

ICS 27.10

CCS F19

# 团 体 标 准

T/QME 0010-2023

## 储能虚拟同步机

Energy storage virtual synchronous machine

(征求意见稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

青岛市机械电子工程学会 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.....	2
4 技术要求.....	2
5 试验方法.....	<u>11</u>
6 检验规则.....	<u>22</u>
7 标志、包装、运输、贮存.....	<u>23</u>

## 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》的规定编写。

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这些专利的责任。

本文件由青岛市机械电子工程学会提出并归口。

本文件起草单位：青岛安捷能源科技有限公司、青岛聚能创芯微电子有限公司、青岛三华电子科技有限公司、XXXX。

本文件主要起草人：宁振、高宽志、邢葆森、高超、马玉坤、刘培臣、郑晓明、张超、刘海丰、万秀水、XXX。

本文件为首次编制。

# 储能虚拟同步机

## 1 范围

本文件规定了储能虚拟同步机的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存等。

本文件适用于储能虚拟同步机。

## 2 规范性引用文件

通过文中规范性的引用下列文件中的内容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 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.3 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验第 2 部分：试验方法试验 Db：交变湿热(12h+12h 循环)
- GB/T 3859.2 半导体变流器通用要求和电网换相变流器 第 1-2 部分：应用导则
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB 4824-2019 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法
- GB/T 6113.102 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-2 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 传导骚扰测量的耦合装置
- GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分：总则
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 17626.2-2018 电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3-2016 电磁兼容试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4-2018 电磁兼容试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5-2019 电磁兼容试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 17626.6-2017 电磁兼容试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.8-2006 电磁兼容试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.12-2013 电磁兼容试验和测量技术 振铃波抗扰度试验
- GB/T 34120-2017 电化学储能系统储能变流器技术规范
- 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 34133-2017 储能变流器检测技术规程
- GB/T 35726-2017 并联型有源电能质量治理设备性能检测规程
- GB/T 38983.1 虚拟同步机 第一部分：总则
- DL/T 1216 低压静止无功发生装置技术规范
- DL/T 2246.1 电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 1 部分：并网运行调试
- DL/T 2246.7-2021 电化学储能电站并网运行与控制技术规范 第 7 部分：惯量支撑与阻尼控制

### 3 术语和定义

GB/T 35726-2017、GB/T 38983.1、DL/T 1216、DL/T 2246.1、DL/T 2246.7-2021 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 技术要求

#### 4.1 虚拟同步功能

##### 4.1.1 惯量支撑

当系统频率偏差值超过±0.03 Hz 时，储能虚拟同步机应提供惯量支撑，根据频率的变化率，改变其有功功率输出，包含需切换充放电状态的情况。

惯量支撑时，储能虚拟同步机有功功率变化量应满足式（1），ΔP 最大值不应低于 10%P<sub>N</sub>，响应时间不应大于 0.5s，实际发出有功与有功指令之间的误差不应超过±2%P<sub>N</sub>，T<sub>J</sub> 应可灵活设置/整定（默认值建议 4s~12s）。

$$\Delta P = -T_J \frac{df/dt}{f_N} P_N \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- t ——时间，s；
- f —— 储能虚拟同步机并网点频率，Hz；
- T<sub>J</sub> —— 储能虚拟同步机惯性时间常数，s；
- P<sub>N</sub> —— 储能虚拟同步机额定容量，W；
- f<sub>N</sub> ——系统额定频率，Hz；
- ΔP —— 储能虚拟同步机有功功率变化量，W。

##### 4.1.2 阻尼控制

当系统发生 0.2Hz~2.5Hz 的低频振荡，且并网点频率振荡幅值大于 0.003Hz 时，储能虚拟同步机应通过附加阻尼控制调节有功功率，抑制低频振荡，有功功率变化量ΔP<sub>D</sub> 最大值不应低于 10%P<sub>N</sub> 且不高于 30%P<sub>N</sub>，响应时间不应大于 0.5s。

阻尼控制响应时，储能提供的振荡能量流 W 应小于零。

$$W = \int (\Delta P_D \times 2\pi\Delta f) dt \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- t ——时间，s；
- W —— 储能虚拟同步机提供的振荡能量，J；
- ΔP<sub>D</sub> —— 储能虚拟同步机有功功率变化量，W；
- Δf ——储能虚拟同步机并网点频率变化量，Δf=f-f<sub>N</sub>，Hz。

##### 4.1.3 快速调频

当系统频率偏差值超过±0.03Hz 时，储能虚拟同步机应能连续调节有功功率，参与电网快速调频。具体要求如下：

- a) 当系统频率下降且超过调频死区时，储能虚拟同步机应根据快速调频曲线增大放电有功功率或

减小充电有功功率，且最大输出有功可以达到满放电功率。

b) 当系统频率上升且超过调频死区时，储能虚拟同步机应根据快速调频曲线减小放电有功功率或增大充电有功功率，且最大吸收有功可以达到满充电功率。

c) 快速调频系数  $K_f$  应在 50~200，推荐为 200，快速调频曲线如图 1 所示，图 1 中的有功功率变化量  $\Delta P$  满足式 (3) 的要求：

$$K_f = \frac{\Delta P / P_N}{\Delta f / f_N} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$K_f$ ——储能虚拟同步机快速调频系数；

$P_N$ ——储能虚拟同步机额定容量，W；

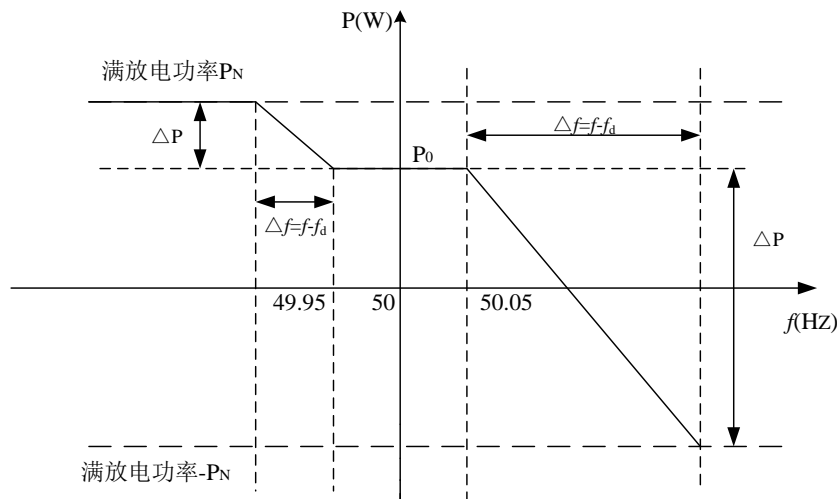
$f_N$ ——系统额定频率，Hz；

$f$ ——储能虚拟同步机并网点频率，Hz；

$\Delta P$ ——储能虚拟同步机有功功率变化量，W。

d) 快速调频的响应时间不应大于 0.1s，调节时间不应大于 0.5s，有功功率调节控制误差不应超过  $\pm 2\% P_N$ 。

e) 储能虚拟同步机参加快速调频的稳定运行时间不应小于 5 min。



注：  $P_0$  为储能虚拟同步机快速调频前运行功率，  $f_d$  为调频死区。

图 1 快速调频曲线图

#### 4.1.4 无功调压

当系统电压偏差超过  $\pm 2\% U_N$  时（可根据实际情况设置调压死区），储能虚拟同步机应根据系统电压的变化连续调节无功功率支撑电压的稳定，具体如下：

a) 当系统电压偏高且超过调压死区时，储能虚拟同步机从电网吸收无功（无功呈感性）；

b) 当系统电压偏低且超过调压死区时，储能虚拟同步机向电网注入无功（无功呈容性）；

$$K_V = \frac{\Delta Q / S_N}{\Delta U / U_N} \dots\dots\dots (4)$$

## T/QME 0010-2023

式中:

$K_v$ ——储能虚拟同步机无功调压系数;

$S_N$ ——储能虚拟同步机额定容量, VA;

$U_N$ ——系统额定电压, V;

$\Delta U$ ——超出调压死区的电压变化量, V;

$\Delta Q$ ——储能虚拟同步机无功功率变化量, var。

## 4.2 电能质量治理

### 4.2.1 不平衡补偿功能

装置应具备一定的不平衡补偿能力,在补偿能力范围内,根据可设置的电网目标点电流不平衡度限值和策略,实时监测跟踪电网目标点电流不平衡度而输出相应不平衡补偿电流。

具体要求由供方和需方协商确定。

### 4.2.2 谐波补偿功能

装置应具备一定的谐波补偿能力,在补偿能力范围内,根据可设置的电网目标点谐波电流限制和控制策略,实时监测跟踪电网目标点谐波变化而输出相应谐波补偿电流。

具体要求由供方和需方协商确定。

### 4.2.3 不平衡补偿性能

在装置的不平衡补偿能力范围内,不平衡电流补偿率不低于 90%。

注:负序、零序的最大补偿电流均不小于额定电流的 33.3%。

### 4.2.4 谐波补偿性能

在装置的谐波补偿能力范围内,装置总谐波电流补偿率不低于 60%,单次谐波电流补偿率不低于 75%。

注:装置最低要求可补偿 2~13 奇数次谐波,谐波可补偿总电流不小于额定电流的 33.3%,若装置支持偶次谐波补偿,谐波测试实验必须包含推荐表 2 次谐波分量。

### 4.2.5 补偿响应时间

装置补偿响应时间不大于 20ms。

### 4.2.6 补偿电流限幅

储能虚拟同步机额定电流为  $I_N$ ,装置可设置最大补偿相电流  $I_{comp\_max} (\geq 0.33I_N)$ , N 线电流  $I_{compN\_max} (\geq I_N)$ ,当负载中需要补偿的不平衡、谐波电流  $I_{unharmX\_Load} (X=A、B、C、N)$  大于装置可补偿上限时,装置需降低补偿电流  $I_{unharmX\_comp}$  至最大补偿电流。

装置相线、N 线电流补偿系数定义:



$$g_{\text{相线}} = \min\left(\frac{\max(I_{\text{unharmA\_Load}}, I_{\text{unharmB\_Load}}, I_{\text{unharmC\_Load}})}{I_{\text{comp\_max}}}, 1.0\right) \times 100\%$$

$$g_{\text{N线}} = \min\left(\frac{I_{\text{unharmN\_Load}}}{I_{\text{compN\_max}}}, 1.0\right) \times 100\%$$

三相四线工作模式时:  $g_{4L} = \min(g_{\text{相线}}, g_{\text{N线}})$

三相三线工作模式时:  $g_{3L} = g_{\text{相线}}$

注 1: 根据 4.2.3 不平衡补偿率要求, 不平衡补偿限幅时, 三相四线、三相三线工作时, 不平衡补偿率达到  $0.9g_{4L}$ 、 $0.9g_{3L}$  即满足要求。

注 2: 根据 4.2.4 谐波补偿率要求, 谐波补偿限幅时, 三相四线、三相三线工作时, 谐波补偿率达到  $0.6g_{4L}$ 、 $0.6g_{3L}$  即满足要求。

#### 4.2.7 电流控制优先级

储能虚拟同步机装置输出电流可分为有功、无功、不平衡、谐波 4 种成分, 装置需区分电流分量优先级, 当装置容量受限时, 优先限制低优先级分量输出, 表中为建议 4 种优先级分配方式 (P 有功、Q 无功、Un 不平衡、Harm 谐波), 装置至少具备方案 1 优先级分配能力。

表 1 电流控制优先级方案

优先级	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
1	P	P	P、Q	P、Q
2	Q	Q	\	\
3	Un	Un、Harm	Un	Un、Harm
4	Harm	\	Harm	\

当装置有功、无功总电流 (矢量和) 超出装置容量时:

- (1) 方案 1~4 均不输出不平衡、谐波电流
- (2) 方案 1、方案 2 优先限制无功输出
- (3) 方案 3、方案 4 有功、无功同比例限制输出

当装置不平衡、谐波电流超出装置容量时:

- (1) 方案 1、方案 3 优先限制谐波补偿电流
- (2) 方案 2、方案 4 不平衡、谐波同比例限制输出

#### 4.3 离网运行控制

##### 4.3.1 离网带载能力

在空载、三相阻感性负载、单相阻感性负载、三相非线性负载、单相非线性负载、三相发电设备、单相发电设备条件下, 储能虚拟同步机应无故障连续运行, 测试时间应不少于 5min。

##### 4.3.2 电压总谐波畸变率

## T/QME 0010-2023

在空载、三相阻感性负载、单相阻感性负载、三相非线性负载、单相非线性负载、三相发电设备、单相发电设备条件下，储能虚拟同步机交流侧输出电压总谐波畸变率应不超过 3%。

### 4.3.3 电压不平衡度

在空载、三相阻感性负载、单相阻感性负载、三相非线性负载、单相非线性负载、三相发电设备、单相发电设备条件下，储能虚拟同步机输出电压不平衡度应小于 3%。

### 4.3.4 动态电压瞬变

设备接单相、三相阻性负载时，负载从0到100%及从100%到0突变时，储能虚拟同步机输出电压瞬时值变化应小于10%额定电压峰值。

## 4.4 并网功率控制

### 4.4.1 电流总谐波畸变率

设备在额定电压下运行时，设备在50%充电、100%充电、50%放电、100%放电、50%容性无功、100%容性无功、50%感性无功、100%感性无功运行时，虚拟同步机输出电流总谐波畸变率应不超过3%。

### 4.4.2 电流不平衡度

设备在额定电压下运行时，设备在50%充电、100%充电、50%放电、100%放电、50%容性无功、100%容性无功、50%感性无功、100%感性无功运行时，虚拟同步机输出电流不平衡度应不超过3%。

### 4.4.3 电流直流分量

储能虚拟同步机在额定功率运行时，包括有功、无功控制，交流侧电流中的直流分量不应超过其输出电流额定值的0.5%。

### 4.4.4 功率控制精度

包括有功、无功控制，功率控制偏差不得超过2%额定值。

### 4.4.5 功率运行范围

储能虚拟同步机应该能够四象限运行，有功功率运行上限不低于100%额定值，视在功率运行上限不低于105%额定值，运行范围如图2。

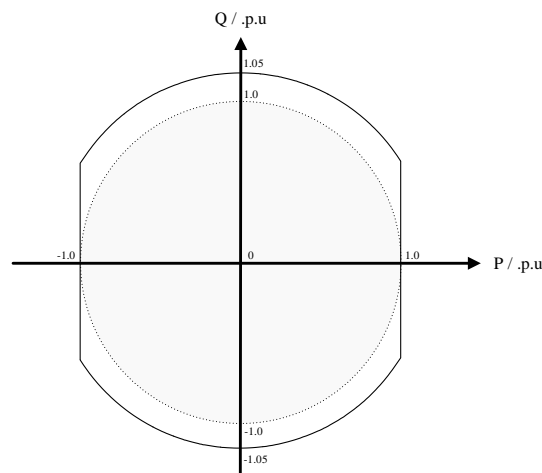


图2 虚拟同步机运行范围

#### 4.4.6 充放电转换响应

储能虚拟同步机充放电转换时，功率变化应平滑连续，且充放电响应时间不大于100ms。

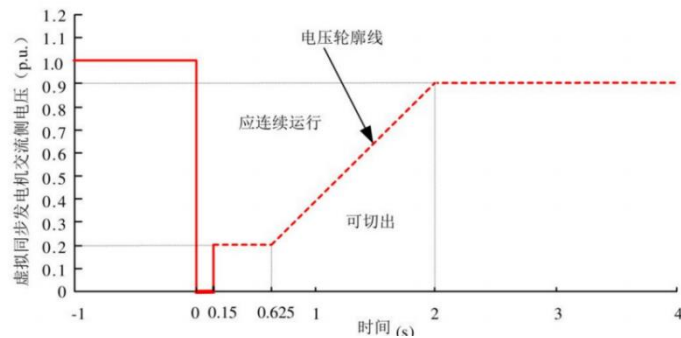
#### 4.4.7 电池禁用时的功率控制

当BMS系统对电池保护断开电池连接时，储能虚拟同步机无功控制、不平衡、谐波补偿应正常运行。

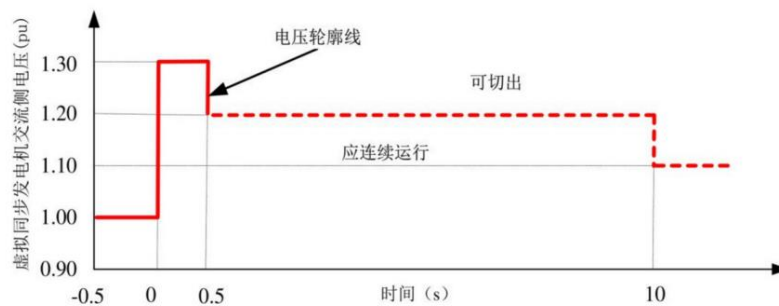
### 4.5 故障穿越

#### 4.5.1 考核曲线

低电压穿越时，当虚拟同步机并网点电压跌至0时，能够保证不脱网连续运行0.15s，当并网点电压跌至电压轮廓线以下时，储能虚拟同步机可以从电网切出。



高电压穿越时，当虚拟同步机并网点电压升至1.3pu时，能够保证不脱网连续运行0.5s，当并网点电压升至电压轮廓线以上时，储能虚拟同步机可以从电网切出。



#### 4.5.2 有功恢复

故障期间没有脱网的储能虚拟同步机，其有功功率在故障清除后应快速恢复，自故障清除时刻开始，以至少30%额定功率每秒的变化率平滑恢复至故障前的值。

#### 4.5.3 动态无功支撑

## T/QME 0010-2023

电网故障期间设备应提供动态无功支撑，支撑电流按4.1.4条无功调压实现，输出最大无功电流为 $1.05I_N$ 。

### 4.6 保护功能

储能虚拟同步机保护功能至少包含以下项目，设备厂商应根据需求完善保护功能。

#### 4.6.1 交流进线相序保护

储能虚拟同步机可配置正相序、逆相序两种模式运行，当配置相序与交流侧电压相序一致时，储能虚拟同步机可正常并网运行，当配置相序与交流侧电压相序不一致时，储能虚拟同步机应保护并告警提示。

表 2 相序保护功能表

电网相序	配置相序	动作
正	正	可运行
正	逆	保护
逆	正	保护
逆	逆	可运行

#### 4.6.2 过温保护及降额

储能虚拟同步机应设置至少两级过温保护阈值 $T_1$ 、 $T_2$  ( $T_1 < T_2$ )，当温度高于 $T_2$ 时，储能虚拟同步机应保护停机，当温度高于 $T_1$ 时，储能虚拟同步机应降低功率上限，限制设备运行功率。

#### 4.6.3 离网过流保护

离网运行时，当负载电流峰值或有效值超过设定阈值时，储能虚拟同步机应保护停机。

#### 4.6.4 防孤岛保护

并网运行时，储能变换器应具备快速检测孤岛并与电网断开的能力，防孤岛动作时间应小于2s且防护孤岛应与电网侧线路保护相结合，孤岛防护不限于主动及被动方案。

#### 4.6.5 通信保护

储能虚拟同步机变流器应与电池管理系统具有通信保护功能。

#### 4.6.6 BMS 保护

故障诊断：按GB/T 34131标准要求；

电气保护：按GB/T 34131标准要求。

### 4.7 环境

#### 4.7.1 环境温度

设备运行期间周围环境温度不高于 $45^{\circ}\text{C}$ 。

#### 4.7.2 相对湿度

日平均相对湿度不大于95%，月平均相对湿度不大于90%。设备上不应出现凝露。

#### 4.7.3 海拔高度

海拔高度 $\leq 1000$  m；海拔高度 $> 1000$ m时，应该按照GB/T7251.1规定降额使用。

#### 4.7.4 其他要求

空气中不含有过量的尘埃、酸、碱、腐蚀性及爆炸性微粒和气体；无剧烈冲击，垂直倾斜度 $\leq 5^\circ$ 。

#### 4.7.5 高温性能

在试验温度为工作温度上限且稳定后，产品应能正常启动运行。

### 4.8 绝缘耐压性

#### 4.8.1 绝缘电阻

在正常试验大气条件下，储能虚拟同步机各独立电路与外露的可导电部分之间，以及与各独立电路之间的绝缘电阻应不小于 $1\text{ M}\Omega$ 。

#### 4.8.2 介质强度

在正常试验大气条件下，储能虚拟同步机应能承受频率为 $50\text{ Hz}$ ，历时 $1\text{ min}$ 的工频交流电压或等效直流电压，试验过程中要保证无击穿或闪络等破坏性放电现象，漏电流 $\leq 20\text{ mA}$ 。

#### 4.8.3 电气间隙和爬电距离

储能虚拟同步机各带电电路之间以及带电部件、导电部件、接地部件之间的电气间隙和爬电距离应符合GB/T7251.1的规定。

### 4.9 电磁兼容

#### 4.9.1 静电放电抗扰度

储能变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.2-2018的规定并在下述条件下进行检测：

- a) 试验电压：接触放电 $6\text{ kV}$ 、空气放电 $8\text{ kV}$ ；
- b) 测试端口：外壳整体；
- c) 每个敏感试验点放电次数：正负极性各 $10$ 次，每次放电间隔至少为 $1\text{ s}$ ；
- d) 性能判据：B。

#### 4.9.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度

储能变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.4-2018的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压： $\pm 2\text{ kV}$ (电源线)、 $\pm 1\text{ kV}$ (信号线)；
- b) 测试端口：输入输出电源端口、信号线；
- c) 重复率： $100\text{ kHz}$ ；
- d) 持续时间： $1\text{ min}$ ；
- e) 性能判据：B。

#### 4.9.3 射频电磁场辐射抗扰度

按照GB/T 17626.3-2016的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 频率范围： $80\text{ MHz}\sim 1000\text{ MHz}$ ；

## T/QME 0010-2023

- b) 试验场强：10V/m(非调制)；
- c) 正弦波1kHz、80%幅度调制；
- d) 测试端口：外壳整体；
- e) 天线极化方向：水平和垂直方向；
- e) 性能判据：A。

### 4.9.4 浪涌(冲击)抗扰度

按照GB/T 17626.5-2019的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 测试电压：±2kV(共模)、±1kV(差模)；
- b) 测试端口：输入输出电源端口、信号线；
- c) 极性：正、负；
- d) 试验次数：正负极性各5次；
- e) 重复率：每分钟一次；
- f) 性能判据：B。

### 4.9.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按照GB/T 17626.6-2017的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 频率范围：0.15MHz~80MHz；
- b) 试验场强：10 V/m(非调制)；
- c) 测试端口：输入输出电源端口、信号线；
- d) 正弦波1kHz，80%幅度调制；
- e) 扫频：≤1%；
- f) 性能判据：A。

### 4.9.6 传导骚扰

储能变流器应在满载状态下运行，按照GB 4824-2019规定并在下述条件下进行：

- a) 测试频段：150 kHz~30 MHz；
- b) 测试端口：输入输出电源端口、信号线；
- c) 测试限值：按照GB 4824-2019组A类限值。

注：当前对于针对直流端口传导发射测试用的考核限值及人工电源网络的规范，使用 GB 4824-2019限值考核直流电源端口(超出人工电源网络耐限的口可使用电压探头测量)。

### 4.9.7 辐射骚扰

储能变流器应在满载状态下运行，参照GB 4824-2019规定并在下述条件下进行：

- a) 测试频段:30MHz~1000MHz；
- b) 测试端口：外壳整体；
- c) 测试限值：参照GB 4824组A类限值。

### 4.9.8 BMS的电磁兼容

BMS应符合以下测试要求：

- a) GB/T 17626.2-2018 规定的严酷等级为三级的静电放电抗扰度；
- b) GB/T 17626.4-2018 规定的严酷等级为三级的电快速瞬变脉冲群抗扰度；
- c) GB/T 17626.5-2019 规定的严酷等级为三级的浪涌(冲击)抗扰度；

- d) GB/T 17626.8-2006 规定的严酷等级为四级的工频磁场抗扰度；
- e) GB/T 17626.12-2013 规定的严酷等级为三级的振荡波抗扰度试验。

#### 4.10 外壳防护等级

应符合GB/T 4208规定，防护等级不低于IP20。

#### 4.11 外观

- 4.11.1 表面平整光洁、色泽均匀，不得有划痕、锈蚀、裂缝等缺陷。
- 4.11.2 文字和符号要求清楚、整齐、规范、正确。
- 4.11.3 标牌、标志、标记应完整清晰。

### 5 试验方法

#### 5.1 虚拟同步功能

##### 5.1.1 惯量支撑

$T_J$  在 4s~12s 时，推荐  $T_J$  为 5s，当储能虚拟同步机有功功率分别在大功率充/放电( $0.7P_N \leq P \leq 0.9P_N$ )和小功率充/放电( $0.3P_N \leq P \leq 0.4P_N$ )时，测试储能虚拟同步机对频率波动时的惯量支撑特性，测试步骤如下：

- a) 关闭储能虚拟同步机调频功能，打开储能虚拟同步机惯量支撑功能，连接储能虚拟同步机和相关测试、测量设备；
- b) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照惯量支撑特性测试曲线(见图 5)的变化，在  $t_0 \sim t_1$ 、 $t_2 \sim t_3$ 、 $t_4 \sim t_5$ 、 $t_6 \sim t_7$  内的频率变化率保持为 0.5Hz/s， $t_4 - t_3 \geq 2\text{min}$ 、 $t_6 - t_5 = t_2 - t_1 = 1\text{min}$ ；
- c) 通过数据采集装置分别记录频率变化区间和稳态区间中储能虚拟同步机交流侧电压与电流的数据，以每 20s 为一点计算响应于惯量的有功功率平均值；
- d) 计算响应于惯量的有功功率响应时间，见 DL/T 2246.7-2021 附录 A；
- e) 根据设置的频率变化率，按照式(1)计算有功功率变化量。

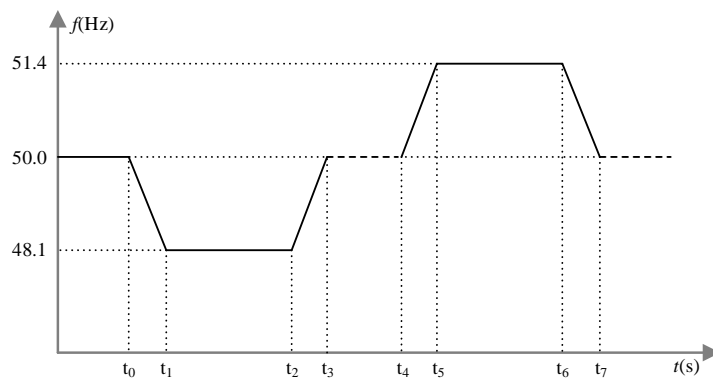


图5 惯量支撑特性测试曲线

##### 5.1.2 阻尼控制

利用测试装置在测试点产生要求的低频频率波动，测试储能虚拟同步机在并网点频率波动时对系

**T/QME 0010-2023**

统的阻尼控制能力。当储能虚拟同步机有功功率输出分别在大功率充/放电( $0.7P_N \leq P \leq 0.9P_N$ )和小功率充/放电( $0.3P_N \leq P \leq 0.4P_N$ )时,测试储能虚拟同步机对低频振荡的阻尼控制特性,测试步骤如下:

- a) 打开储能虚拟同步机阻尼控制功能,连接储能虚拟同步机和相关测试、测量设备;
- b) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率波动,按照阻尼控制测试点(见表 3)设置波动频率与幅值,波动保持时间不应小于 30s;
- c) 通过数据采集装置记录稳态区间中储能虚拟同步机交流侧电压与电流的数据,以不大于 50ms 为一点计算阻尼控制响应的有功功率平均值;
- d) 根据测试频率以及采集的有功功率,按照式(2)计算储能虚拟同步机提供的振荡能量  $W$ 。

**表 3 阻尼控制测试点**

序号	并网点频率波动	
	Hz	
	频率波动幅度为 0.01 Hz	频率波动幅度为 0.02 Hz
1	0.4	0.4
2	1.0	1.0
3	1.6	1.6

**5.1.3 快速调频**

参照图 1 所示的快速调频曲线,利用测试装置在测试点产生要求的频率波动,测试储能虚拟同步机在系统频率波动时自主快速调频的能力。






当储能虚拟同步机充/放电有功功率分别在大功率充/放电( $0.7P_N \leq P \leq 0.9P_N$ )和小功率充/放电( $0.3P_N \leq P \leq 0.4P_N$ )时,测试储能虚拟同步机对频率波动时的响应特性,测试步骤如下:

- a) 关闭储能虚拟同步机惯量支撑功能,打开储能虚拟同步机快速调频功能,连接储能虚拟同步机和相关测试、测量设备;
- b) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照快速调频测试点(见表 4)设置频率,频率保持时间不应小于 30s;
- c) 通过数据采集装置记录稳态区间中储能虚拟同步机交流侧电压与电流的数据,以每 20ms 为一点计算快速调频响应的有功功率平均值;
- d) 计算快速调频的启动时间、响应时间、调节时间、有功功率稳态均值,见 DL/T 2246.7-2021 附录 A;
- e) 根据机端频率的实际测量值,按照式(3)计算有功功率变化量。

**表 4 快速调频测试点**

序号	机端频率 Hz	频率波动波形
1	48.5	
2	49.0	
3	49.8	



4	49.9	
5	50.1	
6	50.2	
7	50.4	
8	51.0	

#### 5.1.4 无功调压

- 1) 设置最大无功功率为  $1.05S_N$ ，设置最大无功电流为  $1.1I_N$ ，关闭电压保护功能；
- 2) 开启无功调压功能，设置/整定无功系数  $K_V \approx 10$ ，无功调压系数与输出功率的关系式；
- 3) 设置无功调压死区  $\pm 2\% p.u.$ ，设置原始功率  $P_0$  为 0，分别测试电压变化  $\pm 0.05$ 、 $\pm 0.10$ 、 $\pm 0.12$  时，稳态无功功率，无功电流；
- 4) 当无功电流未达到上限时（包含达到最大无功功率），稳态功率偏差  $< 2\%$  额定且容、感性功率正确视为测试通过；
- 5) 当无功电流达到上限时，容、感性功率正确视为测试通过。

表 5 无功调压测试点

序号	电压值/p.u(V)	目标功率/ $S_n$
1	1.05	30%（感性）
2	1.10	80%（感性）
3	1.15	105%（感性，Q 到上限）
4	0.95	30%（容性）
5	0.90	80%（容性）
6	0.88	96.8%（容性，I 到上限）

## 5.2 电能质量治理

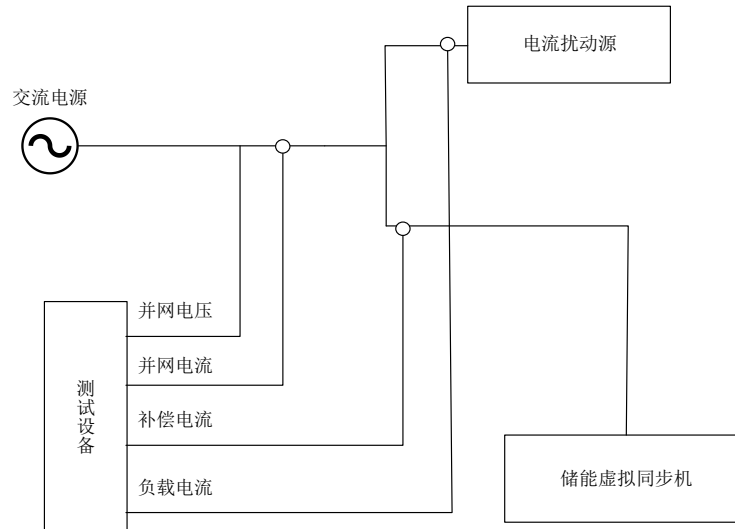


图6 测试接线

### 5.2.1 补偿响应时间试验

储能虚拟同步机要求能够三相三线、三相四线两种模式下运行，响应时间实验需在两种接线模式下分别测试，三相四线测试时电流扰动源必须包含零序分量。

实验室开展补偿响应时间试验应按以下步骤进行：

- a) 按图 6 完成检测仪器接线；
- b) 启动电流扰动源，并设定受试设备为自动运行方式；
- c) 调节电流扰动源（不平衡、谐波分别测试）突升/突降容量为 33.3% $S_N$ ；
- d) 试验期间，同步记录受试设备输出的电流数据；
- e) 按照 GB/T 35726-2017 中 3.7、3.8、3.9 的定义，根据记录数据分析计算受试设备的补偿响应时间。

### 5.2.2 谐波补偿试验

储能虚拟同步机要求能够三相三线、三相四线两种模式下运行，谐波补偿实验需在两种接线模式下分别测试。

实验室开展谐波补偿试验分为单次谐波电流补偿试验和谐波电流叠加补偿试验，按以下步骤进行：

- a) 按图 6 完成检测仪器接线；
- b) 将受试设备工作模式设置为谐波自动补偿控制模式，试验应在设备的额定容量范围内进行；
- c) 单次谐波电流补偿试验时，设置电流扰动源只输出  $h$  次谐波电流，电流扰动源的输出电流可按表 6 中推荐值进行设置，至少包含表 6 中 3 种谐波电流；
- d) 谐波电流叠加补偿试验时，设置电流扰动源输出至少包含表 7 中 3 种谐波电流，且总谐波电流有效值不少于三种工况；
- e) 两种试验分别测量补偿前和补偿后电网侧的谐波电流含有率，根据 GB/T 35726-2017 中 3.2 和 3.3 的定义计算单次谐波电流补偿率和总谐波电流补偿率。

表 6 单次谐波电流补偿试验推荐值

谐波电流次数	2	3 <sup>a</sup>	5	7	11	13	$h_{\max}^b$
--------	---	----------------	---	---	----	----	--------------

单次谐波电流占设备额定补偿电流的比值/%	1	20	20	40	14	9	7	$1/h_{\max} \times 100$
	2	40	40	60	14	9	7	$1/h_{\max} \times 100$
	3	60	60	90	14	9	7	$1/h_{\max} \times 100$
<sup>a</sup> 对于三相四线制类型的设备应增加 3 次谐波电流(零序)补偿试验。 <sup>b</sup> $h_{\max}$ 为设备标称的最大次补偿电流。								

表 7 谐波电流叠加补偿试验推荐值

	谐波次数	2	5	7	11	$h_{\max}^a$	总谐波电流占比/%
	三相三 线制	各次谐波电流占 额定补偿电流比 值/%	30	10	5	4	2
50			20	10	6	2	55.14
60			30	14	9	2	69.14
60			50	14	9	2	79.88 <sup>b</sup>
60			50	14	9	2	79.88 <sup>b</sup>
	谐波次数	2	3	5	11	$h_{\max}^a$	总谐波电流占比/%
	三相四 线制	各次谐波电流占 额定补偿电流比 值/%	30	15	10	5	2
50			30	20	9	2	62.33
60			40	30	9	2	78.64
60			50	40	9	2	88.23 <sup>b</sup>
60			50	40	9	2	88.23 <sup>b</sup>
<sup>a</sup> $h_{\max}$ 为设备标称的最大次补偿电流。 <sup>b</sup> 表示该组推荐值为必做项。							

### 5.2.3 不平衡补偿试验

储能虚拟同步机要求能够三相三线、三相四线两种模式下运行，不平衡补偿实验需在两种接线模式下分别测试。

实验室开展不平衡补偿试验按以下步骤进行：

- a) 按图 6 完成检测仪器接线；
- b) 开启设备不平衡补偿功能；
- c) 设置电流扰动源输出，正序电流分量设置为  $50\%S_N$  ( $S_N$  为装置视在容量)，负序、零序分别添加以下形式，模拟不平衡补偿试验环境；

对于三相三相接线测试：

- (1) 正序  $50\%S_N$ ，负序  $33\%S_N$

对于三相四线接线测试：

- (1) 正序  $50\%S_N$ ，负序  $33\%S_N$
- (2) 正序  $50\%S_N$ ，零序  $33\%S_N$
- (3) 正序  $50\%S_N$ ，负序  $17\%S_N$ ，零序  $17\%S_N$

- d) 测定每种工况下，补偿前后电网侧的电流，计算不平衡补偿率。

## 5.2.4 电流优先级测试

### 5.2.4.1 有功、无功不同优先级测量

- 1) 设置设备工作在优先级方案 1 或方案 2 模式;
- 2) 设置无功电流为感性  $1.0I_N$ ;
- 3) 依次设置有功放电电流  $0.1I_N$ 、 $0.2I_N$ 、 $0.3I_N$ 、 $0.4I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 $0.6I_N$ 、 $0.7I_N$ 、 $0.8I_N$ 、 $0.9I_N$ 、 $1.0I_N$ ;
- 4) 分别记录不同情况下,有功无功的输出,随着有功的增加,无功逐渐降低,有功设置  $1.0I_N$  时,有功、无功分别输出  $1.0I_N$ 、 $0.32I_N$ ,则测试通过;
- 5) 依次设置有功充电电流  $0.1I_N$ 、 $0.2I_N$ 、 $0.3I_N$ 、 $0.4I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 $0.6I_N$ 、 $0.7I_N$ 、 $0.8I_N$ 、 $0.9I_N$ 、 $1.0I_N$ ,重复 4);
- 6) 设置无功电流为容性  $1.0I_N$ ,重复 3)~5)。

### 5.2.4.2 有功、无功同优先级测量

- 1) 设置设备工作在优先级方案 3 或方案 4 模式;
- 2) 设置无功电流为感性  $1.0I_N$ ;
- 3) 依次设置有功放电电流  $0.1I_N$ 、 $0.2I_N$ 、 $0.3I_N$ 、 $0.4I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 $0.6I_N$ 、 $0.7I_N$ 、 $0.8I_N$ 、 $0.9I_N$ 、 $1.0I_N$ ;
- 4) 分别记录不同情况下,有功无功的输出,随着有功的增加,无功逐渐降低,有功设置  $1.0I_N$  时,有功、无功分别输出  $0.74I_N$ 、 $0.74I_N$ ,则测试通过;
- 5) 依次设置有功充电电流  $0.1I_N$ 、 $0.2I_N$ 、 $0.3I_N$ 、 $0.4I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 $0.6I_N$ 、 $0.7I_N$ 、 $0.8I_N$ 、 $0.9I_N$ 、 $1.0I_N$ ,重复 4);
- 6) 设置无功电流为容性  $1.0I_N$ ,重复 3)~5)。

### 5.2.4.3 不平衡、谐波不同优先级测量

- 1) 设置设备工作在优先级方案 1 或方案 3 模式;
- 2) 设置电流扰动装置输出:最大不平衡相电流  $0.2I_N$ ,最大谐波相电流  $0.2I_N$ ;
- 3) 设置有功、无功输出电流均为 0,记录装备的不平衡、谐波补偿电流;
- 4) 依次设置有功放电电流  $0.1I_N$ 、 $0.2I_N$ 、 $0.3I_N$ 、 $0.4I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 $0.6I_N$ 、 $0.7I_N$ 、 $0.8I_N$ 、 $0.9I_N$ 、 $1.0I_N$ ;
- 5) 分别记录不同有功输出情况下,对应的不平衡、谐波补偿率,随着有功电流增加,当设备输出最大相电流达到  $1.0I_N$  后,谐波电流补偿率优先下降,谐波补偿电流降为 0 后,不平衡电流补偿率逐步下降为零,则不平衡、谐波不同优先级测试通过;
- 6) 依次设置有功充电电流  $0.1I_N$ 、 $0.2I_N$ 、 $0.3I_N$ 、 $0.4I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 $0.6I_N$ 、 $0.7I_N$ 、 $0.8I_N$ 、 $0.9I_N$ 、 $1.0I_N$ ,重复步骤 5)。

### 5.2.4.4 不平衡、谐波相同优先级测量(不支持则不测)

- 1) 设置设备工作在优先级方案 2 或方案 4 模式;
- 2) 设置电流扰动装置输出:最大不平衡相电流  $0.2I_N$ ,最大谐波相电流  $0.2I_N$ ;
- 3) 设置有功、无功输出电流均为 0,记录装备的不平衡、谐波补偿率;
- 4) 依次设置有功放电电流  $0.1I_N$ 、 $0.2I_N$ 、 $0.3I_N$ 、 $0.4I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 $0.6I_N$ 、 $0.7I_N$ 、 $0.8I_N$ 、 $0.9I_N$ 、 $1.0I_N$ ;
- 5) 分别记录不同有功输出情况下,对应的不平衡、谐波补偿率,随着有功电流增加,当设备输出最大相电流达到  $1.0I_N$  后,谐波、不平衡电流补偿率同步下降,有功输出  $1.0I_N$  时补偿率降为零则不平衡、谐波相同优先级测试通过;
- 6) 依次设置有功充电电流  $0.1I_N$ 、 $0.2I_N$ 、 $0.3I_N$ 、 $0.4I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 $0.6I_N$ 、 $0.7I_N$ 、 $0.8I_N$ 、 $0.9I_N$ 、 $1.0I_N$ ,重复步骤 5)。

### 5.3 离网运行测试

#### 5.3.1 负载类型及运行测试方法

- 1) 设置设备工作在离网模式下，负荷用双向功率点在负载代替；
- 2) 负荷的类型见表 8；

表 8 离网带载明细

序号	相数	类型	容量	备注
1	三相	线性对称	100% $S_N$	纯阻, PF = 1.0
2				阻感, PF = 0.8
3				阻容, PF = 0.8
4				发电, PF = 1.0
5				发电(感性), PF = 0.8
6				发电(容性), PF = 0.8
7		整流对称	50% $S_N$	三线, 峰均比<2.0
8				四线, 峰均比<2.0
9	单相	线性负荷	100%单相	纯阻, PF = 1.0
10				阻感, PF = 0.8
11				阻容, PF = 0.8
12				发电, PF = 1.0
13				发电(感性), PF = 0.8
14				发电(容性), PF = 0.8
15		整流负荷	50%单相	峰均比<2.0
16	空载	/	/	/

3) 设备按三相三线接线，调节电子负载，使设备分别工作在 1~7、16 工况，分别测试设备输出电压和电流；

4) 设备按三相四线接线，调节电子负载，使设备分别工作在 1~16 所有工况，分别测试设备输出电压和电流。

#### 5.3.2 离网设备带载能力测试

按 5.3.1 测试，所有工况设备能够连续运行不少于 5min，则带载能力测试通过。

#### 5.3.3 离网电压谐波输出测试

按 5.3.1 测试，所有工况设备稳态时，总谐波畸变率不大于 3%，则谐波输出测试通过。

#### 5.3.4 离网电压不平衡测试

按 5.3.1 测试，所有工况设备稳态时，电压不平衡度不大于 3%，则不平衡测试通过。

#### 5.3.5 动态电压瞬变测试

1) 设置工作在离网模式，空载启动待设备运行稳定后，在 A、B、C 任意一相切入单相满载阻性负荷，用示波器测试 A、B、C 三相电压波动值，待设备运行稳定后，将负载瞬间切出，用示波器测试 A、B、C 三相电压波动值；

## T/QME 0010-2023

- 2) 设置工作在离网模式,空载启动待设备运行稳定后,切入三相满载阻性负荷,用示波器测试A、B、C三相电压波动值,待设备运行稳定后,将负载瞬间切出,用示波器测试A、B、C三相电压波动值;
- 3) 1) -2) 测试中电压波动最大值小于10%额定电压峰值即为测试通过。

### 5.4 并网功率控制

#### 5.4.1 电流总谐波畸变率

- 1) 将虚拟同步机设备与电网/电网模拟器连接;
- 2) 储能电池有足够的充、放电容量为前提,进行恒功率控制;
- 3) 设置虚拟同步机充电功率为 50% $S_N$ 、100% $S_N$  ( $S_N$  为虚拟同步机额定功率),每个功率连续运行至少 10min;
- 4) 电流谐波记录到 50 次,计算谐波总畸变率 THD;
- 5) 设置虚拟同步机放电功率为 50% $S_N$ 、100% $S_N$ ,重复 4) ~5)。

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{50} I_i^2}}{I_1} \dots\dots\dots (5)$$

注:  $I_i$  表示  $i$  次谐波电流的大小。

#### 5.4.2 电流不平衡度

- 1) 将虚拟同步机设备与电网/电网模拟器连接;
- 2) 储能电池有足够的充、放电容量为前提,进行恒功率控制;
- 3) 设置虚拟同步机充电功率为 50% $S_N$ 、100% $S_N$  ( $S_N$  为虚拟同步机额定功率),每个功率连续运行至少 10min;
- 4) 取时间窗 0.2s 测量并计算三相电流基波正序分量  $I_1$ 、负序分量  $I_2$ 、零序分量  $I_0$  及有效值,每分钟取一组数据共取 10 组数据;
- 5) 计算电流负序不平衡度  $I_{un,2}$ 、零序不平衡度  $I_{un,0}$ 、总电流不平衡度  $I_{un,r}$ ,三个不平衡度指标均要满足要求。

$$I_{un,2} = \frac{I_2}{I_1} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

$$I_{un,0} = \frac{I_0}{I_1} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

$$I_{un,r} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

#### 5.4.3 电流直流分量

- 1) 将虚拟同步机设备与电网/电网模拟器连接;
- 2) 储能电池有足够的充、放电容量为前提,进行恒功率控制;
- 3) 设置虚拟同步机充电功率为 100% $S_N$  ( $S_N$  为虚拟同步机额定功率),测试三相电流直流分量;
- 4) 设置虚拟同步机放电功率为 100% $S_N$  ( $S_N$  为虚拟同步机额定功率),测试三相电流直流分量。

#### 5.4.4 功率控制精度、范围

- 1) 储能电池有足够的充、放电容量为前提,设置虚拟同步机为手动运行模式,以 20% $S_N$  ( $S_N$  为虚拟同步机额定容量)为步长分别设置虚拟同步机有功功率、无功功率,使用功率分析仪记录虚拟同步机的输出功率;
- 2) 对有功功率、无功功率进行组合测试,至少包含图 7 中 12 个点。

3) 每个测试点设备均能稳定运行至少 1min，且有功、无功功率控制偏差小于 2% 额定值视为测试通过。

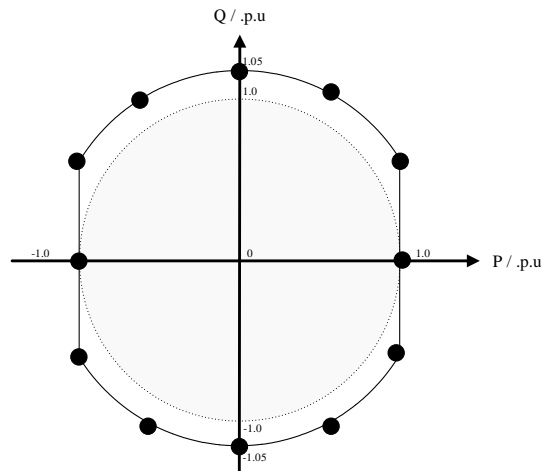


图 7 运行范围测试分布

#### 5.4.5 充放电转换时间

充放电转换时间测试按以下步骤进行：

- 1) 虚拟同步机正在指令功率充电状态下运行至少 3min，向虚拟同步机发送放电指令，测量虚拟同步机从 90% 指令功率充电状态切换到 90% 指令功率放电状态的最小时间间隔  $t_1$ ；
- 2) 虚拟同步机正在指令功率放电状态下运行至少 3min，向虚拟同步机发送充电指令，测量虚拟同步机从 90% 指令功率放电状态切换到 90% 指令功率充电状态的最小时间间隔  $t_2$ ；
- 3) 按式 (9) 计算平均充放电切换时间  $t$ 。

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} \dots\dots\dots (9)$$

#### 5.4.6 电池禁用时的功率控制

- 1) 按图 6 连接设备并设置虚拟同步机工作在充放电模式及电能质量治理模式；
- 2) 调节电流扰动源使装置不平衡、谐波补偿电流均不小于 10% 额定值；
- 3) 设置装置充电功率为 50% $P_N$ ；
- 4) 模拟 BMS 系统故障并使电池系统断开连接；
- 5) 电池系统断开后，装置有功功率降为零且不平衡、谐波补偿电流保持电池断开前状态，则测试通过；
- 6) 恢复电池连接，设置放电功率为 50% $P_N$ ，重复步骤 5)。

### 5.5 故障穿越

#### 5.5.1 测试准备

##### 5.5.1.1 是否进行空载实验

当使用有源装置模拟电网故障，如电网模拟器，交流端口电压不受设备故障穿越过程中支撑功率影响，允许不进行空载实验；当使用无源装置模拟电网故障，交流端口电压可能受虚拟同步机支撑功率影响，则需要做空载实验。

## T/QME 0010-2023

### 5.5.1.2 测试功率选择

当虚拟同步机额定容量较大且采用模块化设计时，允许对部分模块（至少两个）进行故障穿越测试代替整机故障穿越测试，当使用部分模块进行故障穿越测试时，动态无功支撑的额定功率/电流按投入的模块容量计算。

### 5.5.1.3 故障穿越测试点

(1) 低电压穿越选取至少 5 个测试点， $0\% \sim 15\%U_N$ 、 $20\% \sim 25\%U_N$ 、 $25\% \sim 50\%U_N$ 、 $50\% \sim 75\%U_N$ 、 $75\% \sim 90\%U_N$ ，电压跌落时间应按照电压穿越曲线设置最大值；

(2) 高电压穿越选取至少 2 个测试点， $110\% \sim 120\%U_N$ 、 $120\% \sim 130\%U_N$ ，电压抬升时间按照电压穿越曲线设置最大值。

## 5.5.2 空载实验

空载实验测试步骤如下：

- 1) 断开储能虚拟同步机与电网故障模拟装置的连接，故障模拟装置空载运行；
- 2) 调节故障模拟装置，模拟三相对称故障，跌落电压点及时间应满足图 3 的要求；
- 3) 调节故障模拟装置，模拟 ABC 任意两相相间短路故障，跌落电压点及时间应满足图 3 的要求；
- 4) 调节故障模拟装置，模拟三相电压抬升，抬升电压点及时间应满足图 4 的要求；
- 5) 故障模拟装置的电压阶跃响应时间应不大于 20ms。

## 5.5.3 负载实验

- 1) 将设备接入故障模拟装置，打开设备无功调压功能；
- 2) 调节储能虚拟同步机有功功率，分别在充电  $0.3P_N$ 、 $0.7P_N$  和放电  $0.3P_N$ 、 $0.7P_N$  工况下测试；
- 3) 控制故障模拟装置模拟三相对称跌落，每种工况 5 个测试点均要模拟；
- 4) 记录故障前 10s 到故障恢复后 6 秒的数据，分析设备的穿越运行、有功恢复及动态无功支撑数据；
- 5) 控制故障模拟装置模拟相间短路跌落，每种工况 5 个测试点均要模拟，重复步骤（4）；
- 6) 控制故障模拟装置模拟三相电压抬升，每种工况 2 个测试点均要模拟，重复步骤（4）。

## 5.6 保护实验

### 5.6.1 交流进线相序保护

按交流进线配置表连接交流侧进线、配置储能虚拟同步机相序，当交流进线相序与设备配置不一致时，设备故障告警，当交流进线相序与设备配置一致时，设备以不小于额定功率的50%充、放电，视为测试通过。

### 5.6.2 过温保护及降额

- 1) 设置储能虚拟同步机为充电模式，充电功率为额定功率；
- 2) 测试当前温度  $T_0$ ；
- 3) 修改过温保护阈值  $T_1$ 、 $T_2$ ，使  $T_1 < T_0 < T_2$ ，测试设备输出功率是否降额；
- 4) 修改过温保护阈值  $T_1$ 、 $T_2$ ，使  $T_2 < T_0$ ，测试设备是否停机并上报过温故障；
- 5) 设置储能虚拟同步机为放电模式，放电功率为额定功率，重复（2）~（4）。

### 5.6.3 离网过流保护



- 1) 设置储能虚拟同步机为离网运行模式，调整三相阻性负荷 $\geq 50\%$ 额定功率；
- 2) 测试负荷的电流峰值  $I_{peak}$ 、有效值  $I_{rms}$ ；
- 3) 调整储能虚拟同步电流峰值保护阈值小于  $I_{peak}$ ，测试设备是否停机并上报过流故障；
- 4) 重复步骤（1）~（2）；
- 5) 调整储能虚拟同步电流有效值保护阈值小于  $I_{rms}$ ，测试设备是否停机并上报过流故障。

#### 5.6.4 防孤岛保护

按照GB/T 34133 6.9条进行。

#### 5.6.5 通信保护

断开与BMS的连接，设备需报通信故障。

#### 5.6.6 BMS 保护

故障诊断：按GB/T 34131标准要求；

电气保护：按GB/T 34131标准要求。

### 5.7 环境

#### 5.7.1 耐湿热性能测试

根据试验条件和使用环境，在以下两种方法中选择其中一种：

a) 交变湿热：按 GB/T2423.4 进行试验后，测量其绝缘电阻，不应小于  $0.5 M\Omega$ 。介质强度不应低于 GB/T 2423.4 规定的介质强度试验电压值的 75%。

b) 恒定湿热：按 GB/T 2423.3 进行试验后，测量其绝缘电阻，不应小于  $0.5 M\Omega$ 。介质强度不应低于 GB/T 2423.3 规定的介质强度试验电压值的 75%。

#### 5.7.2 高温性能测试

- 1) 将设备加热至工作温度上限；
- 2) 启动设备，设备可正常启动，则测试通过。

### 5.8 绝缘耐压性

#### 5.8.1 绝缘电阻

绝缘电阻试验按GB/T 34120-2017中规定进行测试。

#### 5.8.2 介质强度

介质强度试验按GB/T 34120-2017中规定进行测试。

#### 5.8.3 电气间隙和爬电距离

电气间隙和爬电距离按GB/T 7251.1中规定进行测试。

### 5.9 电磁兼容

#### 5.9.1 静电放电抗扰度试验

按照GB/T 17626.2-2018规定的测试方法测试。

## **T/QME 0010-2023**

### **5.9.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验**

按照GB/T 17626.4-2018规定的测试方法测试。

### **5.9.3 射频电磁场辐射抗扰度试验**

按照GB/T 17626.3-2016规定的测试方法测试。

### **5.9.4 浪涌(冲击)抗扰度试验**

按照GB/T 17626.5-2019规定的测试方法测试。

### **5.9.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验**

按照GB/T 17626.6-2017规定的测试方法测试。

### **5.9.6 传导骚扰试验**

按照GB/T 6113.102-2018规定的测试方法测试。

### **5.9.7 辐射骚扰试验**

按照GB/T 6113.102-2018规定的测试方法测试。

### **5.10 外壳防护等级**

按GB/T 4208规定试验。

### **5.11 外观**

采用目视、感官检验。

## **6 检验规则**

### **6.1 检验分类**

产品检验分出厂检验和型式检验。

### **6.2 出厂检验**

6.2.1 检验项目为 5.2.3、5.4.4、5.8、5.11。

6.2.2 每台产品都应进行出厂检验。所检项目全部合格，即可判定该批产品合格。一台中有一项性能不符合要求，即为不合格，应返工后重新检验，重新检验仍不合格，则为该批产品检验不合格。

6.2.3 检验合格后，附有产品质量合格证方可出厂。

### **6.3 型式检验**

6.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品设计定型时；
- b) 已定型的产品当设计、结构、关键材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 停产一年以上，再次恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- e) 国家质量监督机构提出型式检验要求时。

6.3.2 型式检验项目为本文件第 4 章规定的所有项目，所检验项目应全部合格。

### 6.3.3 抽样方法及判定规则

进行型式检验时，应在经过出厂检验合格的产品中随机抽取 2 台样品。型式检验后如全部检验项目符合本文件规定，则判本次型式检验合格；若有任何一项为不合格，允许加倍抽样复检，如复检合格判该次型式检验合格；如仍不合格，则判该次型式检验不合格。

## 7 标志、包装、运输、贮存

### 7.1 标志

#### 7.1.1 产品标志

产品的适当位置应有标志，标志内容如下：

- a) 产品型号、编号、名称；
- b) 产品主要参数；
- c) 生产日期；
- d) 制造厂名。

#### 7.1.2 包装标志

产品外包装上的收发货标志、包装储运标志和警示标志，按 GB/T 191 的有关规定执行。

### 7.2 包装

#### 7.2.1 一般要求

产品包装应符合 GB/T 13384 的有关规定。

#### 7.2.2 产品随带文件

- a) 产品合格证书；
- b) 使用维护所必要的使用维护说明书；
- c) 装箱清单；
- d) 产品保修卡，并注明保修期限。

### 7.3 运输

产品在运输过程中应防止剧烈冲击、振动、阳光暴晒和雨淋。

### 7.4 贮存

应存放在通风、干燥的库房内，贮存时应严防受潮及日晒，避免与腐蚀性物质共同贮存，贮存温度  $-10^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度低于 80%。