.6 电压波动和闪变

储能电站电压波动和闪变应分别在充电状态和放电状态下进行，充电功率和放电功率均为  $P_N$ ，测试方法符合 GB/T 12326 的规定，利用数据采集装置记录测试过程中的电压波动值和短时闪变值。

注： $P_N$  表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

## 12 一次调频

储能电站一次调频测试按照以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，频率信号发生装置接在储能电站监控系统上，具体接线见图B.3；
- b) 退出储能电站惯量响应和AGC控制功能；
- c) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以  $P_N$  放电；
- d) 通过频率信号发生装置向储能电站的监控系统下发频率变化指令；
- e) 从50 Hz以0.01 Hz的步长逐级升高频率值，直至有功功率开始规律变化，每个频率控制点持续运行30 s后恢复至50 Hz，利用数据采集装置记录频率上扰过程中有功功率规律变化时刻的频率值；
- f) 从50 Hz以0.01 Hz的步长逐级降低频率值，直至有功功率开始规律变化，每个频率控制点持续运行30 s后恢复至50 Hz，利用数据采集装置记录频率下扰过程中有功功率规律变化时刻的频率值；
- g) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以  $P_N$  充电；
- h) 重复d)～f)；
- i) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以  $P_N$  放电；
- j) 通过频率信号发生装置向储能电站的监控系统下发频率变化指令；
- k) 从50 Hz分别阶跃至50.05 Hz、50.15 Hz、50.20 Hz，每个频率控制点持续运行30 s后恢复至50 Hz，利用数据采集装置记录频率上扰过程中电压、电流、频率以及有功功率值；
- l) 从50 Hz分别阶跃至49.95 Hz、49.85 Hz、49.80 Hz，每个频率控点持续运行30 s后恢复至50 Hz，利用数据采集装置记录频率下扰过程中电压、电流、频率以及有功功率值；
- m) 计算一次调频控制响应时间、调节时间、控制偏差和调差率，计算方法应符合附录D的规定；
- n) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以  $P_N$  充电；
- o) 重复j)～m)；
- p) 测试结束后恢复储能电站惯量响应和AGC控制功能。

注： $P_N$  表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

## 13 惯量响应

储能电站惯量响应测试按以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，频率信号发生装置接在储能电站监控系统上，具体接线见图B.3；



- b) 退出储能电站一次调频和AGC控制功能；
- c) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电；
- d) 通过频率信号发生装置向储能电站的监控系统下发频率变化指令；
- e) 从50 Hz分别以0.1 Hz/s和0.5 Hz/s的频率变化率升高到51.50 Hz，持续运行30 s后恢复到50 Hz，利用数据采集装置记录测试点电压、电流、频率以及有功功率值；
- f) 从50 Hz分别以0.1 Hz/s和0.5 Hz/s的频率变化率降低到48.50 Hz，持续运行30 s后恢复到50 Hz，利用数据采集装置记录测试点电压、电流、频率以及有功功率值；
- g) 计算有功功率响应时间和控制偏差，计算方法应符合附录D的规定；
- h) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 充电；
- i) 重复d)～g)；
- j) 测试结束后恢复储能电站一次调频和AGC控制功能。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

## 14 运行适应性

### 14.1 电压适应性

储能电站电压适应性测试按以下步骤进行。

- a) 首选储能电站作为测试对象，储能电站不能作为测试对象时，宜选择储能电站中同型号规格的任意一个储能系统作为测试对象，关闭与被测储能系统同一条母线下的其他储能系统。储能电站中存在多个型号规格的储能系统时，应根据储能电站实际情况，分别抽取同型号规格的储能系统为对象进行测试，测试应覆盖所有型号规格的储能系统。
- b) 电网模拟装置与被测储能系统串联，数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.2。
- c) 设置电网模拟装置的输出电压和频率为被测储能系统的标称电压和额定频率。
- d) 通过监控系统下发功率控制指令，设置被测储能系统以20%  $P_N$ 放电。
- e) 设置电网模拟装置的电压从 $U_N$ 分别阶跃至91%  $U_N$ 、95%  $U_N$ 和99%  $U_N$ ，每个控制点持续运行至少1 min后恢复到 $U_N$ ，利用数据采集装置记录储能系统测试点电压和储能系统运行状态。
- f) 设置电网模拟装置的电压从 $U_N$ 分别阶跃至101%  $U_N$ 、105%  $U_N$ 和109%  $U_N$ ，每个控制点持续运行至少1 min后恢复到 $U_N$ ，利用数据采集装置记录储能系统测试点电压和储能系统运行状态。
- g) 通过监控系统下发功率控制指令，设置被测储能系统以20%  $P_N$ 充电，重复步骤e)～f)。
- h) 通过监控系统下发功率控制指令，设置被测储能系统以80%  $P_N$ 放电，重复步骤e)～f)。
- i) 通过监控系统下发功率控制指令，设置被测储能系统以80%  $P_N$ 充电，重复步骤e)～f)。

注： $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

### 14.2 频率适应性

储能电站频率适应性测试按以下步骤进行。

- a) 首选储能电站作为测试对象，储能电站不能作为测试对象时，宜选择储能电站中同型号规格的任意一个储能系统作为测试对象，关闭与被测储能系统同一条母线下的其他储能系统。储能电站中存在多个储能型号规格的储能系统时，应根据储能电站实际情况，分别抽取同型号规格的储能系统为对象进行测试，测试应覆盖所有型号规格的储能系统。
- b) 电网模拟装置与被测储能系统串联，数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.2。
- c) 设置电网模拟装置的输出电压和频率为被测储能系统的标称电压和额定频率。

- d) 关闭被测储能系统的一次调频和惯量响应功能。
- e) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置被测储能系统以 $20\% P_N$ 放电。
- f) 设置电网模拟装置输出频率从50 Hz分别阶跃至46.45 Hz、46.55 Hz、47.00 Hz和48.45 Hz, 每个控制点持续运行至少1 min后恢复到50 Hz, 利用数据采集装置记录储能系统测试点频率和储能系统运行状态。
- g) 设置电网模拟装置输出频率从50 Hz分别阶跃至48.55 Hz、50.05 Hz和50.45 Hz, 每个控制点持续运行至少1 min后恢复到50 Hz, 利用数据采集装置记录储能系统测试点频率和储能系统运行状态。
- h) 设置电网模拟装置输出频率从50 Hz分别阶跃至50.55 Hz、51.00 Hz、51.45 Hz、51.55 Hz, 每个控制点持续运行1 min后恢复到50 Hz, 利用数据采集装置记录储能系统测试点频率和储能系统运行状态。
- i) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置被测储能系统以 $20\% P_N$ 充电, 重复步骤f) ~h)。
- j) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置被测储能系统以 $80\% P_N$ 放电, 重复步骤f) ~h)。
- k) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置被测储能系统以 $80\% P_N$ 充电, 重复步骤f) ~h)。
- l) 测试结束后恢复被测储能系统的一次调频和惯量响应功能。

注:  $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值, 单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

### 14.3 频率变化率适应性

储能电站频率变化率适应性测试按以下步骤进行。

- a) 首选储能电站作为测试对象, 储能电站不能作为测试对象时, 宜选择储能电站中同型号规格的任意一个储能系统作为测试对象, 关闭与被测储能系统同一条母线下的其他储能系统。储能电站中存在多个储能型号规格的储能系统时, 应根据储能电站实际情况, 分别抽取同型号规格的储能系统为对象进行测试, 测试应覆盖所有型号规格的储能系统。
- b) 电网模拟装置与被测储能系统串联, 数据采集装置接在与测试点的电压互感器(PT)和电流互感器(CT)上, 具体接线见图B.2。
- c) 设置电网模拟装置的输出电压和频率为被测储能系统的标称电压和额定频率。
- d) 关闭被测储能系统的一次调频和惯量响应功能。
- e) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置被测储能系统以 $20\% P_N$ 放电。
- f) 设置电网模拟装置输出频率从50 Hz以1.95 Hz/s的变化率降低至48.55 Hz, 持续运行至少1 min, 再以1.95 Hz/s的变化率升高至50 Hz, 持续运行至少1 min, 利用数据采集装置记录储能系统测试点频率和储能系统运行状态。
- g) 设置电网模拟装置输出频率从50 Hz以2.05 Hz/s的变化率降低至48.55 Hz, 持续运行至少1 min, 再以2.05 Hz/s的变化率升高至50 Hz, 持续运行至少1 min, 利用数据采集装置记录储能系统测试点频率和储能系统运行状态。
- h) 设置电网模拟装置输出频率从50 Hz以1.95 Hz/s的变化率升高至50.45 Hz, 持续运行至少1 min, 再以1.95 Hz/s的变化率降低至50 Hz, 持续运行至少1 min, 利用数据采集装置记录储能系统测试点频率和储能系统运行状态。
- i) 设置电网模拟装置输出频率从50 Hz以2.05 Hz/s的变化率升高至50.45 Hz, 持续运行至少1 min, 再以2.05 Hz/s的变化率降低至50 Hz, 持续运行至少1 min, 利用数据采集装置记录储能系统测试点频率和储能系统运行状态。
- j) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置被测储能系统以 $20\% P_N$ 充电, 重复步骤f) ~i)。
- k) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置被测储能系统以 $80\% P_N$ 放电, 重复步骤f) ~i)。
- l) 通过监控系统下发功率控制指令, 设置被测储能系统以 $80\% P_N$ 充电, 重复步骤f) ~i)。

m) 测试结束后恢复被测储能系统的一次调频和惯量响应功能。

注： $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

#### 14.4 电能质量适应性

储能电站电能质量适应性测试按以下步骤进行。

- a) 首选储能电站作为测试对象，储能电站不能作为测试对象时，宜选择储能电站中同型号规格的任意一个储能系统作为测试对象，关闭与被测储能系统同一条母线下的其他储能系统。储能电站中存在多个储能型号规格的储能系统时，应根据储能电站实际情况，分别抽取同型号规格的储能系统为对象进行测试，测试应覆盖所有型号规格的储能系统。
- b) 电网模拟装置与被测储能系统串联，数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.2。
- c) 设置电网模拟装置的输出电压和频率为被测储能系统的标称电压和额定频率。
- d) 设置被测储能系统以 $P_N$ 充电至充电终止条件时停止充电。
- e) 通过监控系统下发功率控制指令，设置被测储能系统以20%  $P_N$ 放电。
- f) 设置模拟电网装置的谐波值至GB/T 14549中要求的最大限值，持续运行至少1 min，记录储能系统运行状态。
- g) 设置模拟电网装置的三相电压不平衡度至GB/T 15543中要求的最大限值，持续运行至少1 min，记录储能系统运行状态。
- h) 设置模拟电网装置的间谐波电压值至GB/T 24337中要求的最大限值，持续运行至少1 min，记录储能系统运行状态。
- i) 通过监控系统下发功率控制指令，设置被测储能系统以80%  $P_N$ 放电，重复步骤f)～h)。
- j) 设置被测储能系统以 $P_N$ 放电至放电终止条件时停止放电。
- k) 通过监控系统下发功率控制指令，设置被测储能系统以20%  $P_N$ 充电，重复步骤f)～h)。
- l) 通过监控系统下发功率控制指令，设置被测储能系统以80%  $P_N$ 充电，重复步骤f)～h)。

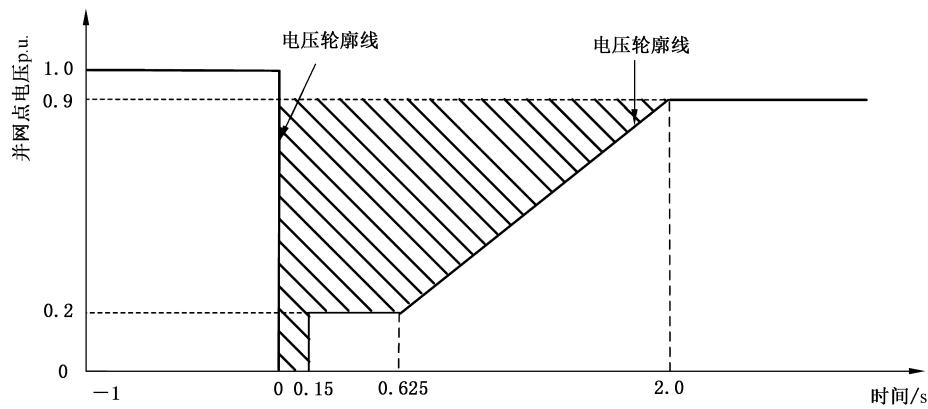
注： $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

### 15 故障穿越

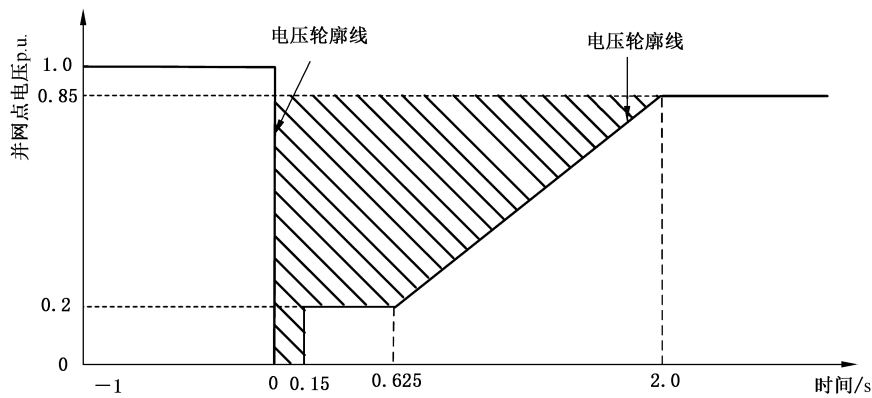
#### 15.1 一般要求

储能电站故障穿越测试的一般要求如下。

- a) 首选储能电站作为测试对象，储能电站不能作为测试对象时，宜选择储能电站中同型号规格的任意一个储能系统作为测试对象，关闭与被测储能系统同一条母线下的其他储能系统。储能电站中存在多个储能型号规格的储能系统时，应根据储能电站实际情况，分别抽取同型号规格的储能系统为对象进行测试，测试应覆盖所有型号规格的储能系统。
- b) 电网模拟装置与被测储能系统串联，数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.2。
- c) 低电压故障穿越测试应至少选取5个跌落点，其中应包含0%  $U_N$ 和20%  $U_N$ 跌落点，其他跌落点应在（30%～50%） $U_N$ 、（50%～70%） $U_N$ 、（70%～90%） $U_N$ 三个区间内均有分布，各跌落点的跌落时间选取见图4a)中通过10（6）kV及以上电压等级接入电网的电化学储能电站低电压穿越曲线。用户侧电化学储能系统的低电压跌落点应包含0%  $U_N$ 和20%  $U_N$ 跌落点，其他跌落点应在（30%～50%） $U_N$ 、（50%～70%） $U_N$ 、（70%～85%） $U_N$ 三个区间内均有分布，各跌落点的跌落时间选取见图4b)中用户侧电化学储能系统/电站低电压穿越曲线。



a) 通过10 (6) kV及以上电压等级接入电网的电化学储能电站低电压穿越曲线



b) 用户侧电化学储能系统/电站低电压穿越曲线

图 4 低电压故障穿越曲线

d) 高电压故障穿越测试应至少选取3个抬升点，分别为 $120\% U_N$ 、 $125\% U_N$ 和 $130\% U_N$ ，各抬升点的抬升时间选取见图5。

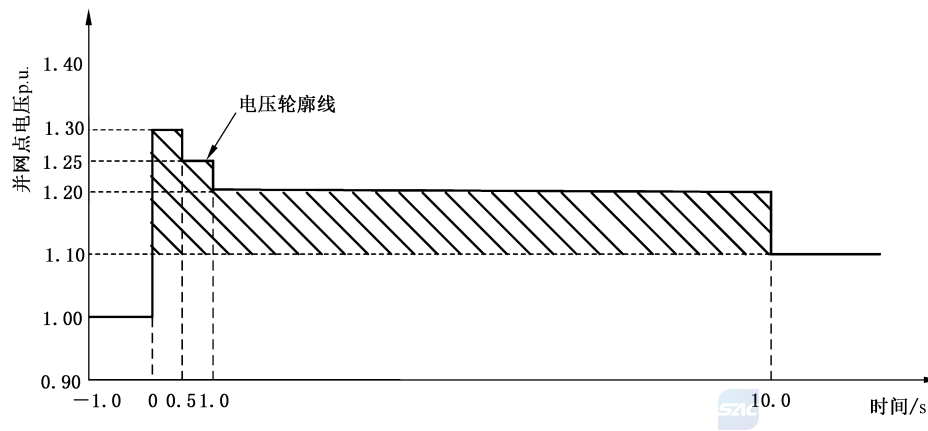


图 5 高电压故障穿越曲线

e) 连续低电压故障穿越测试的故障区间按照表1选取。

表 1 连续低电压故障穿越测试故障区间

低压穿越阶段	电压跌落点		电压跌落点	
低电压故障穿越阶段1	0% $U_N$		20% $U_N$	
低电压故障穿越阶段2	0% $U_N$	20% $U_N$	0% $U_N$	20% $U_N$

f) 低-高连续穿越测试的故障区间按照表2选取。

表 2 低-高连续穿越测试故障区间

穿越阶段	电压跌落/抬升点			电压跌落/抬升点		
低电压故障穿越阶段	0% $U_N$			20% $U_N$		
高电压故障穿越阶段	120% $U_N$	125% $U_N$	130% $U_N$	120% $U_N$	125% $U_N$	130% $U_N$

g) 故障穿越测试应分别进行空载测试和负载测试，负载测试应在空载测试结果满足要求的情况下进行。负载测试时电网模拟装置的设置和故障模拟点应与空载测试保持一致。

注： $U_N$ 为储能电站或者储能系统并网点标称电压。

15.2 低电压故障穿越

15.2.1 空载测试

低电压故障穿越的空载测试按以下步骤进行：

- a) 断开被测储能系统与电网模拟装置之间的开关；
- b) 设置电网模拟装置的输出电压模拟线路三相对称故障，电压跌落点的选取应满足15.1的要求；
- c) 利用数据采集装置采集电压跌落前3 s到电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压和电流，并记录；
- d) 重复b)～c)；
- e) 设置电网模拟装置的输出电压模拟表3中的一种不对称故障类型，电压跌落点的选取应满足15.1的要求；
- f) 利用数据采集装置采集电压跌落前3 s到电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压和电流，并记录；
- g) 重复e)～f)。

表 3 线路不对称故障类型

故障类型	故障相		
单相接地短路故障	A相	B相	C相
两相相间短路故障	AB相间	BC相间	CA相间
两相接地短路	AB相	BC相	CA相

15.2.2 负载测试

低电压故障穿越的负载测试按以下步骤进行：

- a) 设置被测储能系统以（10%～30%） $P_N$ 范围内的功率值放电；
- b) 通过电网模拟装置模拟线路三相对称故障的电压跌落点，电压跌落点的选取应满足15.1的要求；



- c) 利用数据采集装置采集电压跌落前3 s到电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压、电流和功率,计算故障期间的动态无功电流、响应时间、调节时间以及故障结束后的动态无功电流退出时间和有功功率恢复速率;
- d) 重复步骤b)~c);
- e) 设置电网模拟装置的输出电压模拟表3中的一种不对称故障类型,电压跌落点的选取应满足15.1的要求;
- f) 利用数据采集装置采集电压跌落前3 s到电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压、电流和功率,计算故障期间的动态无功电流、响应时间、调节时间以及故障结束后的动态无功电流退出时间和有功功率恢复速率;
- g) 重复步骤e)~f);
- h) 设置被测储能系统以(10%~30%)  $P_N$ 范围内的功率值充电,重复步骤b)~g);
- i) 设置被测储能系统以(70%~100%)  $P_N$ 范围内的功率值放电,重复步骤b)~g);
- j) 设置被测储能系统以(70%~100%)  $P_N$ 范围内的功率值充电,重复步骤b)~g)。

注:  $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值,单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

### 15.3 高电压故障穿越

#### 15.3.1 空载测试

高电压故障穿越的空载测试按以下步骤进行:

- a) 断开被测储能系统与电网模拟装置之间的开关;
- b) 设置电网模拟装置的输出电压模拟线路三相电压抬升,电压抬升点的选取应满足15.1的要求;
- c) 利用数据采集装置采集电压抬升前3 s到电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压和电流,并记录;
- d) 重复b)~c)。

#### 15.3.2 负载测试

高电压故障穿越的负载测试按以下步骤进行。

- a) 设置被测储能系统以(10%~30%)  $P_N$ 范围内的功率值放电。
- b) 设置电网模拟装置的输出电压模拟线路三相电压抬升,电压抬升点的选取应满足15.1的要求。
- c) 利用数据采集装置采集电压抬升前3 s到电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压、电流和功率,并记录;计算故障期间的有功功率变换量、动态无功电流增量、响应时间、调节时间以及故障结束后的动态无功电流退出时间和有功功率恢复速率。
- d) 重复步骤b)~c)。
- e) 设置被测储能系统以(10%~30%)  $P_N$ 范围内的功率值充电,重复步骤b)~d)。
- f) 设置被测储能系统以(70%~100%)  $P_N$ 范围内的功率值放电,重复步骤b)~d)。
- g) 设置被测储能系统以(70%~100%)  $P_N$ 范围内的功率值充电,重复步骤b)~d)。

注:  $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值,单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

### 15.4 连续低电压故障穿越

#### 15.4.1 空载测试

连续低电压故障的空载测试按以下步骤进行:

- a) 断开被测储能系统与电网模拟装置之间的开关;
- b) 设置电网模拟装置的输出电压模拟连续两次线路三相对称电压跌落故障,电压跌落点的选取应

满足15.1的要求；

- c) 利用数据采集装置采集第一次电压跌落前3 s到第二次电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压、电流和功率，并记录；
- d) 重复b)～c)。

#### 15.4.2 负载测试

连续低电压故障的负载测试按以下步骤进行。

- a) 设置被测储能系统以(10%~30%)  $P_N$ 范围内的功率值放电。
- b) 设置电网模拟装置的输出电压模拟连续两次线路三相对称电压跌落故障，电压跌落点的选取应满足15.1的要求。
- c) 利用数据采集装置采集第一次电压跌落前3 s到第二次电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压、电流和功率，并记录；计算每次电压跌落持续时间，电压跌落期间的动态无功电流增量、响应时间、调节时间以及故障结束后的动态无功电流增量退出时间和第二次有功功率恢复速率。
- d) 重复步骤b)～c)。
- e) 设置被测储能系统以(10%~30%)  $P_N$ 范围内的功率值充电，重复步骤b)～d)。
- f) 设置被测储能系统以(70%~100%)  $P_N$ 范围内的功率值放电，重复步骤b)～d)。
- g) 设置被测储能系统以(70%~100%)  $P_N$ 范围内的功率值充电，重复步骤b)～d)。

注： $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值，单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

#### 15.5 连续低-高电压故障穿越

##### 15.5.1 空载测试

连续低-高电压故障空载测试按以下步骤进行：

- a) 断开被测储能系统与电网模拟装置之间的开关；
- b) 设置电网模拟装置的输出电压，模拟电压连续低-高三相对称故障无间隔重复三次，电压故障点的选取应满足15.1的要求；
- c) 利用数据采集装置采集第一次电压跌落前3 s到最后一次高电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压、电流和功率，并记录；
- d) 重复步骤b)～c)。



##### 15.5.2 负载测试

连续低-高电压故障负载测试按以下步骤进行。

- a) 设置被测储能系统以(10%~30%)  $P_N$ 范围内的功率值放电。
- b) 调节电网模拟装置的输出电压，模拟电压连续低-高三相对称故障无间隔重复三次，电压故障点的选取应满足15.1的要求。
- c) 利用数据采集装置采集第一次电压跌落前3 s到最后一次高电压恢复正常后6 s之间的储能系统测试点电压、电流和功率，并记录；计算每次电压跌落和抬升的持续时间以及最后一次有功功率恢复速率。
- d) 重复步骤b)～c)。
- e) 设置被测储能系统以(10%~30%)  $P_N$ 范围内的功率值充电，重复步骤b)～d)。
- f) 设置被测储能系统以(70%~100%)  $P_N$ 范围内的功率值放电，重复步骤b)～d)。
- g) 设置被测储能系统以(70%~100%)  $P_N$ 范围内的功率值充电，重复步骤b)～d)。

注： $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值，单位为千瓦(kW)或兆瓦(MW)。

## 16 过载能力

储能电站过载能力测试按以下步骤进行。

- a) 首选储能电站作为测试对象，储能电站不能作为测试对象时，宜选择储能电站中同型号规格的任意一个储能系统作为测试对象，关闭与被测储能系统同一条母线下的其他储能系统。储能电站中存在多个储能型号规格的储能系统时，应根据储能电站实际情况，分别抽取同型号规格的储能系统为对象进行测试，测试应覆盖所有型号规格的储能系统。
- b) 设置被测储能系统以 $P_N$ 充电至充电终止条件时停止充电。
- c) 设置被测储能系统以 $P_N$ 放电，持续运行2 min，设置被测储能系统以110%  $P_N$ 放电，持续运行10 min，设置被测储能系统以 $P_N$ 放电，持续运行2 min。
- d) 设置被测储能系统以 $P_N$ 放电，持续运行2 min，设置被测储能系统以120%  $P_N$ 放电，持续运行1 min，设置被测储能系统以 $P_N$ 放电，持续运行2 min。
- e) 利用数据采集装置记录测试点的电流、电压和功率。
- f) 设置被测储能系统以 $P_N$ 充电，持续运行1 min，设置被测储能系统以110%  $P_N$ 充电，持续运行10 min，设置被测储能系统以 $P_N$ 充电，连续运行1 min。
- g) 设置被测储能系统以 $P_N$ 进行充电，持续运行1 min，设置被测储能系统以120%  $P_N$ 充电，持续运行1 min，设置被测储能系统以 $P_N$ 充电，持续运行1 min。
- h) 利用数据采集装置记录测试点的电流、电压和功率。
- i) 设置被测储能系统以 $P_N$ 放电至放电终止条件时停止放电。
- j) 设置被测储能系统以 $P_N$ 充电，连续运行2 min，设置被测储能系统以110%  $P_N$ 充电，持续运行10 min，设置被测储能系统以 $P_N$ 充电，持续运行2 min。
- k) 设置被测储能系统以 $P_N$ 充电，持续运行2 min，设置被测储能系统以120%  $P_N$ 充电，持续运行1 min，设置被测储能系统以 $P_N$ 充电，持续运行2 min。
- l) 利用数据采集装置记录测试点的电流、电压和功率。
- m) 设置被测储能系统以 $P_N$ 放电，持续运行1 min，设置被测储能系统以110%  $P_N$ 放电，持续运行10 min，设置被测储能系统以 $P_N$ 放电，持续运行1 min。
- n) 设置被测储能系统以 $P_N$ 放电，持续运行1 min，设置被测储能系统以120%  $P_N$ 放电，持续运行1 min，设置被测储能系统以 $P_N$ 放电，持续运行1 min。
- o) 利用数据采集装置记录测试点的电流、电压和功率。

注： $P_N$ 表示被测储能系统额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。



## 17 自动发电控制（AGC）

储能电站自动发电控制（AGC）测试按以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.1；
- b) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电，持续运行2 min；
- c) 核对AGC接口信息，并记录；
- d) 通过AGC控制系统向储能电站下发以 $P_N$ 放电指令，持续运行2 min；
- e) 利用数据采集装置采集测试点的电流、电压和功率，绘制实时功率曲线；
- f) 计算有功功率的响应时间、调节时间和控制精度；
- g) 通过AGC控制系统向储能电站下发以 $P_N$ 放电指令，持续运行2 min；
- h) 记录储能电站收到信号后的运行状态；
- i) 设置储能电站以 $P_N$ 充电，持续运行2 min；



- j) 核对AGC接口信息，并记录；
- k) 通过AGC控制系统向储能电站下发以 $P_N$ 充电指令，持续运行2 min；
- l) 利用数据采集装置采集测试点的电流、电压和功率，绘制实时功率曲线；
- m) 计算有功功率的响应时间、调节时间和控制精度；
- n) 通过AGC控制系统向储能电站下发以 $P_N$ 充电指令，持续运行2 min；
- o) 记录储能电站收到信号后的运行状态。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

## 18 自动电压控制（AVC）

储能电站自动电压控制（AVC）按以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.1；
- b) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 放电，持续运行2 min；
- c) 核对AVC接口信息，并记录；
- d) 通过AVC控制系统向储能电站下发电压值，下发电压值大于当前并网点电压，持续运行5 min；
- e) 记录并网点电压，绘制实时电压曲线；
- f) 通过AVC控制系统向储能电站下发电压值，下发电压值小于当前并网点电压，持续运行5 min；
- g) 记录并网点电压，绘制实时电压曲线；
- h) 调整储能电站以 $P_N$ 进行充电，持续运行2 min；
- i) 重复步骤d)～g)。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

## 19 紧急功率支撑

储能电站紧急功率支撑测试按以下步骤进行：

- a) 数据采集装置接在测试点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，具体接线见图B.2；
- b) 通过监控系统下发功率控制指令，设置储能电站以 $P_N$ 进行充电，持续运行2 min；
- c) 通过紧急功率支撑装置发送紧急功率支撑指令；
- d) 利用数据采集装置记录储能电站从接到功率指令开始到切换至最大功率放电的时间，记录储能电站最大放电功率；
- e) 通过紧急功率支撑装置退出紧急功率支撑指令，查看并记录储能电站状态。

注： $P_N$ 表示额定放电有功功率值，单位为千瓦（kW）或兆瓦（MW）。

附 录 A

( 规范性 )

储能电站接入电网测试前收集的技术资料

储能电站接入电网测试前收集的技术资料包括以下内容：

- a) 储能电站的名称、地理位置、功能定位及平面布置图；
- b) 储能电站的基本参数，包含储能电站装机容量、储能电站额定功率能量转换效率标称值、电池类型、储能电站并网点标称电压、储能电站内储能系统数量、储能系统内储能单元数量、储能单元额定充电有功功率/额定充电能量、储能单元额定放电有功功率/额定放电能量及、储能单元内储能变流器数量；
- c) 一次电气接线拓扑图、并网电压等级和并网位置，并网接入方案；
- d) 储能电池、电池管理系统、储能变流器、监控系统等设备规格参数、型式试验报告、出厂试验报告、抽检报告，储能电池、电池管理系统、储能变流器及监控系统等设备规格参数；
- e) 储能电站设备保护整定值，储能电站关键设备工作参数核查结果；
- f) 并网点短路容量；
- g) 调试报告、交接验收报告及安全评估报告。

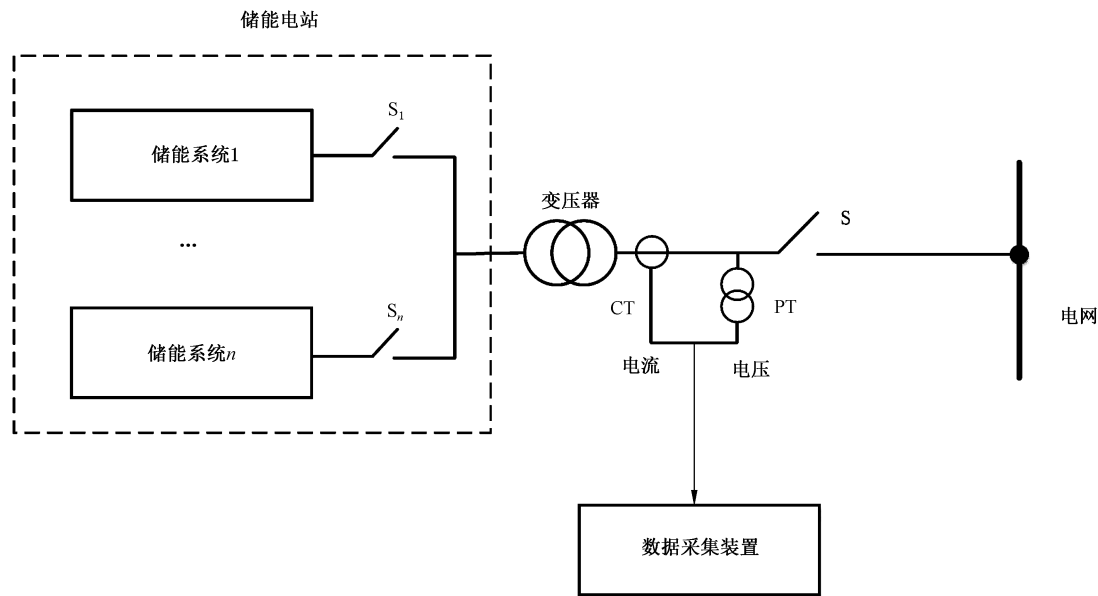


附 录 B  
( 资料性 )

储能电站和储能系统接入电网测试接线

B.1 储能电站接入电网测试接线

以储能电站为对象进行测试时，数据采集装置接在并网点或公共连接点的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，记录并网点或公共连接点的电压、电流、功率和频率，接线见图 B.1 。



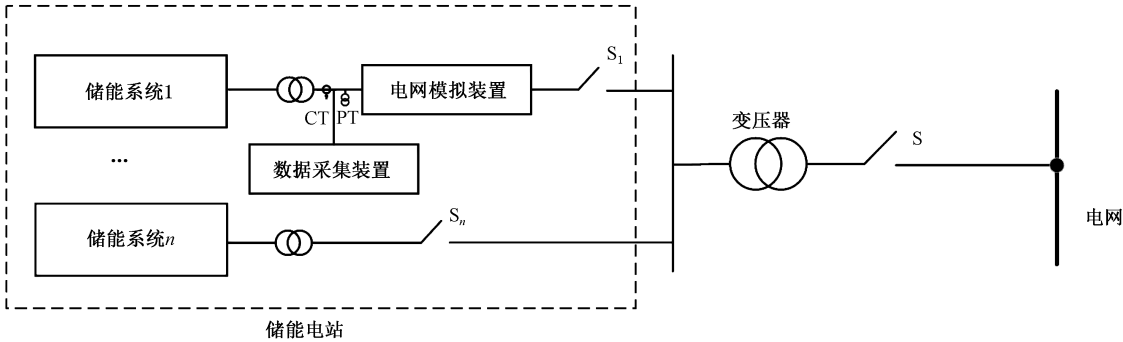
注 1：S<sub>1</sub>，…，S<sub>n</sub>，表示储能系统的并网开关。

注 2：S，表示储能电站并网开关。

图 B.1 储能电站接入电网测试接线示意图

B.2 储能系统接入电网测试接线

以储能系统为对象进行测试时，电网模拟装置与被测储能系统串联，数据采集装置接在被测系统变压器高压侧的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，记录测试点的电压、电流、功率和频率，具体测试接线方法见图 B.2 。



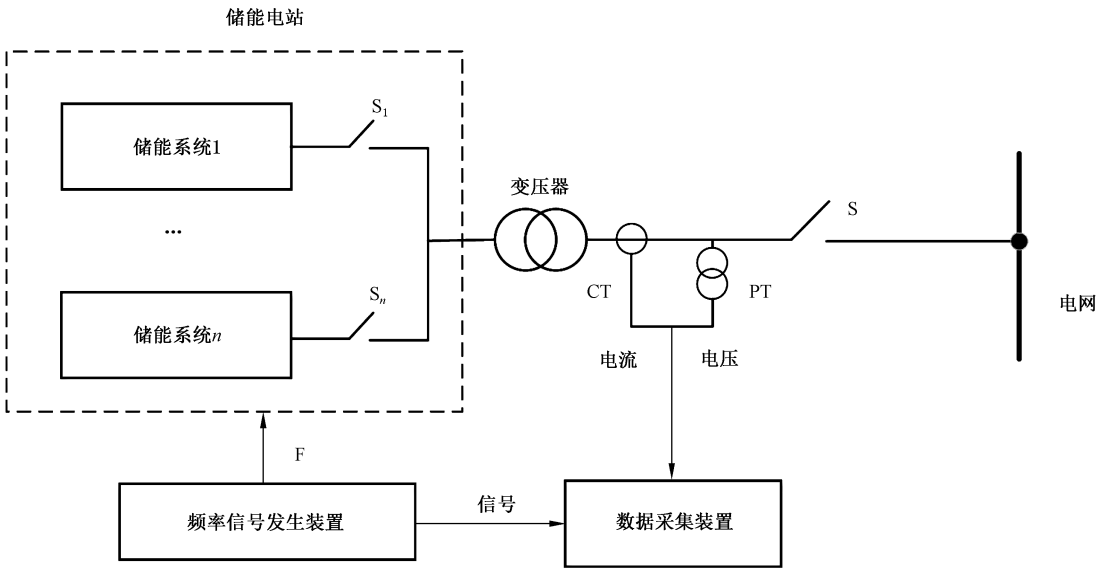
注 1:  $S_1, \dots, S_n$ , 表示储能系统的并网开关。

注 2:  $S$ , 表示储能电站并网开关。

图 B.2 储能系统接入电网测试接线示意图

**B.3 储能电站采用频率信号发生装置测试接线**

以储能系统为对象进行测试时，电网模拟装置与被测储能系统串联，数据采集装置接在被测系统变压器高压侧的电压互感器（PT）和电流互感器（CT）上，记录测试点的电压、电流、功率和频率，具体测试接线方法见图 B.3。



注 1:  $S_1, \dots, S_n$ , 表示储能系统的并网开关。

注 2:  $S$ , 表示储能电站并网开关。

图 B.3 储能电站采用频率信号发生装置测试接线示意图

**附 录 C**  
**( 资 料 性 )**  
**测试报告格式**

**C.1 储能电站概况**

储能电站所处位置，装机容量，储能系统构成信息，电网连接状况（包括电压等级、电网接线方式、变电站信息等）。

**C.2 测试信息**

储能电站接入电网测试的测试单位、测试时间、测试环境、测试依据等内容。

**C.3 测试设备**

储能电站接入电网测试的测量设备名称、型号、校准或检定日期等信息。

**C.4 测试项目和测试结论**

储能电站接入电网测试的测试项目和测试结论。

**C.5 测试数据**

储能电站接入电网测试的测试数据。

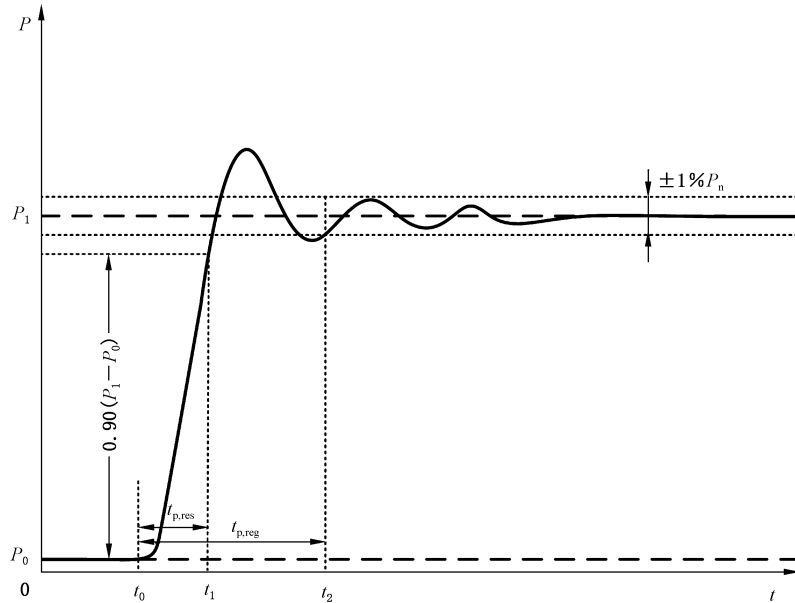


附录 D

(规范性)

有功功率控制响应时间、调节时间和控制偏差参数计算方法

有功功率控制响应特性图见图 D.1，有功功率控制响应时间、调节时间和控制偏差的计算方法见公式 (D.1)～公式 (D.3)。



标引序号说明：

$P_0$ ——有功功率初始值，单位为千瓦 (kW) 或兆瓦 (MW)；

$P_1$ ——有功功率响应目标值，单位为千瓦 (kW) 或兆瓦 (MW)；

$P_n$ ——额定有功功率，单位为千瓦 (kW) 或兆瓦 (MW)；

$t_0$ ——收到控制指令的时刻，单位为秒 (s)；

$t_1$ ——第一次达到有功功率响应增量 90% 的时刻，单位为秒 (s)；

$t_2$ ——持续运行在允许范围内的开始时刻，单位为秒 (s)。

图 D.1 有功功率控制响应判定图

有功功率控制响应时间  $t_{p, \text{res}}$  按公式 (D.1) 进行计算：

$$t_{p, \text{res}} = t_1 - t_0 \quad \text{..... (D.1)}$$

有功功率控制调节时间  $t_{p, \text{reg}}$  按公式 (D.2) 进行计算：

$$t_{p, \text{reg}} = t_2 - t_0 \quad \text{..... (D.2)}$$

有功功率控制偏差  $\Delta P\%$  按公式 (D.3) 进行计算：

$$\Delta P\% = \frac{|P_1 - P_{\text{mes}}|}{P_n} \times 100\% \quad \text{..... (D.3)}$$

式中：

$P_{\text{mes}}$  —— 实际测得有功功率平均值，单位为千瓦 (kW) 或兆瓦 (MW)。

