



中华人民共和国国家标准

GB/T 34133—2017

储能变流器检测技术规程

Testing code for power converter of electrochemical energy storage system



2017-07-31 发布

2018-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国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 检测条件	2
5 检测装置	3
6 检测项目	5
附录 A (资料性附录) 检测记录	26
附录 B (规范性附录) 功率设定值控制响应时间及控制精度判定方法	38
附录 C (规范性附录) 检测规则	40

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院、阳光电源股份有限公司、北京群菱能源科技有限公司、许继电源股份有限公司。

本标准主要起草人：吴福保、陈志磊、张军军、秦筱迪、李臻、牛晨晖、陈梅、夏烈、徐亮辉、赵为、林永清、曹智慧、李政、周荣蓉、郭重阳、董玮、曹磊、杨青斌。



储能变流器检测技术规程

1 范围

本标准规定了电化学储能变流器的检测项目、检测条件、检测装置和检测步骤等。

本标准适用于以电化学电池作为储能载体的低压三相储能变流器,且直流侧电压不超过 1 000 V。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温
- GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 C_{ab}: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(12 h+12 h 循环)
- GB/T 3859.1 半导体变流器通用要求和电网换相变流器 第1-1部分:基本要求规范
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)(IEC 60529:2001)
- GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分:通用要求
- GB 4824 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 骚扰特性 限值和测量方法
- GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分:型式试验和部分型式试验成套设备
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 13422 半导体变流器 电气试验方法
- 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 17626.2 电磁兼容 检测和测量技术 静电放电抗扰度检测
- GB/T 17626.3 电磁兼容 检测和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度检测
- GB/T 17626.4 电磁兼容 检测和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度检测
- GB/T 17626.5 电磁兼容 检测和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度检测
- GB/T 17626.6 电磁兼容 检测和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.15 电磁兼容性 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范
- GB/T 20840.2 互感器 第2部分:电流互感器的补充技术要求
- GB/T 20840.3 互感器 第3部分:电磁式电压互感器的补充技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

储能变流器 power conversion system; PCS

电化学储能系统中,连接于电池系统与电网(和/或负荷)之间的实现电能双向转换的装置。

3.2

恒流充电 **constant current charge**

充电过程中电流保持恒定的充电。

3.3

恒压充电 **constant voltage charge**

充电过程中电压保持恒定的充电。

3.4

稳流精度 **stabilized current precision**

电池储能系统在恒流充电状态下,储能变流器直流侧输出电流在其额定值范围内任一数值上保持稳定时,其输出电流最大波动值与设定值之间的比值。

3.5

稳压精度 **stabilized voltage precision**

电池储能系统在恒压充电状态下,储能变流器直流侧输出电流在其额定值范围内变化,输出电压在可调节范围内任一数值上保持稳定时,其输出电压最大波动值与设定值之间的比值。

3.6

低电压穿越 **low voltage ride through**

当电力系统事故或扰动引起并网点电压跌落时,在一定的电压跌落范围和时间间隔内,电池储能系统能够保证不脱网连续运行。

3.7

电网模拟装置 **grid simulator**

模拟电网输出特性的可控交流电源。

3.8

充放电转换时间 **transfer time between charge and discharge**

储能系统在充电状态和放电状态之间切换所需要的时间。一般是指从 90%额定功率充电状态转换到 90%额定功率放电状态与从 90%额定功率放电状态转换到 90%额定功率充电状态所需时间的平均值。

4 检测条件

4.1 环境条件

检测应在以下环境条件下进行:

- a) 环境温度:20℃~30℃;
- b) 相对湿度:≤90%;
- c) 环境气压:86 kPa~106 kPa。

4.2 电气条件

4.2.1 电网电能质量条件

检测应在以下电网电能质量条件下进行:

- a) 电压谐波总畸变率应满足 GB/T 14549 的规定;
- b) 电网频率偏差应满足 GB/T 15945 的规定;
- c) 电网电压偏差应满足 GB/T 12325 的规定;
- d) 电网电压三相不平衡度应满足 GB/T 15543 的规定。

4.2.2 电气安全要求

测试场地电气安全应满足 GB 4793.1 的要求。

5 检测装置

5.1 测量装置

电压、电流测量装置和数据采集装置的准确度等级应至少满足表 1 的要求。电压互感器应满足 GB/T 20840.3 的要求,电流互感器应满足 GB/T 20840.2 的要求,传感器响应时间不应大于 100 μ s。数据采集装置的采样频率不应小于 10 kHz(电能质量测量时不应小于 20 kHz),带宽不应小于 10 kHz。频率测量精度应至少达到 0.01 Hz。

表 1 测量设备仪器准确度要求

设备仪器	准确度等级
电压互感器	0.2 级
电压传感器	0.2 级
电流互感器	0.2 级
电流传感器	0.2 级
数据采集装置	0.2 级

5.2 电网模拟装置

5.2.1 功能要求

电网模拟装置应至少具备以下功能:

- a) 各相电压值可独立调节及编程控制;
- b) 频率值可调节及编程控制;
- c) 电能可双向流动。

5.2.2 性能要求

电网模拟装置的性能指标应符合以下要求:

- a) 与储能变流器连接侧的电压谐波应小于 GB/T 14549 中谐波允许值的 50%;
- b) 向电网注入的电流谐波应小于 GB/T 14549 中谐波允许值;
- c) 输出电压基波偏差值应小于 0.2%,输出电压可调节步长不应大于被测设备可调节步长的 1/2;
- d) 输出频率偏差值应小于 0.01 Hz,可调节步长至少为 0.05 Hz;
- e) 响应时间应小于 0.02 s;
- f) 三相电压不平衡度应小于 1%,相位偏差应小于 1%;
- g) 额定功率不应小于储能变流器的额定功率的 1.2 倍。

5.3 电压跌落发生装置

电压跌落发生装置宜使用无源电抗器模拟电网电压跌落,原理如图 1 所示,装置应满足以下要求:

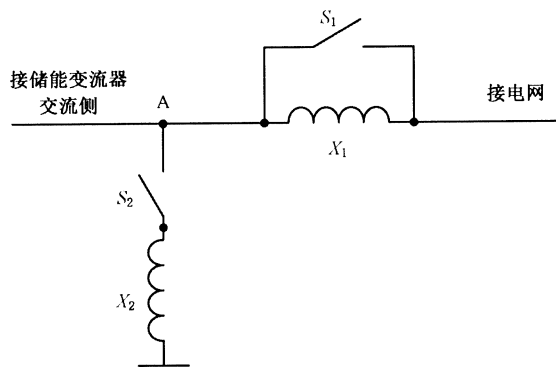


图 1 电压跌落发生装置示意图

- a) 装置应能模拟三相对称电压跌落、相间电压跌落和单相电压跌落；
- b) 限流电抗器 X_1 和短路电抗器 X_2 均应可调，装置应能在 A 点产生不同深度的电压跌落；
- c) 电抗值与电阻值之比(X/R)应至少大于 10；
- d) 三相对称短路容量应为被测储能变流器额定功率的 3 倍及以上；
- e) 开关 S_1 、 S_2 应使用机械断路器或电力电子开关；
- f) 电压跌落时间与恢复时间应小于 20 ms。

5.4 直流电源

直流电源除应满足 5.1 规定的电压、电流精度要求外，还应满足以下要求：

- a) 电压调节范围应能覆盖被测储能变流器工作电压范围，功率应至少为被测储能变流器额定功率的 1.2 倍；
- b) 电压响应时间不应大于 20 ms；
- c) 动态电压瞬变值应小于电压设定值的 $\pm 10\%$ 。

5.5 电池模拟装置

电池模拟装置应至少满足以下要求：

- a) 应满足 5.4 的要求；
- b) 能量应能双向流动；
- c) 应能模拟电化学电池充放电特性，宜能设置电池类型、电池组标称电压、电池组容量等参数。

5.6 直流负载

直流负载应至少满足以下要求：

- a) 具备阻值可调、能实现电压电流闭环控制；
- b) 调整负载产生的电流变化步长不应大于 0.01 A；
- c) 在各电压点的允许电流应大于储能变流器的最大电流；
- d) 宜采用无源器件。

5.7 孤岛模拟负载

孤岛模拟负载除应满足本规程 5.1 规定的电压、电流精度要求外，还应满足以下功能和性能要求：

- a) 阻性负载、感性负载、容性负载调节精度不应大于 0.2%，调节步长不应大于额定功率的 0.05%；
- b) 品质因数 Q_f 的调整范围不小于 1；
- c) 应具备三相独立调节功能。

5.8 温度检测设备

温度检测设备应满足以下要求：

- 应能够存储检测过程中的全部温度数据；
- 应具有足够的通道数量满足测温点的需要；
- 测温通道的测温范围应至少满足 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，测温精度应不低于 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- 各测温通道应有统一的时基信号；
- 采样频率不应低于 1 Hz/s 。

5.9 电磁兼容性测试设备

电磁兼容性测试设备应满足 GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6、GB 4824 的要求。

6 检测项目

6.1 充放电检测

6.1.1 检测回路

检测宜采用电池模拟装置进行，检测回路见图 2。

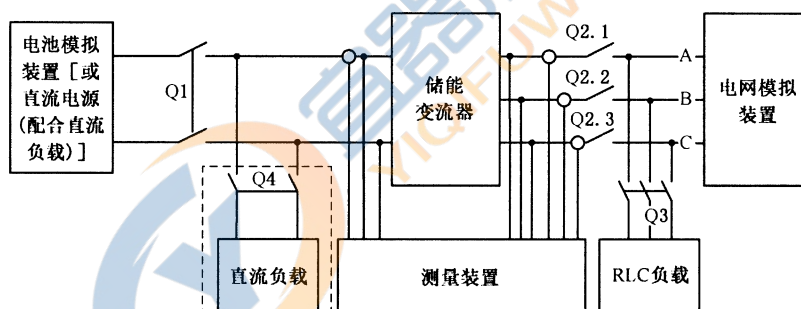


图 2 检测回路示意图

6.1.2 充放电转换时间检测

检测应按以下步骤进行：

- 储能变流器在额定充电功率状态下运行至少 3 min，向储能变流器发额定功率放电指令，测量并记录储能变流器从 90% 额定充电功率状态切换到 90% 额定放电功率状态的最小时间间隔 t_1 ；
- 储能变流器在额定放电功率状态下运行至少 3 min，向储能变流器发额定功率充电指令，测量并记录储能变流器从 90% 额定放电功率状态切换到 90% 额定充电功率状态的最小时间间隔 t_2 ；
- 按式(1)计算平均充放电切换最小时间 t 。

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} \dots\dots\dots (1)$$

6.1.3 直流充电性能检测

6.1.3.1 电流误差检测

检测应按以下步骤进行：

- 按图 2 连接检测回路,调节被测储能变流器工作在恒流充电状态;
- 设定储能变流器直流侧电流分别为直流额定电流的 100%、50%和 10%;
- 接入电池模拟装置或阻性负载,调整电池模拟装置或阻性负载使储能变流器直流侧电压分别为直流电压范围的最大值、中间值和最小值;
- 测量储能变流器直流侧实际电流值,利用式(2)计算储能变流器电流误差;
- 将计算结果填入附录 A 中对应的表格内。

$$\Delta I = \frac{I_z - I_{z0}}{I_{z0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ΔI —— 输出电流误差;

I_z —— 实测电流值;

I_{z0} —— 设定的输出电流整定值。

6.1.3.2 恒流充电稳流精度检测

检测应按以下步骤进行:

- 按图 2 连接检测回路,调节被测储能变流器工作在恒流充电状态。
- 设定储能变流器的直流侧电流分别为直流额定电流的 100%、50%和 10%。
- 接入电池模拟装置或阻性负载,调整电池模拟装置或阻性负载使储能变流器直流侧电压在其直流电压范围内变化,变化步长为被测储能变流器直流电压范围的 20%,每一步长保持至少 10 s,记录充电过程中直流电流数据,得出负载变化过程中直流电流最大波动值 I_M 。
- 按式(3)计算稳流精度。

$$\delta_I = [(I_M - I_z)/I_z] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

δ_I —— 稳流精度;

I_M —— 输出电流波动最大值,单位为安培(A);

I_z —— 输出电流整定值,单位为安培(A)。

- 取 3 个电流设定值下稳流精度最大值作为测量结果。

6.1.3.3 恒流充电电流纹波系数检测

检测应按以下步骤进行:

- 按图 2 连接检测回路,调节被测储能变流器工作在恒流充电状态下;
- 设定储能变流器的直流侧电流分别为其额定直流电流值的 100%、50%、10%;
- 接入电池模拟装置或阻性负载,调整电池模拟装置或阻性负载使储能变流器的直流侧电压分别在其直流电压范围的最大值,中间值和最小值;
- 利用数据采集装置测量储能变流器直流侧电流的纹波值;
- 分别按式(4)和式(5)计算直流电流的纹波有效值系数和峰值系数。

$$X_{I_{rms}} = \frac{I_{rms}}{I_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$X_{I_{pp}} = \frac{I_{pp}}{I_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$X_{I_{rms}}$ —— 电流纹波有效值系数;

$X_{I_{pp}}$ —— 电流纹波峰值系数;

I_{rms} ——输出电流交流分量有效值,单位为安培(A);

I_{PP} ——输出电流交流分量峰-峰值,单位为安培(A);

I_{DC} ——直流输出电流平均值,单位为安培(A)。

6.1.3.4 电压误差检测

检测应按以下步骤进行:

- 按图 2 连接检测回路,调节被测储能变流器工作在恒压充电状态下;
- 设定被测储能变流器直流侧电压分别为其直流电压范围的最大值、中间值和最小值;
- 接入电池模拟装置或阻性负载,调整电池模拟装置或阻性负载使直流侧电流分别为直流电流额定值的 100%、50%、10%;
- 测量储能变流器直流侧实际电压值,利用式(6)计算储能变流器电压误差;
- 将计算结果填入附录 A 中对应的表格内。

$$\Delta U = \frac{U_z - U_{z0}}{U_{z0}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

ΔU ——输出电压误差;

U_z ——实测电压值;

U_{z0} ——设定的输出电压整定值。

6.1.3.5 恒压充电稳压精度检测

检测应按以下步骤进行:

- 按图 2 连接检测回路,调节被测储能变流器工作在恒压充电状态下;
- 设定被测储能变流器直流侧电压分别在其直流电压范围的最大值,中间值和最小值;
- 接入电池模拟装置或阻性负载,调整电池模拟装置或阻性负载使储能变流器直流侧电流在 0%~100%直流额定电流下变化,变化步长为 20%直流额定电流,每一步长保持时间不应小于 10 s,测量直流侧电压的最大波动值 U_M ;
- 按式(7)计算恒压充电稳压精度。

$$\delta_U = [(U_M - U_z)/U_z] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

δ_U ——稳压精度;

U_M ——负载电流在 0%~100%额定电流范围内变化,输出电压波动最大值,单位为伏特(V);

U_z ——输出电压整定值,单位为伏特(V)。

- 取 3 个电压设定值下稳压精度最大值作为检测结果。

6.1.3.6 恒压充电电压纹波检测

检测应按以下步骤进行:

- 按图 2 连接检测回路,调节被测储能变流器工作在恒压充电状态下;
- 设定被测储能变流器直流侧电压分别至其直流电压范围的最大值、中间值和最小值;
- 接入电池模拟装置或阻性负载,调整电池模拟装置或阻性负载使被测储能变流器直流侧电流在 0%~100%额定电流下变化,变化步长为 20%直流额定电流,每一步长保持时间不应小于 10 s;
- 利用数据采集装置测量储能变流器直流侧电压的纹波值;
- 分别按式(8)和式(9)计算纹波有效值系数和纹波峰值系数。

$$X_{U_{rms}} = \frac{U_{rms}}{U_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$X_{U_{pp}} = \frac{U_{pp}}{U_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：
 $X_{U_{rms}}$ ——纹波有效值系数；
 $X_{U_{pp}}$ ——纹波峰值系数；
 U_{rms} ——输出电压交流分量有效值，单位为伏特(V)；
 U_{pp} ——输出电压交流分量峰-峰值，单位为伏特(V)；
 U_{DC} ——直流输出电压平均值，单位为伏特(V)。

6.2 并离网切换检测

6.2.1 检测回路

并离网切换检测回路见图 3 所示：

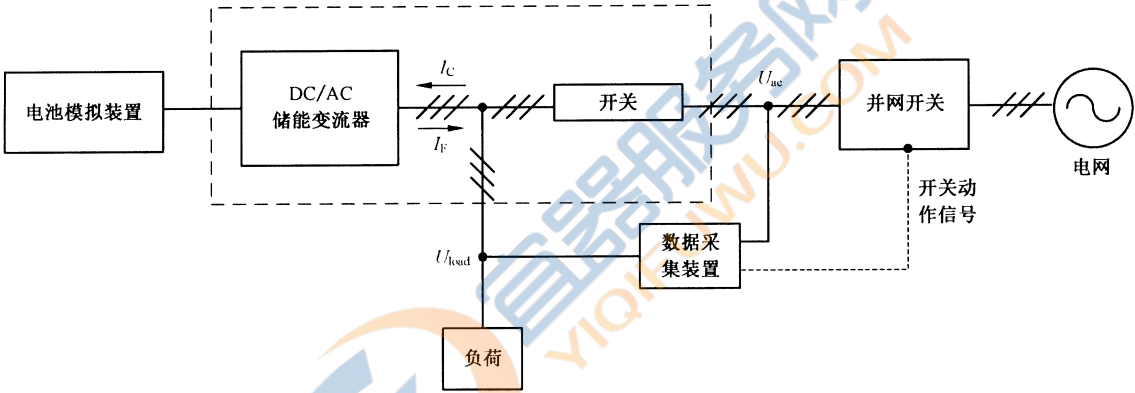


图 3 并离网切换检测回路示意图

6.2.2 主动并离网切换检测

- 检测应按以下步骤进行：
- a) 按图 3 连接检测回路，负荷功率设定为被测储能变流器额定功率的 100%；
 - b) 调节储能变流器工作在并网运行条件下；
 - c) 待储能变流器运行稳定后向其发离网运行命令；
 - d) 确认储能变流器是否切换到离网运行模式；
 - e) 待储能变流器运行稳定后向其发并网运行命令；
 - f) 确认储能变流器是否切换到并网运行模式。
- 注：负荷类型为阻感性负载(PF=0.8)和阻容性负载(PF=0.8)。

6.2.3 被动并网转离网切换时间检测

- 检测应按以下步骤进行：
- a) 按图 3 连接检测回路，设定负荷功率为被测储能变流器额定功率的 100%；
 - b) 调节储能变流器工作在并网额定功率充电运行条件下；
 - c) 待储能变流器运行稳定后断开并网开关；
 - d) 利用数据采集装置测量并记录 U_{load} 、 U_{ac} 的数据与波形；

- e) 测量从并网开关断开时刻起到储能变流器放电电流 I_F 达到额定电流 90% 的时间间隔；
- f) 分别调整负荷功率为被测储能变流器额定功率的 30% 和 60%，重复步骤 b)～d)，并记录实验结果；
- g) 调节储能变流器工作在额定功率放电运行条件下，重复步骤 c)～f)。

注 1: U_{load} 为负载电压, U_{ac} 为网侧电压, I_F 为储能变流器放电电流。

注 2: 负荷类型为阻感性负载 ($PF=0.8$) 和阻容性负载 ($PF=0.8$)。

6.3 效率检测

6.3.1 检测回路框图

储能变流器整流效率和逆变效率检测回路如图 4 所示。

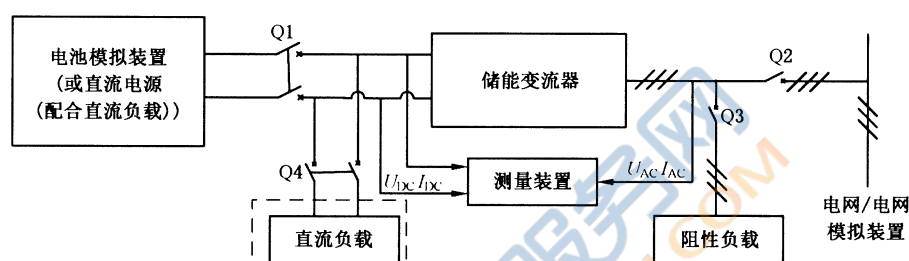


图 4 储能变流器效率检测回路框图

6.3.2 整流效率检测

设定被测储能变流器为并网运行状态并按如下步骤进行检测：

- a) 按照图 4 连接检测回路，调节储能变流器工作在整流状态；
- b) 调节储能变流器直流侧电压为直流电压调节范围上限值；
- c) 使被测储能变流器按每 10% 额定功率为一个区间运行；
- d) 利用数据采集装置记录交流侧有功功率和直流侧有功功率；
- e) 按式(10)计算被测储能变流器整流效率；
- f) 调节储能变流器直流侧电压分别为直流电压调节范围的中间值和下限值，重复步骤 c)～e)。

$$\eta_1 = \frac{p_{DC}}{p_{AC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

η_1 ——整流效率；

p_{DC} ——直流输出功率，单位为瓦特(W)；

p_{AC} ——交流输入功率，单位为瓦特(W)。

6.3.3 逆变效率检测

根据被测储能变流器的运行模式设定相应并网/离网状态并按如下步骤进行检测：

- a) 按照图 4 连接检测回路，调节储能变流器工作在逆变状态；
- b) 调节储能变流器直流侧电压为直流电压调节范围上限值，调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流标称电压；

- c) 使被测储能变流器按每 10% 额定功率为一个区间运行；
- d) 利用数据采集装置测量交流侧有功功率和直流侧有功功率；
- e) 按式(11)计算被测储能变流器逆变效率；
- f) 调节储能变流器直流输出电压分别为直流电压调节范围的中间值和下限值，重复步骤 c)~e)。

$$\eta_2 = \frac{p_{AC}}{p_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- η_2 —— 逆变效率；
- p_{DC} —— 直流输入功率，单位为瓦特(W)；
- p_{AC} —— 交流输出功率，单位为瓦特(W)。

6.3.4 损耗检测

6.3.4.1 待机损耗检测

待机损耗检测应按以下步骤进行：

- a) 按照图 4 连接检测回路；
- b) 使储能逆变器处于待机状态；
- c) 测量直流侧电压和电流数据，交流侧电压和电流数据，利用式(12)计算出待机损耗。

$$P_{\text{backup}} = U_{DC} \times I_{DC} + U_{AC} \times I_{AC} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- P_{backup} —— 为储能变流器待机功率损耗；
- U_{DC} —— 储能变流器直流侧电压值；
- I_{DC} —— 储能变流器直流侧电流值；
- U_{AC} —— 储能变流器交流侧电压值；
- I_{AC} —— 储能变流器交流侧电流值。

注：待机状态为储能变流器处于热备用状态。

6.3.4.2 空载损耗检测

空载损耗检测应按以下步骤进行：

- a) 按照图 4 连接检测回路；
- b) 使储能逆变器处于空载状态；
- c) 测量直流侧电压和电流数据，利用式(13)计算出空载损耗。

$$P_{\text{noload}} = U_{DC} \times I_{DC} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

- P_{noload} —— 为储能变流器空载功率损耗；
- U_{DC} —— 储能变流器直流侧电压值；
- I_{DC} —— 储能变流器直流侧电流值。

注：空载状态为储能变流器离网运行不带负载。

6.4 过载能力检测

检测应按以下步骤进行：

- a) 检测方法应满足 GB/T 13422 规定的要求；
- b) 控制储能变流器交流侧电压为额定电压，交流侧电流为 110% 额定电流，保持 10 min；
- c) 控制储能变流器交流侧电压为额定电压，交流侧电流为 120% 额定电流，保持 1 min。

6.5 电能质量检测

6.5.1 电流谐波检测

检测应按以下步骤进行：

- 在储能变流器交流侧接入电能质量测量装置；
- 设定储能变流器在放电状态下运行；
- 从储能变流器持续正常运行的最小功率开始，以 10% 的储能变流器额定功率为一个区间，每个区间内连续测量 10 min；
- 按式(14)取时间窗 T_w 测量并计算电流谐波子群的有效值，取 3 s 内的 15 个电流谐波子群有效值计算方均根值；
- 计算 10 min 内所包含的各 3 s 电流谐波子群的方均根值；
- 电流谐波子群应记录到第 50 次，利用式(15)计算电流谐波子群总畸变率并记录。
- 设定储能变流器在充电状态下运行，重复步骤 c)～f)。

注 1：h 次谐波子群的有效值。

$$G_h = \sqrt{\sum_{i=-1}^1 C_{10h+i}^2} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

C_{10h+i} —— DFT 输出对应的第 $10h+i$ 根频谱分量的有效值；

注 2：谐波子群总畸变率：

$$THDS_i = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} \left(\frac{G_h}{G_1} \right)^2} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

式中：

G_h —— 在 10 min 内 h 次谐波子群的方均根值；

G_1 —— 在 10 min 内基波子群的方均根值。

6.5.2 电压谐波检测

储能变流器在离网运行模式下，连接阻性负载，按照 6.5.1 中 a)～f) 的要求对电压谐波进行检测。

6.5.3 电流间谐波检测

检测应按以下步骤进行：

- 在储能变流器交流输出侧接入电能质量测量装置；
- 设定储能变流器在放电状态下运行；
- 从储能变流器持续正常运行的最小功率开始，以 10% 的储能变流器额定功率为一个区间，每个区间内连续测量 10 min；
- 按式(16)取时间窗 T_w 测量并计算电流间谐波中心子群的有效值，取 3 s 内的 15 个电流间谐波中心子群有效值计算方均根值；
- 计算 10 min 内所包含的各 3 s 电流间谐波中心子群的方均根值；
- 电流间谐波测量最高频率应达到 2 kHz；
- 设定储能变流器在充电状态下运行，重复步骤 c)～f)。

注：h 次间谐波中心子群的有效值；

$$G_h = \sqrt{\sum_{i=2}^8 C_{10h+i}^2} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

C_{10h+i} —— DFT 输出对应的第 $10h+i$ 根频谱分量的有效值。

6.5.4 电压间谐波检测

储能变流器在离网运行模式下,连接阻性负载,按照 6.5.3 中 a)~f) 的要求对电压间谐波进行检测。

6.5.5 闪变检测

6.5.5.1 持续运行检测

检测应按以下步骤进行:

- 设定储能变流器在放电状态下运行;
- 调节储能变流器无功功率输出 $Q=0$;
- 在储能变流器交流侧接入满足 GB/T 17626.15 要求的电能质量测量装置,电压互感器和电流互感器的截止频率应不小于 400 Hz;
- 从储能变流器持续正常运行的最小功率开始,以 10% 额定功率为一个区间,每个区间内分别测量三相 10 min 短时闪变值 P_{st} ,运行功率等级允许 $\pm 5\%$ 的偏差。储能变流器的长时闪变值应通过短时闪变值 P_{st} 计算。检测方法应满足 GB/T 12326 的要求;
- 设定储能变流器在充电状态下运行,重复步骤 b)~d)。

6.5.5.2 停机操作检测

检测应按以下步骤进行:

- 设定储能变流器在放电状态下运行;
- 调节储能变流器无功功率输出 $Q=0$;
- 在储能变流器交流侧接入满足 GB/T 17626.15 要求的电能质量测量装置,电压互感器和电流互感器的截止频率应不小于 1 500 Hz;
- 测量储能变流器从 100% 额定功率切除过程中的短时闪变值,运行功率等级允许 $\pm 5\%$ 的偏差,测量时段 T 应足够长以确保停机操作引起的电流瞬变已经减弱。检测方法应满足 GB/T 12326 的要求;
- 设定储能变流器在充电状态下运行,重复步骤 b)~d)。

6.5.6 三相不平衡度检测

6.5.6.1 并网三相不平衡度

检测应按以下步骤进行:

- 设置储能变流器工作在并网模式放电状态;
- 在储能变流器交流侧接入电能质量测量装置;
- 从储能变流器持续正常运行的最小功率开始,以 10% 的储能变流器额定功率为一个区间,每个区间内连续测量 10 min 电流数据,从区间开始利用式(17)按每 3 s 时段计算方均根值,共计算 200 个 3 s 时段方均根值;
- 分别记录其负序电流不平衡度测量值的 95% 概率大值和所有测量值中的最大值;
- 设置储能变流器工作在并网模式充电状态,重复步骤 b)~d)。

$$\epsilon = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \epsilon_k^2} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

ϵ_k —— 在 3 s 内第 k 次测得的电流或电压不平衡度;

m ——在 3 s 内均匀间隔取值次数($m \geq 6$)。

6.5.6.2 离网三相不平衡度

储能变流器离网运行时应按 6.5.6.1 中 a)~d) 的要求检测三相电压不平衡度。

6.5.7 直流分量检测

检测应按以下步骤进行：

- 在储能变流器交流侧接入电能质量测量装置；
- 调节储能变流器交流侧输出额定功率，连续测量并记录 10 min 交流侧电流数据；
- 计算 10 min 平均直流分量值。

6.5.8 输出电压偏差检测

6.5.8.1 检测回路框图

储能变流器离网电压偏差检测回路见图 5。

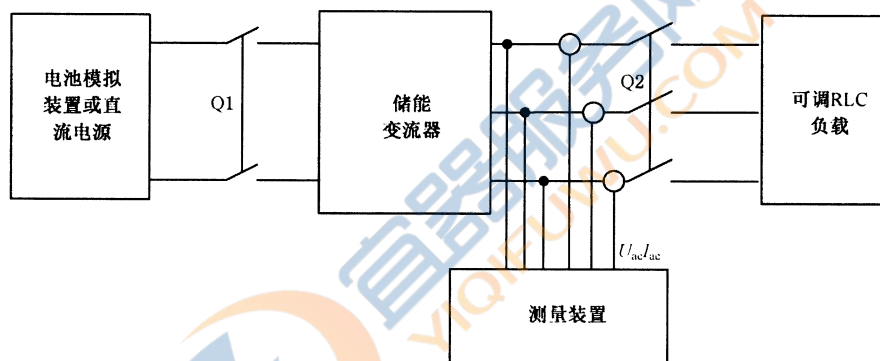


图 5 离网检测回路框图

6.5.8.2 检测步骤

检测应按以下步骤进行：

- 按照图 5 连接检测回路。
- 调节电池模拟装置模拟电池放电特性，调节储能变流器运行在离网模式。
- 在直流输入最大电压值、空载条件下，利用测量装置测量并记录交流输出电压值。
- 在直流输入最小电压值、额定输出功率条件下，设定负载分别为三相纯阻性、三相阻感性($PF=0.7$)和三相阻容性($PF=0.7$)，利用测量装置测量并记录交流输出电压值和相位偏差值。
- 按式(18)计算储能变流器离网运行输出电压偏差。

$$U_{\delta} = \frac{U_{re} - U_N}{U_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中：

U_{δ} ——输出电压偏差率；

U_{re} ——实际输出电压值，单位为伏特(V)；

U_N ——额定输出电压值，单位为伏特(V)。

- 在直流侧最小电压值条件下，将储能变流器交流侧任意两相分别接储能变流器额定功率 33% 的阻性负载，其余一相不接负载，利用测量装置测量并记录交流侧电压值，计算交流侧电压三

相不平衡度。

- g) 在直流侧最小电压值条件下,将储能变流器交流侧任意一相连接到储能变流器额定功率 33% 的阻性负载,其余两相不接负载,利用测量装置测量并记录交流侧电压值,计算交流侧电压三相不平衡度。

注: g) 条款适用于三相四线的储能变流器。

6.5.9 输出频率偏差检测

检测应按以下步骤进行:

- 按照图 5 连接检测回路;
- 调节电池模拟装置模拟电池放电特性,调节储能变流器运行在离网模式;
- 额定输出功率条件下,设定负载分别为阻性、阻感性($PF=0.7$)和阻容性($PF=0.7$),利用测量装置测量并记录交流输出频率值;
- 按式(19)计算储能变流器在离网模式下的频率偏差率。

$$f_{\delta} = \frac{f_{re} - f_N}{f_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

f_{δ} —— 输出频率偏差率;

f_{re} —— 实际输出频率值,单位为赫兹(Hz);

f_N —— 额定输出频率值,单位为赫兹(Hz)。

6.5.10 电压动态瞬变值检测

检测应按以下步骤进行:

- 按照图 5 连接检测回路;
- 设定储能变流器运行在离网模式,交流侧电压为额定电压;
- 设定阻性负荷从 20% 额定功率突加到 100% 额定功率,记录储能变流器的输出电压波形和数据;
- 按式(20)计算负荷突加时输出电压动态瞬变值;
- 计算从负荷突加开始至电压波动有效值恢复到电压初始有效值 3% 的时间;
- 设定阻性负荷从 100% 额定功率突减到 20% 额定功率,记录储能变流器的输出电压波形;
- 按式(20)计算负荷突减时输出电压动态瞬变值;
- 计算从负荷突减开始至电压波动有效值恢复到电压初始有效值 3% 的时间。

$$U_{div} = \frac{\Delta U}{U_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

U_{div} —— 突加或突卸负载时输出电压动态瞬变范围;

ΔU —— 突加或突卸负载后储能变流器交流侧电压有效值与额定值的最大偏差,单位为伏特(V);

U_N —— 交流侧额定电压,单位为伏特(V)。

6.6 功率控制检测

6.6.1 有功功率控制检测

检测应按以下步骤进行:

- 检测期间不应限制储能变流器的有功功率变化速度；
- 按照图 6 的设定曲线控制储能变流器有功功率，并应在每个功率基准值上保持 2 min；
- 在储能变流器交流侧测量时序功率，以每 0.2 s 有功功率平均值为一，拟合实测功率曲线；
- 以每次有功功率变化后的第 2 个 1 min 数据计算 1 min 有功功率平均值；
- 按附录 B 对有功功率控制精度和响应时间进行判定。

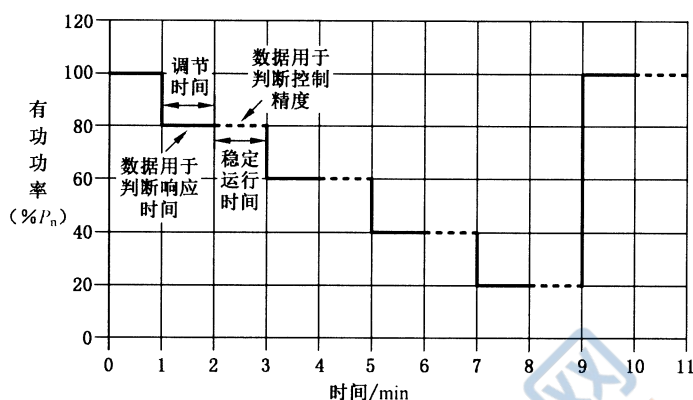


图 6 有功功率控制曲线

注： P_n 为储能变流器额定有功功率值。

6.6.2 无功功率调节功能检测

6.6.2.1 无功功率输出能力检测

检测应按以下步骤进行：

- 调节储能变流器在正常并网方式下运行；
- 从储能变流器持续正常运行的最小功率开始，以每 10% 的额定有功功率作为一个区间进行测试；
- 调节储能变流器输出的感性无功功率至储能变流器感性无功功率输出限值，记录至少 2 个 1 min 感性无功功率和有功功率数据；
- 调节储能变流器输出的容性无功功率至储能变流器容性无功功率输出限值，记录至少 2 个 1 min 容性无功功率和有功功率数据；
- 以每 0.2 s 数据计算一个无功功率平均值，以每 0.2 s 数据计算一个有功功率平均值，利用所有计算所得 0.2 s 功率平均值绘制无功功率-有功功率特性曲线。

6.6.2.2 无功功率控制能力检测

检测应按以下步骤进行：

- 控制储能变流器的有功功率输出为 50% P_n ；
- 检测期间不限制储能变流器的无功功率变化速度。设定 Q_L 和 Q_C 为储能变流器无功功率输出跳变限值；
- 按照图 7 的设定曲线控制储能变流器无功功率，在储能变流器交流侧测量时序功率，以每 0.2 s 无功功率平均值为一，绘制功率实测曲线；
- 无功功率调节精度和响应时间计算见附录 B。

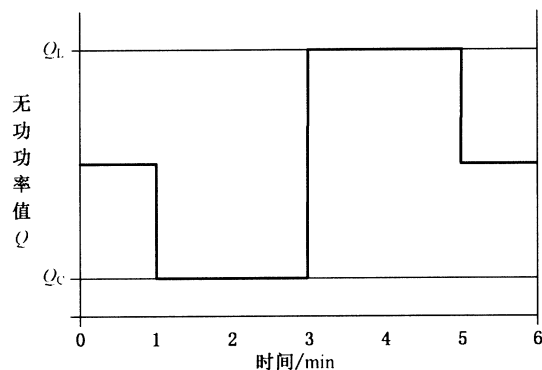


图7 无功功率控制曲线

注： P_n 为储能变流器额定有功功率值； Q_L 为储能变流器感性无功功率跳变限值； Q_C 为储能变流器容性无功功率跳变限值。

6.6.3 功率因数检测

检测应按以下步骤进行：

- 设定储能变流器在正常运行状态下；
- 设定储能变流器输出有功功率为 $50\%P_n$ ，调节储能变流器功率因数为 0.98(超前或滞后)；
- 记录 b) 中有功功率条件下储能变流器能达到的功率因数。

6.7 电网适应性检测

6.7.1 频率适应性检测

检测应按以下步骤进行：

- 调节电网模拟装置输出电压频率在 49.55 Hz~50.15 Hz 之间连续变化，设置储能变流器分别运行在充电状态和放电状态，储能变流器应保持并网运行。应至少在 49.55 Hz、50.15 Hz 及 49.55 Hz~50.15 Hz 的中间值三个点进行检测。
- 设置储能变流器运行在充电状态，调节电网模拟装置输出电压频率在 48.05 Hz~49.45 Hz 范围内保持至少 4 s，记录储能变流器运行状态及相应动作频率、动作时间。应至少在 48.05 Hz、49.45 Hz 及 48.05 Hz~49.45 Hz 的中间值三个点进行检测。
- 设置储能变流器运行在放电状态，重复步骤 b)。
- 设置储能变流器运行在放电状态，调节电网模拟装置输出电压频率在 50.25 Hz~50.45 Hz 范围内保持至少 4 s，记录储能变流器运行状态及相应动作频率、动作时间。应至少在 50.25 Hz、50.45 Hz 及 50.25 Hz~50.45 Hz 的中间值三个点进行检测。
- 设置储能变流器运行在充电状态，重复步骤 d)。

6.7.2 电压适应性检测

检测应按以下步骤进行：

- 调节电网模拟装置输出电压在 $86\%U_n \sim 109\%U_n$ 之间连续变化，设置储能变流器分别运行在充电状态和放电状态，储能变流器应保持并网运行。应至少在 $86\%U_n$ 、 $109\%U_n$ 和 $86\%U_n \sim 109\%U_n$ 的中间值三个点进行检测。
- 设置储能变流器分别运行在充电状态和放电状态，调节电网模拟装置输出电压在 $111\%U_n \sim 119\%U_n$ 范围内保持至少 4 s，记录储能变流器运行状态及相应动作电压、动作时间。应至少在

$111\%U_n$ 、 $119\%U_n$ 及 $111\%U_n \sim 119\%U_n$ 的中间值三个点进行检测。

- c) 设置储能变流器分别运行在充电状态和放电状态,调节电网模拟装置输出电压在 $121\%U_n$ 保持至少 4 s,记录储能变流器运行状态及相应动作电压、动作时间。

6.8 低电压穿越能力检测

6.8.1 检测准备

检测应按以下步骤进行:

- a) 按照图 8 连接检测回路。
- b) 检测应至少选取 5 个跌落点,其中应包含 $0\%U_N$ 和 $20\%U_N$ 跌落点,其他各点应在 $(20\% \sim 50\%)U_N$ 、 $(50\% \sim 75\%)U_N$ 、 $(75\% \sim 85\%)U_N$ 三个区间内均有分布,并按照图 9 曲线要求选取跌落时间。

注: U_N 为储能变流器正常运行时测量点处的标称电压值。

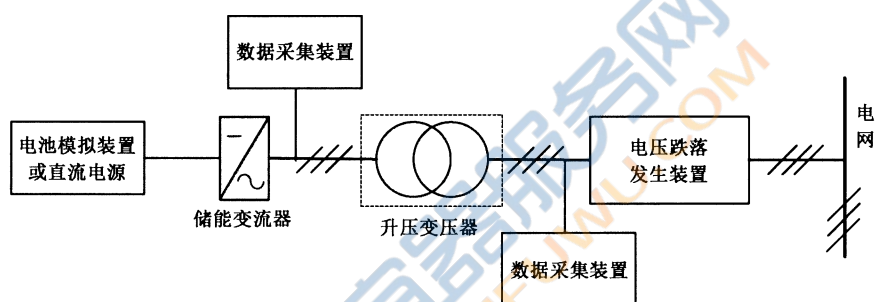


图 8 低电压穿越检测示意图

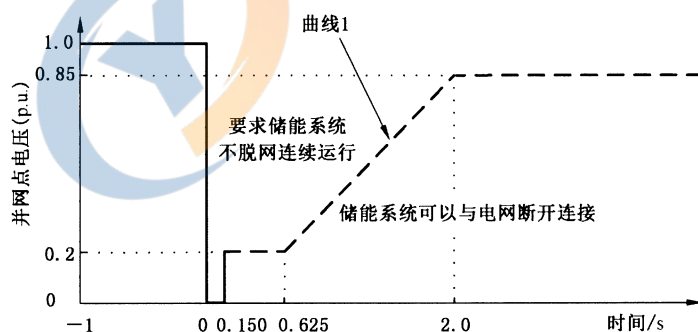


图 9 低电压穿越曲线

6.8.2 空载检测

检测应按以下步骤进行:

- a) 确定被测储能变流器处于停机状态;
- b) 调节电压跌落发生装置,模拟线路三相对称故障,电压跌落点应满足 6.8.1 的要求;
- c) 调节电压跌落发生装置,随机模拟表 2 中的一种线路不对称故障,电压跌落点应满足 6.8.1 的要求;
- d) 测量并调整检测装置参数,使得电压跌落幅值和跌落时间满足图 10 的容差要求。

表 2 线路不对称故障类型

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

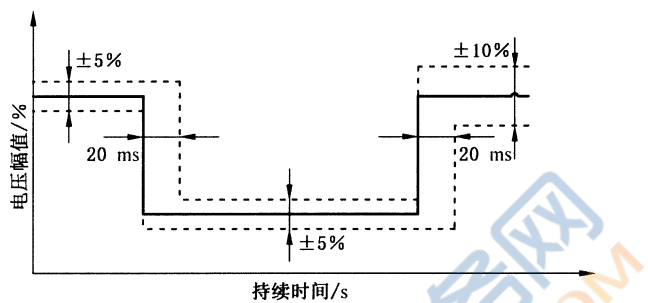


图 10 电压跌落容差

注：0% U_n 和 20% U_n 跌落点电压跌落幅值容差为+5%。

6.8.3 负载检测

6.8.3.1 负载检测应在空载检测结果满足要求的情况下进行。负载检测时电抗器参数配置、不对称故障模拟工况的选择以及电压跌落时间选取应与空载检测保持一致。

6.8.3.2 负载检测步骤

检测应按以下步骤进行：

- a) 调节储能变流器输出功率为 $0.1P_n \sim 0.3P_n$ ；
- b) 控制电压跌落发生装置进行三相对称电压跌落；
- c) 在升压变压器高压侧或低压侧分别通过数据采集装置记录被测储能变流器电压和电流的波形，应至少记录电压跌落前 10 s 到电压恢复正常后 6 s 之间的数据；
- d) 重复步骤 a)～c) 1 次；
- e) 控制电压跌落发生装置进行不对称电压跌落；
- f) 在升压变压器高压侧或低压侧分别通过数据采集装置记录被测储能变流器电压和电流的波形，应至少记录电压跌落前 10 s 到电压恢复正常后 6 s 之间的数据；
- g) 重复步骤 e)～f) 1 次；
- h) 调节储能变流器输出功率不小于 $0.9P_n$ ，重复步骤 b)～g)。

注： P_n 为被测储能变流器额定功率。

6.9 防孤岛保护性能检测

6.9.1 检测回路示意图

储能变流器防孤岛保护性能检测回路如图 11 所示：

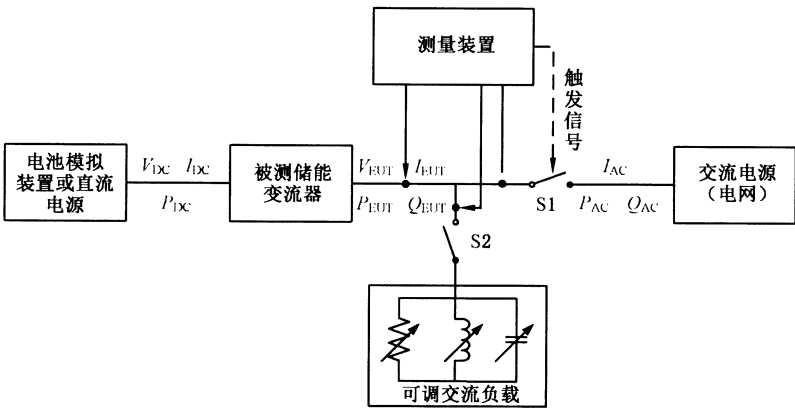


图 11 防孤岛保护检测回路示意图

6.9.2 检测步骤

检测应按以下步骤进行：

- a) 按图 11 连接检测回路；
- b) 闭合 S1、S2，启动储能变流器。通过调节电池模拟装置，使储能变流器的输出功率 P_{EUT} 等于额定交流输出功率，并测量储能变流器输出无功功率 Q_{EUT} ；
- c) 调节感性负载使加载值等于 Q_L ，并满足 $Q_L = Q_f \times P_{EUT} = 1.0 \times P_{EUT}$ ；
- d) 调节容性负载使加载值等于 Q_C ，并满足 $Q_C = Q_{EUT} + Q_L$ ；
- e) 调节阻性负载使加载值等于 P_{EUT} ；
- f) 调节 RLC 可调交流负载使流过 S1 的基波电流小于稳态时逆变器额定输出电流 1%，无功功率趋于零；
- g) 开断 S1，利用测量装置记录从 S1 断开至储能变流器输出电流下降并维持在额定输出电流 1% 以下时的波形，计算相应时间间隔；
- h) 根据表 3 中的功率偏差值要求，调整可调交流负载的电阻值、电感值和电容值，断开 S1，记录从 S1 断开至储能变流器输出电流下降并维持在额定输出电流 1% 以下时的波形，计算相应时间间隔；
- i) 若计算的时间呈持续上升趋势，则应继续以 1% 的增量扩大偏差范围，直至检测计算的时间呈下降趋势。

注 1：检测过程中品质因数 Q_f 允许有不超过 ± 0.05 的偏差，即 $Q_f = 1 \pm 0.05$ 。

注 2：对于有自动并网切换功能的变流器需要屏蔽自动并网切换功能。

表 3 防孤岛检测条件表

序号	逆变器输出功率	加载的无功	加载的有功偏差	加载的无功偏差
1	100	100	0	0
2	66	66	0	0
3	33	33	0	0
4	100	100	-5	-5
5	100	100	-5	0
6	100	100	-5	+5

表 3 (续)

序号	逆变器输出功率	加载的无功	加载的有功偏差	加载的无功偏差
7	100	100	0	-5
8	100	100	0	+5
9	100	100	+5	-5
10	100	100	+5	0
11	100	100	+5	+5
12	66	66	0	-5
13	66	66	0	-4
14	66	66	0	-3
15	66	66	0	-2
16	66	66	0	-1
17	66	66	0	1
18	66	66	0	2
19	66	66	0	3
20	66	66	0	4
21	66	66	0	5
22	33	33	0	-5
23	33	33	0	-4
24	33	33	0	-3
25	33	33	0	-2
26	33	33	0	-1
27	33	33	0	1
28	33	33	0	2
29	33	33	0	3
30	33	33	0	4
31	33	33	0	5

6.10 环境及安规检测

6.10.1 绝缘耐压检测

6.10.1.1 介质强度检测

应按 GB/T 7251.1 中的规定进行检测。

6.10.1.2 电器间隙和爬电距离检测

应按 GB/T 7251.1 中的规定进行检测。

6.10.2 温升检测

应按 GB/T 3859.1 中的规定进行检测。

6.10.3 噪声检测

检测应按以下步骤进行：

- a) 调节储能变流器工作在额定功率状态；
- b) 在距离设备水平位置 1 m 处，用声级计测量储能变流器噪声，声级计测量采用 A 记权方式；
- c) 测试时至少应保证实测噪声与背景噪声的差值大于 3 dB，否则应采取措施使测试环境满足测试条件要求；
- d) 当测得噪声值与背景噪声相差大于 10 dB 时，测量值不做修正；当实测噪声与背景噪声的差值在 3 dB~10 dB 之间时，应按表 4 进行噪声值修正。

表 4 背景噪声修正值

差值 dB	3	4~5	6~10
修正值 dB	-3	-2	-1

6.10.4 低温环境检测

应按 GB/T 2423.1 中规定的方法进行检测。

6.10.5 高温环境检测

应按 GB/T 2423.2 中规定的方法进行检测。

6.10.6 湿热环境检测

6.10.6.1 交变湿热环境检测

应按 GB/T 2423.4 中规定的方法进行检测。

6.10.6.2 恒定湿热检测

应按 GB/T 2423.3 中规定的方法进行检测。

6.10.7 外壳防护等级检测

应按 GB/T 4208 中规定的方法进行检测。

6.11 保护功能检测

6.11.1 短路保护检测

检测应按以下步骤进行：

- a) 按图 12 连接检测回路；
- b) 调节储能变流器工作在正常放电模式；

- c) 闭合 K1(K2),使被测回路发生短路;
- d) 利用测量装置记录短路电流波形与数据,记录储能变流器保护动作时间;
- e) 分别对储能变流器的相线与相线、相线与中性线(如果有)、相线与地线之间进行短路保护检测。

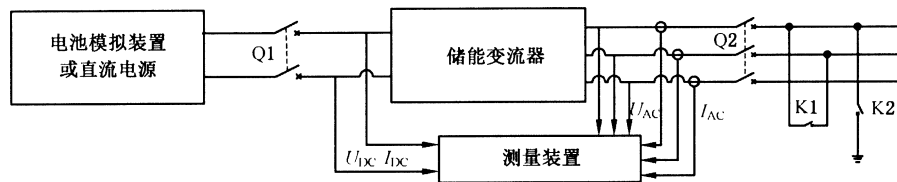


图 12 短路保护检测回路示意图

6.11.2 极性反接保护检测

检测应按以下步骤进行:

- a) 将储能变流器直流输入极性反接;
- b) 启动储能变流器,其应能检测到反接故障并进行保护;
- c) 记录储能变流器的状态。

6.11.3 直流过欠压保护检测

6.11.3.1 直流过压保护检测

检测应按以下步骤进行:

- a) 按图 2 连接检测回路;
- b) 将电池模拟装置电压调整至储能变流器直流电压额定值;
- c) 调节储能变流器工作在放电模式,输出功率为额定功率;
- d) 调节电池模拟装置电压升至直流输入过压保护值,利用测量装置记录储能变流器直流过压动作值和从达到直流过压时刻起到储能变流器保护动作的时间;
- e) 调节电池模拟装置电压至变流器直流电压额定值,确认储能变流器能否正常开机;
- f) 调节储能变流器工作在充电模式,重复步骤 d)~e)。

6.11.3.2 直流欠压保护检测

检测应按以下步骤进行:

- a) 按图 2 连接检测回路;
- b) 将电池模拟装置电压调整至储能变流器直流电压额定值;
- c) 调节储能变流器工作在放电模式,输出功率为额定功率;
- d) 调节电池模拟装置电压降至直流输入欠压保护值,利用测量装置记录储能变流器直流欠压动作值和从达到直流欠压时刻起到储能变流器保护动作的时间;
- e) 调节电池模拟装置电压至变流器直流电压额定值,确认储能变流器能否正常开机;
- f) 调节储能变流器工作在充电模式,重复步骤 d)~e)。

6.11.4 离网过流保护检测

检测应按以下步骤进行:

- a) 设置储能变流器运行在离网模式;

- b) 调整电池模拟装置输出电压至储能变流器直流电压额定值；
- c) 调节储能变流器工作在放电模式，输出功率为额定功率；
- d) 调节可调负载，使储能变流器交流侧电流高于储能变流器交流允许最高电流值，利用测量装置记录储能变流器交流侧过流保护动作值和从达到交流侧过流时刻起到储能变流器过流保护动作的时间。

6.11.5 过温保护检测

检测应按以下步骤进行：

- a) 方法一：通过模拟过温信号（将温度检测元件加热至预期的保护动作点），检验变流器的过温保护功能。
- b) 方法二：采用降低过温保护限值的方法来验证，但应保证温度传感器等电路在预期过电流范围内的有效性。

6.11.6 交流进线相序保护检测

检测应按以下步骤进行：

- a) 按图 2 连接检测回路；
- b) 储能变流器上电前，使储能变流器交流进线 A 和 B 相序反接；
- c) 储能变流器上电后，储能变流器应指示故障并限制储能变流器开机工作，记录储能变流器状态和指示故障信息；
- d) 分别使储能变流器交流进线 A 和 C、B 和 C 相序反接，重复步骤 c)。

6.11.7 通讯故障保护检测

检测在储能变流器为启动状态下进行，采用故障模拟的方法使储能变流器与监控系统及电池管理系统之间的通信发生通讯故障，检查变流器是否能可靠告警。记录告警信息和储能变流器运行状态。

6.11.8 冷却系统故障保护检测

检测时可按以下要求设置冷却系统故障，每次设置一个：

- a) 风冷条件下：完全堵住或部分堵住进风口，记录储能变流器状态信息和检测过程中出现的异常情况；堵转或断开冷却风扇，记录储能变流器状态信息和检测过程中出现的异常情况。
- b) 水冷条件下：停止或部分限制冷却液系统工作，记录储能变流器状态信息和检测过程中出现的异常情况。

6.12 电磁兼容性检测

6.12.1 静电放电抗扰度检测

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

- a) 试验电压：接触放电 6 kV，空气放电 8 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 s；
- d) 性能判据：B。

6.12.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度测试

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

- a) 试验电压: ± 2 kV(电源线), ± 1 kV(信号线);
- b) 测试端口: 输入输出电源端口, 信号线;
- c) 重复频率: 100 kHz;
- d) 持续时间: 1 min;
- e) 性能判据: B。

6.12.3 射频电磁场辐射抗扰度测试

按照 GB/T 17626.3 的规定并在下述条件下进行试验:

- a) 频率范围: 80 MHz~1 000 MHz;
- b) 试验场强: 10 V/m(非调制);
- c) 正弦波 1 kHz, 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;
- f) 性能判据: A。

6.12.4 浪涌(冲击)抗扰度测试

按照 GB/T 17626.5 的规定并在下述条件下进行试验:

- a) 试验电压: ± 2 kV(共模), ± 1 kV(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。

6.12.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度测试

按照 GB/T 17626.6 的规定并在下述条件下进行试验:

- a) 频率范围: 0.15 MHz~80 MHz;
- 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 1 kHz, 80% 幅度调制;
- e) 扫描频率: $\leq 1\%$;
- f) 性能判据: A。

6.12.6 发射测试

6.12.6.1 传导发射

储能变流器应在满载状态下运行, 按照 GB 4824 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 组 A 类或 B 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, 国际上仍在讨论中; 在正式标准发布前, 建议使用 GB 4824 限值考核直流电源端口(超出人工电源网络耐压限值的端口可使用电压探头测量)。

6.12.6.2 辐射发射

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

- a) 测试频段:30 MHz~1 000 MHz;
- b) 测试端口:外壳整体;
- c) 测试限值:参照 GB 4824 组 A 类或 B 类限值。

6.13 检测规则

不同运行模式的储能变流器应进行的检测项目见附录 C。



附录 A
(资料性附录)
检测记录

A.1 直流充电性能检测

A.1.1 电流误差检测、电压误差检测可按表 A.1 记录相关数据。

表 A.1 电流、电压误差检测记录表

直流侧电压	直流侧电流		
	$100\% I_{DCr}$ A	$50\% I_{DCr}$ A	$10\% I_{DCr}$ A
U_{DCmax} V			
U_{DCmid} V			
U_{DCmin} V			
注： I_{DCr} 为储能变流器直流侧额定电流， U_{DCmax} 为储能变流器直流侧电压输入范围的最大值， U_{DCmid} 为储能变流器直流侧电压输入范围的中间值，即最接近 $(U_{DCmax} - U_{DCmin})/2$ 的整数值， U_{DCmin} 为储能变流器直流侧电压输入范围的最小值。			

A.1.2 恒流充电稳流精度检测可按表 A.2 记录相关数据。

表 A.2 恒流充电稳流精度检测

直流侧电流设定值	$100\% I_{DCr}$ A	$50\% I_{DCr}$ A	$10\% I_{DCr}$ A
直流侧电流波动值 I_M			
恒流充电稳流精度值 δ_I			

注： I_{max} 为负载变化过程中直流电流最大波动值。

A.1.3 恒流充电电流纹波系数检测可按表 A.3 记录相关数据。

表 A.3 恒流充电电流纹波系数检测表

直流侧电压	直流侧电流					
	100% I_{DCr}		50% I_{DCr}		10% I_{DCr}	
U_{DCmax}	$X_{I_{rms}}$		$X_{I_{rms}}$		$X_{I_{rms}}$	
	$X_{I_{pp}}$		$X_{I_{pp}}$		$X_{I_{pp}}$	
U_{DCmid}	$X_{I_{rms}}$		$X_{I_{rms}}$		$X_{I_{rms}}$	
	$X_{I_{pp}}$		$X_{I_{pp}}$		$X_{I_{pp}}$	
U_{DCmin}	$X_{I_{rms}}$		$X_{I_{rms}}$		$X_{I_{rms}}$	
	$X_{I_{pp}}$		$X_{I_{pp}}$		$X_{I_{pp}}$	
注： I_{DCr} 为储能变流器直流侧额定电流， U_{DCmax} 为储能变流器直流侧电压输入范围的最大值， U_{DCmid} 为储能变流器直流侧电压输入范围的中间值，即最接近 $(U_{DCmax} - U_{DCmin})/2$ 的整数， U_{DCmin} 为储能变流器直流侧电压输入范围的最小值。 $X_{I_{rms}}$ 为纹波有效值系数， $X_{I_{pp}}$ 为纹波峰值系数。						

A.1.4 恒压充电稳压精度检测可按表 A.4 记录相关数据。

表 A.4 恒压充电稳压精度检测表

直流侧电压设定值	U_{DCmax} V	U_{DCmid} V	U_{DCmin} V
直流侧电压波动值 U_M V			
恒压充电稳压精度值 δ_U			
注： I_{max} 为负载变化过程中直流电流最大波动值。			

A.1.5 恒压充电电压纹波检测可按表 A.5 记录相关数据。

表 A.5 恒压充电电压纹波检测表

直流侧电压设定值	U_{DCmax} V		U_{DCmid} V		U_{DCmin} V	
恒压充电电压纹波系数	$X_{U_{rms}}$		$X_{U_{rms}}$		$X_{U_{rms}}$	
	$X_{U_{pp}}$		$X_{U_{pp}}$		$X_{U_{pp}}$	

A.2 并离网切换检测

A.2.1 主动并离网切换检测可按表 A.6 记录相关数据。

表 A.6 主动并网切换检测表

	$P_N \times 100\%$	
阻感性负载 ($PF=0.8$)	并网转离网	
	离网转并网	
阻容性负载 ($PF=0.8$)	并网转离网	
	离网转并网	

A.2.2 被动并网转离网切换时间检测可按表 A.7 记录相关数据。

表 A.7 被动并网转离网切换时间检测表

	$P_N \times 100\%$		$P_N \times 60\%$		$P_N \times 30\%$	
阻感性负载 ($PF=0.8$)	并网转离网时间		并网转离网时间		并网转离网时间	
阻容性负载 ($PF=0.8$)	ms		ms		ms	

A.3 效率检测

A.3.1 整流效率检测可按表 A.8 记录相关数据。

表 A.8 整流效率检测记录表

直流侧 电压 V	直流侧功率点 P_{DC}/P_{DCr}									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
U_{maxdc}										
U_{midc}										
U_{mindc}										

注： P_{DC} ：储能变流器直流侧实际输出有功功率； P_{DCr} ：储能变流器直流侧额定输出有功功率。

A.3.2 逆变效率检测可按表 A.9 记录相关数据。

表 A.9 逆变效率检测记录表

直流侧 电压 V	交流侧功率 P_{AC}/P_{ACr}									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
U_{maxdc}										
U_{midc}										
U_{mindc}										

注： P_{AC} ：储能变流器交流侧实际输出有功功率； P_{ACr} ：储能变流器交流侧额定输出有功功率。

A.3.3 分别记录在储能变流器待机和空载条件下测得的功率损耗值。

A.4 电能质量检测

A.4.1 谐波检测

电流谐波检测可分别在储能变流器充电和放电工况下按表 A.10 记录相关数据,电压谐波检测也可参照表 A.10 记录。

表 A.10 谐波检测记录表

无功功率 $Q =$ _____										
电压等级										
A 相电流谐波子群有效值 A										
谐波次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
.....										
50th										
THDS _i										
B 相电流谐波子群有效值 A										
谐波次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
.....										
50th										
THDS _i										
C 相电流谐波子群有效值 A										
谐波次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
.....										
50th										
THDS _i										

A.4.2 间谐波检测

电流间谐波检测可分别在储能变流器充电和放电工况下按表 A.11 记录相关数据,电压谐波检测也可参照表 A.11 记录。

表 A.11 间谐波检测记录表

无功功率 $Q = \underline{\hspace{2cm}}$										
电压等级										
A 相电流间谐波中心子群有效值 A										
间谐波 次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
.....										
39th										
B 相电流间谐波中心子群有效值 A										
间谐波 次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
.....										
39th										
C 相电流间谐波中心子群有效值 A										
间谐波 次数	运行功率 kW									
1st										
2nd										
3rd										
.....										
39th										

A.4.3 闪变检测

A.4.3.1 持续运行状态闪变检测

持续运行状态闪变检测可按表 A.12 记录相关数据。

表 A.12 持续运行状态闪变检测记录表

无功功率 $Q =$ ____										
电压等级										
A 相闪变值 P_{st}										
运行状态	功率区间 kW									
充电										
放电										
B 相闪变值 P_{st}										
运行状态	功率区间 kW									
充电										
放电										
C 相闪变值 P_{st}										
运行状态	功率区间 kW									
充电										
放电										

A.4.4 停机操作闪变检测

停机操作闪变检测可按表 A.13 记录相关数据。

表 A.13 停机操作闪变检测记录表

无功功率 Q= _____	
电压等级	
A 相闪变值 P_{st}	
运行状态	功率区间 kW
充电	
放电	
B 相闪变值 P_{st}	
运行状态	功率区间 kW
充电	
放电	
C 相闪变值 P_{st}	
运行状态	功率区间 kW
充电	
放电	

A.4.5 三相不平衡度

并网三相不平衡度和离网三相不平衡度可按表 A.14 记录相关数据。

表 A.14 三相不平衡度检测记录表

运行状态		功率区间 kW									
充电	实测最大值										
放电	95% 概率大值										

A.4.6 直流分量检测

记录储能变流器交流侧直流分量值。

A.4.7 输出电压偏差检测

表 A.15 输出电压偏差检测记录表

输入电压	负载条件	相别	输出电压测量值 V	额定输出电压 V	输出电压偏差
U_{DCmax}	空载	AB			
		BC			
		CA			
U_{DCmin}	额定阻性负载	AB			
		BC			
		CA			
	额定阻感性负载 ($PF=0.7$)	AB			
		BC			
		CA			
	额定阻容性负载 ($PF=0.7$)	AB			
		BC			
		CA			

A.4.8 输出频率偏差

输出频率偏差可按表 A.16 记录相关数据。

表 A.16 输出频率偏差检测记录表

负载条件	输出频率测量值 Hz	额定输出频率 Hz	输出频率偏差
额定阻性负载			
额定阻感性负载($PF=0.7$)			
额定阻容性负载($PF=0.7$)			

A.5 动态电压瞬变范围

表 A.17 动态电压瞬变范围检测记录表

加载/卸载	相别	输出电压偏离 最大有效值 V	额定输出 电压有效值 V	输出电压 瞬变范围	输出电压瞬 变恢复时间 s
加载	AB				
	BC				
	CA				

表 A.17 (续)

加载/卸载	相别	输出电压偏离 最大有效值 V	额定输出 电压有效值 V	输出电压 瞬变范围	输出电压瞬 变恢复时间 s
卸载	AB				
	BC				
	CA				

A.6 功率控制检测

A.6.1 有功功率控制检测

有功功率控制检测可按表 A.18 记录相关数据。

表 A.18 有功功率控制检测记录表

功率基准值 P_1 kW	实测功率平均值 P_2 kW	功率偏差 $ \Delta = P_2 - P_1$	响应时间 ms
80% $P_0 =$			
60% $P_0 =$			
40% $P_0 =$			
20% $P_0 =$			
100% $P_0 =$			

A.6.2 无功功率调节功能检测

记录储能变流器的无功功率能力实测值,绘制无功功率-有功功率特性曲线和无功功率控制能力实测曲线。

A.7 电网适应性检测

A.7.1 频率适应性检测

频率适应性检测可按表 A.19 记录相关数据。

表 A.19 频率适应性检测记录表

并网点设定频率 Hz	并网点实际测量频率 Hz	设定时间 s	储能变流器运行时间 s
48.05			
48.05 < ____ < 49.45			
49.45			

表 A.19 (续)

并网点设定频率 Hz	并网点实际测量频率 Hz	设定时间 s	储能变流器运行时间 s
49.55			
$49.55 < \text{ } < 50.15$			
50.15			
50.25			
$50.25 < \text{ } < 50.45$			
50.45			

A.7.2 电压适应性检测

电压适应性检测可按表 A.20 记录相关数据。

表 A.20 电压适应性检测记录表

并网点设定电压 V	并网点实际测量电压 V	设定时间 s	储能变流器运行时间 s
$91\%U_n$			
$91\%U_n < \text{ } < 109\%U_n$			
$109\%U_n$			
$111\%U_n$			
$111\%U_n < \text{ } < 119\%U_n$			
$119\%U_n$			
$121\%U_n$			

A.8 低电压穿越能力检测

低电压穿越能力检测可按表 A.21 记录相关数据。

表 A.21 低电压穿越检测记录表

故障类型		三相对称跌落		两相不对称跌落	
序号	No.	1	2	1	2
储能变流器并网点电压	$U/(\text{kV})$				
储能变流器输出功率	$P/(\text{kW})$				
跌落时间	$t/(\text{ms})$				
电压跌落比	U/U_n				
有功恢复速度	$\%P_n/t$				
无功电流响应时间	$t/(\text{ms})$				
无功电流	$I_q/(\text{A})$				

A.9 防孤岛保护性能检测

防孤岛保护性能检测可按表 A.22 记录相关数据。

表 A.22 防孤岛保护性能检测表

序号	逆变器输出功率 %	设定负载 无功功率 %	负载不匹配 有功偏差百 分比 %	负载不配 匹无功偏 差百分比 %	孤岛运 行时间 ms	实测 P_{EUT} W	Q_f	直流 电压 V_{DC}
1	100	100	0	0				
2	66	66	0	0				
3	33	33	0	0				
4	100	100	-5	-5				
5	100	100	-5	0				
6	100	100	-5	+5				
7	100	100	0	-5				
8	100	100	0	+5				
9	100	100	+5	-5				
10	100	100	+5	0				
11	100	100	+5	+5				
12	66	66	0	-5				
13	66	66	0	-4				
14	66	66	0	-3				
15	66	66	0	-2				
16	66	66	0	-1				
17	66	66	0	1				
18	66	66	0	2				
19	66	66	0	3				
20	66	66	0	4				
21	66	66	0	5				
22	33	33	0	-5				
23	33	33	0	-4				
24	33	33	0	-3				
25	33	33	0	-2				
26	33	33	0	-1				
27	33	33	0	1				
28	33	33	0	2				
29	33	33	0	3				
30	33	33	0	4				
31	33	33	0	5				

A.10 环境及安规检测

记录环境及安规检测的环境和电气条件,记录检测数据。

A.11 保护功能检测

记录保护功能检测的环境和电气条件,记录保护功能检测结果。

A.12 电磁兼容性检测

按电磁兼容检测相关国标要求记录检测数据。



附 录 B

(规范性附录)

功率设定值控制响应时间及控制精度判定方法

B.1 功率设定值控制响应时间判定

图 B.1 为储能变流器有功功率设定值响应时间判定方法示意图。参照图 B.1,可以得出储能变流器有功功率设定值响应时间和控制相关特性参数如下:

有功功率设定值控制响应时间 $t_{p, res}$:

$$t_{p, res} = t_{p, 1} - t_{p, 0} \dots\dots\dots (B.1)$$

有功功率设定值控制调节时间 $t_{p, reg}$:

$$t_{p, reg} = t_{p, 2} - t_{p, 0} \dots\dots\dots (B.2)$$

设定值控制期间有功功率允许运行范围:

$$P_{max} = (1 + 0.05) P_2 \dots\dots\dots (B.3)$$

$$P_{min} = (1 - 0.05) P_2 \dots\dots\dots (B.3)$$

有功功率设定值控制超调量:

$$\sigma = \frac{|P_3 - P_2|}{P_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (B.4)$$

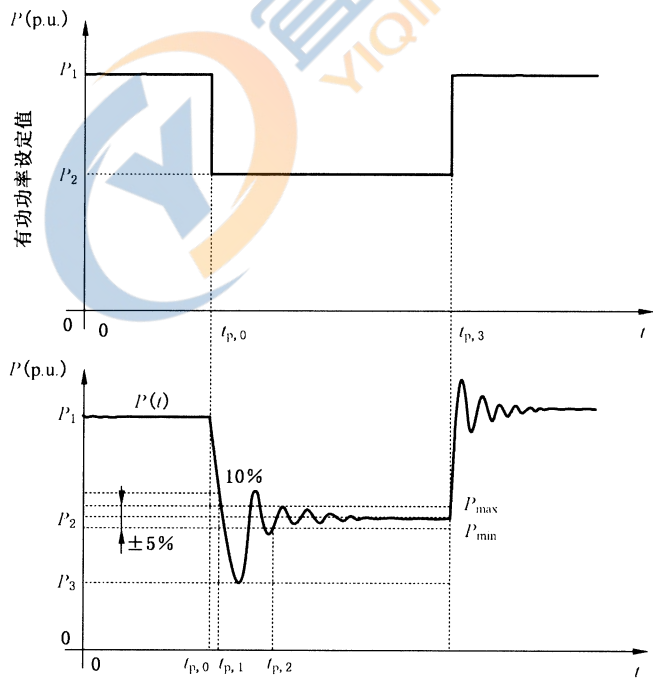


图 B.1 功率控制响应时间和响应精度判断示意图

说明：

P_1 ——储能变流器有功功率初始运行值；

P_2 ——储能变流器有功功率设定值控制目标值；

P_3 ——控制期间光伏电站有功功率偏离控制目标的最大值；

$P(t)$ ——有功功率设定值运行期间储能变流器有功功率曲线；

$t_{p,0}$ ——设定值控制开始时刻(前一设定值控制结束时刻)；

$t_{p,1}$ ——有功功率变化第一次达到设定阶跃值 90% 的时刻；

$t_{p,2}$ ——设定值控制期间储能变流器有功功率持续运行在允许范围内的开始时刻。

注：无功功率设定值控制响应时间也可参照本章内容进行判断。

图 B.1 (续)

B.2 功率设定值控制精度判定

功率设定值控制精度可用式(B.5)进行判定。

$$\Delta P \% = \frac{|P_{\text{set}} - P_{\text{mes}}|}{P_{\text{set}}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

$\Delta P \%$ ——功率设定值控制精度。

P_{set} ——设定的有功功率值；

P_{mes} ——实际测量每次阶跃后第 2 个 1 min 有功功率平均值；

附 录 C
(规范性附录)
检 测 规 则

C.1 检测规则

按运行模式不同,储能变流器分为并网运行模式、离网运行模式和并离网运行模式,其对应的检测方法见表 C.1。

表 C.1 不同运行模式的储能变流器检测方法

序号	功能和性能要求	运行模式			检测方法
		并网运行模式	离网运行模式	并离网运行模式	
1	充放电检测	√		√	6.1
2	并离网切换检测			√	6.2
3	效率检测	√	√	√	6.3
4	过载能力检测	√	√	√	6.4
5	电流谐波检测	√		√	6.5.1
6	电压谐波检测		√	√	6.5.2
7	电流间谐波检测	√		√	6.5.3
8	电压间谐波检测		√	√	6.5.4
9	闪变检测	√		√	6.5.5
10	三相不平衡度	√		√	6.5.6.1
11			√	√	6.5.6.2
12	直流分量检测	√	√	√	6.5.7
13	输出电压偏差检测		√	√	6.5.8
14	输出频率偏差检测		√	√	6.5.9
15	电压动态瞬变值检测		√	√	6.5.10
16	有功功率控制检测	√		√	6.6.1
17	无功功率调节功能检测	√		√	6.6.2
18	功率因数检测	√		√	6.6.3
19	频率适应性检测	√		√	6.7.1
20	电压适应性检测	√		√	6.7.2
21	低电压穿越能力检测	√		√	6.8
22	防孤岛保护性能检测	√		√	6.9
23	环境及安规检测	√	√	√	6.10
24	短路保护检测	√	√	√	6.11.1

表 C.1 (续)

序号	功能和性能要求	运行模式			检测方法
		并网运行模式	离网运行模式	并离网运行模式	
25	极性反接保护检测	√	√	√	6.11.2
26	直流过欠压保护检测	√	√	√	6.11.3
27	离网过流保护检测		√	√	6.11.4
28	过温保护检测	√	√	√	6.11.5
29	交流进线相序保护检测	√	√	√	6.11.6
30	通讯故障保护检测	√	√	√	6.11.7
31	冷却系统故障保护检测	√	√	√	6.11.8
32	电磁兼容	√	√	√	6.12

