



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 34133—2023

代替 GB/T 34133—2017

## 储能变流器检测技术规程

Testing code for power conversion system of energy storage system

2023-12-28 发布

2024-07-01 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、定义和符号 .....                          | 2   |
| 4 总体要求 .....                              | 2   |
| 5 检测条件 .....                              | 2   |
| 6 检测仪器设备 .....                            | 3   |
| 7 外观检查和防护等级检测 .....                       | 8   |
| 8 基本功能检测 .....                            | 8   |
| 9 电气性能检测 .....                            | 12  |
| 10 安全性能检测 .....                           | 38  |
| 11 电磁兼容检测 .....                           | 44  |
| 12 辅助系统检测 .....                           | 46  |
| 13 标志、包装检测 .....                          | 46  |
| 附录 A（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 ..... | 48  |



## 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 34133—2017《储能变流器检测技术规程》，与 GB/T 34133—2017 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了文件的适用范围，提出了“交流端口电压”要求，删除了“直流侧电压”要求（见第 1 章，2017 年版的第 1 章）；
- b) 增加了“总体要求”（见第 4 章）；
- c) 更改了“术语和定义”（见第 3 章，2017 年版的第 3 章）；
- d) 更改了“环境条件”中的温度和相对湿度要求（见 5.1，2017 年版的 4.1）；
- e) 增加了间谐波电压、电压波动和闪变限值的要求（见 5.2），删除了“电气安全要求”（见 2017 年版的 4.2.2）；
- f) 增加了“高电压故障发生装置”“连续故障发生装置”“交流负载”“温度检测设备”“信号发生及采集装置”“温度/湿度试验箱”“盐雾检测设备”“可调电阻”“其他检测设备”的要求（见 6.3.2、6.3.3、6.5、6.6、6.7、6.8、6.9、6.10 和 6.12），删除了“直流电源”“直流负载”“孤岛模拟负载”的要求（见 2017 年版的 5.4、5.6、5.7），修改了“电池模拟装置”的要求（见 6.4，2017 年版的 5.5）；
- g) 增加了“外观检查”“启停机”“过电流保护”“绝缘电阻监测”“通信与运行信息监测”“数据显示、统计与存储”的检测方法（见 7.1、8.1、8.2.4、8.3、8.4、8.5），删除了“短路保护”“离网过流保护”的检测方法（见 2017 年版的 6.11.1、6.11.4）；
- h) 增加了“功率输出范围”的检测方法（见 9.1）；
- i) 更改了“有功功率控制”的检测方法（见 9.2，2017 年版的 6.6.1）；
- j) 增加了“一次调频”的检测方法（见 9.3）；
- k) 增加了“惯量响应”的检测方法（见 9.4）；
- l) 增加了“电压/无功控制”的检测方法（见 9.5.1）；
- m) 更改了“功率因数控制”的检测方法（见 9.5.2，2017 年版的 6.6.3）；
- n) 更改了“过载能力”的检测方法（见 9.6，2017 年版的 6.4）；
- o) 更改了“并离网切换时间”的检测方法（见 9.8，2017 年版的 6.2.2）；
- p) 增加了“电压纹波和电流纹波”的检测方法（见 9.9），删除了“直流充电性能检测”的检测方法（见 2017 年版的 6.1.3）；
- q) 更改了“电能质量”的检测方法（见 9.10，2017 年版的 6.5）；
- r) 增加了“高电压穿越”“连续故障穿越”的检测方法（见 9.11.2、9.11.3）；
- s) 更改了“运行适应性”的检测方法（见 9.12，2017 年版的 6.7）；
- t) 更改了“效率”“损耗”的检测方法（见 9.14、9.15，2017 年版的 6.3）；
- u) 更改了“安全性能”的检测方法（见第 10 章，2017 年版的 6.10.1、6.10.2、6.10.4、6.10.5、6.10.6）；
- v) 更改了“电磁兼容性”的检测方法（见第 11 章，2017 年版的 6.12）；
- w) 增加了“辅助系统”“标志、包装”的检测方法（见第 12 章、见第 13 章）；
- x) 更改了附录 B“功率设定值控制响应时间及控制精度判定方法”（见附录 A，2017 年版的附录 B），删除了附录 A“检测记录”和附录 C“检测规则”（见 2017 年版的附录 A、附录 C）。

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。

**GB/T 34133—2023**

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、阳光电源股份有限公司、华为数字能源技术有限公司。

本文件主要起草人:吴福保、陈志磊、杨青斌、张军军、许守平、渠展展、李官军、徐亮辉、黄晓阁、方宏苗、刘美茵、秦筱迪、曹雪原、李子义、姚广秀、张晓琳、董玮、夏烈、李红涛、包斯嘉、吴蓓蓓、周荣蓉、丁明昌、李浩源、居蓉蓉、秦昊。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

——2017年首次发布为 GB/T 34133—2017;

——本次为第一次修订。

# 储能变流器检测技术规程

## 1 范围

本文件规定了电化学储能变流器的外观检查和防护等级、基本功能、电气性能、安全性能、电磁兼容、辅助系统、标志、包装等检测方法,以及检测条件、检测仪器设备等内容。

本文件适用于以电化学电池作为储能载体,交流端口电压在 35 kV 及以下储能变流器的设计、制造、试验、检测、运行、维护和检修。

## 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 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(12 h+12 h 循环)

GB/T 2423.18 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Kb:盐雾,交变(氯化钠溶液)

GB/T 2424.6 环境试验 第3部分:支持文件及导则 温度/湿度试验箱性能确认

GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB 4824 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法

GB/T 4857.10 包装 运输包装件基本试验 第10部分:正弦变频振动试验方法

GB/T 6092 直角尺

GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验

GB 9524.1 信息技术多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分:发射要求

GB/T 12113 接触电流和保护导体电流的测量方法

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 16422.1 塑料 实验室光源暴露试验方法 第1部分:总则

GB/T 16422.2 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分:氙弧灯

GB/T 16422.4 塑料 实验室光源暴露试验方法 第4部分:开放式碳弧灯

GB/T 16927.2 高电压试验技术 第2部分:测量系统

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/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 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 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 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验  
GB/T 17626.6 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 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验  
GB/T 17627 低压电气设备的高电压试验技术 定义、试验和程序要求、试验设备  
GB 20840.2 互感器 第2部分:电流互感器的补充技术要求  
GB 20840.3 互感器 第3部分:电磁式电压互感器的补充技术要求  
GB/T 21389 游标、带表和数显卡尺  
GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波  
GB 26861 电力安全工作规程 高压试验室部分  
GB/T 34120 电化学储能系统储能变流器技术规范  
DL/T 2528 电力储能基本术语

### 3 术语、定义和符号

#### 3.1 术语和定义

GB/T 34120、DL/T 2528 界定的术语和定义适用于本文件。

#### 3.2 符号

下列符号适用于本文件。

- $P_n$ :额定功率,单位为 kW 或 MW;  
 $U_n$ :交流端口额定电压,单位为 V 或 kV;  
 $V_{dc\_max}$ :储能变流器的最大直流电压,单位为 V 或 kV。

### 4 总体要求

- 4.1 储能变流器检测前,应收集储能变流器的相关技术资料,编制检测方案并制定安全措施,检测操作安全应符合 GB 26861 的规定。  
4.2 检测仪器、仪表应经过检定或校准,并在有效期内。  
4.3 储能变流器的检测内容应包含外观、防护等级、基本功能、电气性能、安全性能、电磁兼容、辅助系统、标志和包装等,检测结果依据 GB/T 34120 的规定进行判定。  
4.4 检测过程中应记录测试数据和环境条件,检测完成后应出具检测报告,检测报告应包括检测条件、检测设备、检测依据、检测过程和检测结论等。

### 5 检测条件

#### 5.1 环境条件

除另有规定,检测环境应满足以下要求:

- a) 温度:0 °C~40 °C;  
b) 相对湿度:≤75%;  
c) 气压:86 kPa~106 kPa。

## 5.2 电气条件

当直接接入公共电网时,电网电能质量应满足以下要求:

- a) 谐波电压不超过 GB/T 14549 规定的限值;
- b) 间谐波电压不超过 GB/T 24337 规定的限值;
- c) 电网电压偏差不超过 GB/T 12325 规定的限值;
- d) 电压波动和闪变值不超过 GB/T 12326 规定的限值;
- e) 三相电压不平衡度不超过 GB/T 15543 规定的限值;
- f) 电网频率偏差不超过 GB/T 15945 规定的限值。

## 6 检测仪器设备

### 6.1 检测仪器

电压/电流传感器、温湿度计、声级计和数据采集装置的精度等级应至少满足表 1 的要求,检测仪器、仪表应满足以下要求:

- a) 电压传感器符合 GB 20840.3 的规定;
- b) 电流传感器符合 GB 20840.2 的规定;
- c) 电压电流传感器响应时间不大于  $10\ \mu\text{s}$ ,带宽不小于 100 kHz;
- d) 数据采集装置的采样频率不小于 20 kHz;
- e) 频率测量精度至少达到 0.005 Hz。

表 1 检测仪器精度要求

| 名称     | 精度                        |
|--------|---------------------------|
| 电压传感器  | 0.2 级                     |
| 电流传感器  | 0.2 级                     |
| 温度计    | $\pm 0.5\ ^\circ\text{C}$ |
| 湿度计    | $\pm 3\%$                 |
| 声级计    | $\pm 1\ \text{dB}$        |
| 数据采集装置 | 0.2 级                     |

注:温湿度计用于检测环境条件。

### 6.2 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可独立调节,并可编程控制;
- b) 频率值可调节,并可编程控制;
- c) 电能双向流动;
- d) 输出端口的电压谐波小于 GB/T 14549 中谐波允许值的 50%;
- e) 向电网注入的电流谐波小于 GB/T 14549 中谐波允许值;
- f) 输出电压基波偏差值小于被测储能变流器交流额定电压的 0.2%,可调节步长不大于额定电

压的 0.01% 和 0.5 V 两者中的较大值；

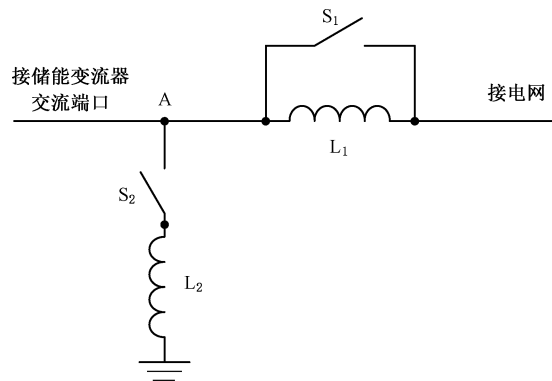
- g) 输出频率偏差值小于 0.01 Hz, 可调节步长不大于 0.01 Hz;
- h) 响应时间小于 20 ms;
- i) 三相电压不平衡度小于 1%, 相位偏差小于 0.5°;
- j) 额定功率不小于被测储能变流器额定功率的 1.2 倍;
- k) 输出电压最大值不小于被测储能变流器额定电压的 1.35 倍。

### 6.3 电压故障发生装置

#### 6.3.1 低电压故障发生装置

低电压故障发生装置宜采用无源装置, 装置结构见图 1, 装置性能应满足以下要求:

- a) 模拟三相对称电压跌落、相间电压跌落和单相电压跌落, 跌落范围为 0% 标称电压 ~ 90% 标称电压;
- b) 限流电抗器  $L_1$  和短路电抗器  $L_2$  均可调, 装置能在 A 点产生不同深度的电压跌落;
- c) 限流电抗器  $L_1$  和短路电抗器  $L_2$  的电抗值与电阻值之比大于 3;
- d) A 点的三相对称短路容量大于被测储能变流器额定功率的 3 倍;
- e) 电压跌落与恢复时间小于 20 ms。



标引序号说明:

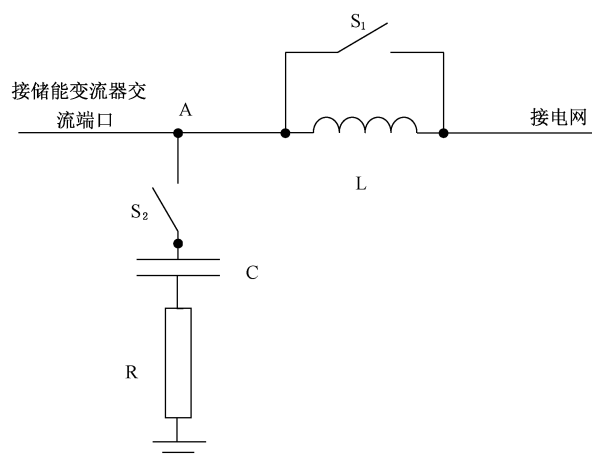
- $L_1$ ——限流电抗器;
- $L_2$ ——短路电抗器;
- $S_1$ ——旁路开关;
- $S_2$ ——短路开关。

图 1 低电压故障发生装置图

#### 6.3.2 高电压故障发生装置

高电压故障发生装置宜采用无源装置, 装置结构见图 2, 装置性能应满足以下要求:

- a) 模拟三相对称的电压抬升, 抬升范围为 110% 标称电压 ~ 130% 标称电压;
- b) 限流电抗器  $L$  和升压电容器  $C$  可调, 装置能在 A 点产生不同幅度的电压抬升;
- c) 限流电抗器  $L$  的电抗值与电阻值之比大于 3;
- d) A 点的三相对称短路容量大于被测储能变流器额定功率的 3 倍;
- e) 电压抬升和恢复时间小于 20 ms。



标引序号说明：

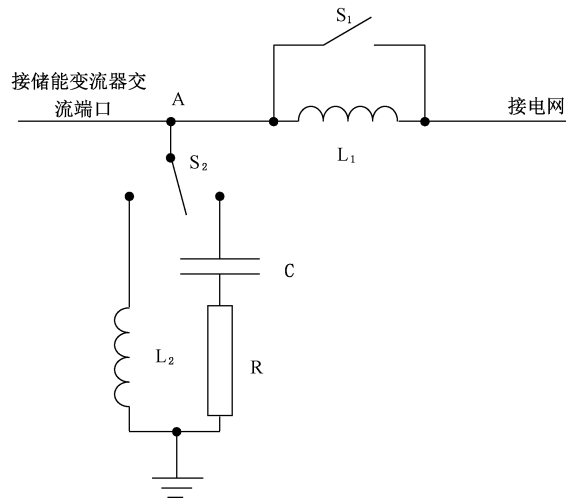
- L —— 限流电抗器；
- C —— 升压电容器；
- R —— 阻尼电阻器；
- S<sub>1</sub> —— 旁路开关；
- S<sub>2</sub> —— 短路开关。

图 2 高电压故障发生装置图

### 6.3.3 连续故障发生装置

连续故障发生装置宜采用无源装置，装置结构见图 3，装置性能应满足以下要求：

- a) 模拟三相对称低-高电压连续故障；
- b) 限流电抗器  $L_1$ 、短路电抗器  $L_2$  和升压电容器 C 均可调，装置能在 A 点产生不同幅度的电压跌落和抬升；
- c) 限流电抗器  $L_1$ 、短路电抗器  $L_2$  的电抗值与电阻值之比大于 3；
- d) A 点的三相对称短路容量大于被测储能变流器额定功率的 3 倍；
- e) 单个电压跌落、抬升与恢复时间小于 20 ms。



标引序号说明：

- L<sub>1</sub>——限流电抗器；
- L<sub>2</sub>——短路电抗器；
- C——升压电容器；
- R——阻尼电阻器；
- S<sub>1</sub>——旁路开关；
- S<sub>2</sub>——短路开关。

图 3 连续故障发生装置图

#### 6.4 电池模拟装置

电池模拟装置满足以下要求：

- a) 输出电压偏差值小于被测储能变流器最大直流电压的 0.1%，可调节步长不大于最大直流电压的 0.1% 和 0.5 V 两者中的较大值；
- b) 输出电流偏差值小于被测储能变流器最大直流电流的 0.1%，可调节步长不大于最大直流电流的 0.1% 和 0.5 A 两者中的较大值；
- c) 电压响应时间不大于 20 ms；
- d) 动态电压瞬变值小于电压设定值的 ±10%；
- e) 电能可双向流动；
- f) 额定功率不小于被测储能变流器额定功率的 1.2 倍；
- g) 输出电压最大值不小于被测储能变流器最大直流电压的 1.05 倍；
- h) 能够模拟电化学电池充放电特性，宜能设置电池类型、电池标称电压、电池容量等参数。

#### 6.5 交流负载

交流负载应满足以下要求：

- a) 阻性、感性和容性负载可独立控制；
- b) 负载使用无感电阻、低耗电感和具有低串联有效内阻和低串联有效电感的电容器；
- c) 额定功率不小于被测储能变流器额定功率的 1.2 倍；
- d) 额定电压不小于被测储能变流器额定电压。

注：交流负载也使用电子负载等负载源。

## 6.6 温度检测设备

温度检测设备应满足以下要求：

- a) 数据存储容量能够储存检测过程中的全部温度数据；
- b) 测温通道数量能够满足测温点布置的数量；
- c) 测温通道的测温范围满足 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，测温精度不低于 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 各测温通道时基信号统一；
- e) 采样频率不低于 $1\text{ Hz}$ 。

## 6.7 信号发生及采集装置

信号发生及采集装置应满足以下要求：

- a) 具备 CAN、RS-485、网口等通信接口及通信功能；
- 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) 具备 CAN 波特率选择配置功能，波特率包括 $250\text{ kbps}$ 、 $500\text{ kbps}$ 、 $1\ 000\text{ kbps}$ 等挡位选择；
- d) 具备 RS-485 串口波特率选择配置功能，波特率包括 $9\ 600\text{ bps}$ 、 $19\ 200\text{ bps}$ 、 $115\ 200\text{ bps}$ 等挡位选择；
- e) 具备网口波特率选择配置功能，波特率包括百兆 bps、千兆 bps 等挡位选择。

## 6.8 温度/湿度试验箱

温度/湿度试验箱应满足 GB/T 2424.6 的要求。

## 6.9 盐雾检测设备

盐雾检测设备应满足 GB/T 2423.18 的要求。

## 6.10 可调电阻

可调电阻应满足以下要求：

- a) 电阻调节范围不小于 $0\ \Omega\sim 50\text{ k}\Omega$ ；
- b) 电阻调节精度不大于 $1\text{ k}\Omega$ 。

## 6.11 电磁兼容检测设备

电磁兼容性检测设备应满足 GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6、GB/T 17626.8、GB 4824 的要求。

## 6.12 其他仪器设备

其他仪器设备应包括触及试具、氙弧灯、碳弧灯、绝缘强度测试仪和接触电流测试仪等，应满足以下要求：

- a) 试验指、试验针和试验探头等触及试具满足 GB/T 4208 的要求；
- b) 氙弧灯满足 GB/T 16422.2 的要求；
- c) 碳弧灯满足 GB/T 16422.4 的要求；
- d) 系统电压不大于交流 $1\text{ kV}$ 时，绝缘强度测试仪满足 GB/T 17627 的要求，系统电压大于交流 $1\text{ kV}$ 时，绝缘强度测试仪满足 GB/T 16927.2 的要求；
- e) 接触电流测试仪满足 GB/T 12113 的要求；

f) 游标卡尺满足 GB/T 21389 的要求,直角尺满足 GB/T 6092 的要求。

## 7 外观检查和防护等级检测

### 7.1 外观检查

储能变流器的外观检查包括以下内容:

- a) 外观的变形、剥落、锈蚀及裂痕现象;
- b) 柜门、开关的灵活性;
- c) 铭牌、标志和标记的完整性和清晰度;
- d) 文字和符号的整齐性、规范性和正确性。

### 7.2 防护等级

防护等级检测按照 GB/T 4208 规定的方法进行。

注:不具备试验条件时,采用提供样柜的方法进行等效检测。

## 8 基本功能检测

### 8.1 启停机

启停机检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 通过信号发生及采集装置或储能变流器控制面板向储能变流器下发启动指令;
- d) 储能变流器启动后,设置储能变流器有功功率在额定功率运行,待储能变流器输出功率上升至额定功率,保持额定功率运行 2 min,向储能变流器下发停机指令;
- e) 利用数据采集装置,以 200 ms 为周期记录从下发启动指令到停机过程中储能变流器交流端口的有功功率有效值,绘制有功功率-时间曲线;
- f) 计算从下发启动指令到时刻第一次达到  $90\%P_n$  时刻的时间,计算从下发停机指令时刻到第一次达到  $10\%P_n$  时刻的时间;
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~f)。

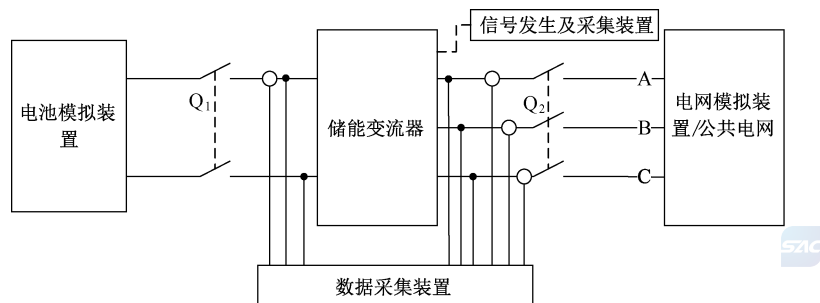


图 4 并网检测电路图

## 8.2 报警与保护

### 8.2.1 极性反接

极性反接报警与保护检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,断开开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 将储能变流器的直流输入极性反接;
- c) 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ,启动储能变流器;
- d) 记录储能变流器运行状态和报警信息;
- e) 核对储能变流器是否具备极性反接报警与保护功能;
- f) 断开开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- g) 将储能变流器的直流输入极性正接;
- h) 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ,启动储能变流器;
- i) 记录储能变流器运行状态和报警复位情况;
- j) 核对储能变流器极性正接后是否正常运行。

### 8.2.2 交流进线相序错误

交流进线相序错误报警与保护检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,断开开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 将储能变流器交流端口进线任意两相相序反接;
- c) 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ,启动储能变流器;
- d) 记录储能变流器运行状态和报警信息;
- e) 核对储能变流器是否具备交流进线相序错误报警与保护功能;
- f) 断开开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- g) 将储能变流器交流端口进线相序正接;
- h) 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ,启动储能变流器;
- i) 记录储能变流器运行状态和报警复位情况;
- j) 核对储能变流器交流进线相序正接后是否正常运行。

### 8.2.3 直流电压

#### 8.2.3.1 直流过压

直流过压报警与保护检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 设置储能变流器在不小于  $10\%P_n$  运行;
- d) 从储能变流器直流过压保护设定值的  $95\%$  开始,以最大直流电压的  $0.5\%$  为调节步长,调节电池模拟装置输出电压,升至储能变流器直流过压保护动作;
- e) 记录储能变流器直流过压保护动作值和报警信息;
- f) 核对储能变流器是否具备直流过压报警与保护功能;
- g) 调节电池模拟装置输出电压至储能变流器正常工作直流电压范围内,检查储能变流器的运行状态和报警复位情况;

- h) 核对储能变流器在正常工作直流电压范围内时,是否正常运行;
- i) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~h)。

### 8.2.3.2 直流欠压

直流欠压报警与保护检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 设置储能变流器在不小于  $10\%P_n$  运行;
- d) 从储能变流器直流欠压保护设定值的  $105\%$  开始,以最大直流电压的  $0.5\%$  为调节步长,调节电池模拟装置输出电压,降至储能变流器直流欠压保护动作;
- e) 记录储能变流器直流欠压保护动作值和报警信息;
- f) 核对储能变流器是否具备直流欠压报警与保护功能;
- g) 调节电池模拟装置输出电压至储能变流器正常工作直流电压范围内,检查储能变流器的运行状态和报警复位情况;
- h) 核对储能变流器在正常工作直流电压范围内,是否正常运行;
- i) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~h)。

### 8.2.4 过电流

#### 8.2.4.1 交流端口

交流端口过电流报警与保护检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器交流端口过电流保护限值为  $90\%$  额定电流;
- e) 设置储能变流器交流端口输出电流在额定电流运行;
- f) 记录储能变流器交流端口过流保护动作值和报警信息;
- g) 核对储能变流器是否具备交流端口过电流报警与保护功能;
- h) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~g)。

#### 8.2.4.2 直流端口

直流端口过电流报警与保护检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器直流端口过电流保护限值为  $90\%$  直流最大电流;
- e) 设置储能变流器直流端口输出电流在直流最大电流运行;
- f) 记录储能变流器直流端口过流保护动作值和报警信息;
- g) 核对储能变流器是否具备直流端口过电流报警与保护功能;
- h) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~g)。

### 8.2.5 过温

过温报警与保护检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式或充电模式;
- c) 停止或限制部分冷却系统工作制造过温工况,达到过温限值;或通过温度检测元件加热至保护动作点;或通过降低过温保护限值的方法模拟过温工况;
- d) 记录储能变流器运行状态和报警信息;
- e) 核对储能变流器是否具备过温报警与保护功能。

### 8.2.6 通信故障

通信故障报警与保护检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式或充电模式;
- c) 手动断开储能变流器与信号发生及采集装置之间的连接,模拟通信故障;
- d) 记录储能变流器运行状态和报警信息;
- e) 核对储能变流器是否具备通信故障报警与保护功能。

### 8.2.7 冷却系统故障

冷却系统故障报警与保护检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式或充电模式;
- c) 设置储能变流器有功功率在额定功率运行,运行至冷却系统工作;
- d) 控制储能变流器停机;
- e) 停止或部分限制冷却系统工作;
- f) 设置储能变流器有功功率在额定功率运行;
- g) 记录储能变流器运行状态和报警信息;
- h) 核对储能变流器是否具备冷却系统故障报警与保护功能。

### 8.3 绝缘电阻监测

绝缘电阻监测功能检测按以下步骤进行:

- a) 按图 5 连接检测电路,断开开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式或充电模式;
- c) 将可调电阻的阻抗调节为  $90\%V_{dc\_max}/30\text{ mA}$ ;
- d) 闭合接地开关  $K_1$ ,使储能变流器直流端口的正极通过可调电阻接地;
- e) 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- f) 调节电池模拟装置电压为储能变流器的最大直流电压值,启动储能变流器;
- g) 记录储能变流器运行状态和报警信息;
- h) 核对储能变流器是否具备绝缘电阻监测功能;
- i) 断开开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ,断开接地开关  $K_1$ ;
- j) 闭合  $K_2$ ,使储能变流器直流端口的负极通过可调电阻接地,重复步骤 e)~h)。

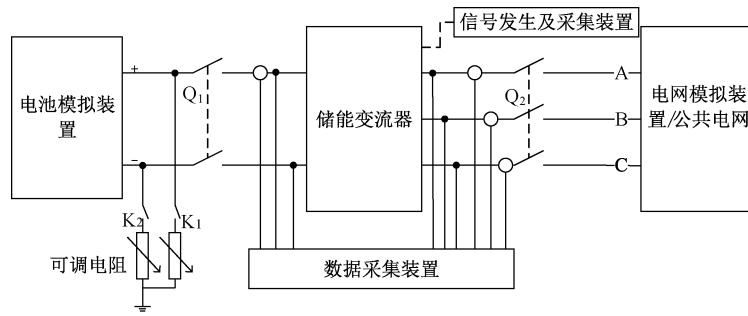


图5 直流端口绝缘电阻监测功能检测电路图

#### 8.4 通信与运行信息监测

通信与运行信息监测功能检测按以下步骤进行：

- 按图 4 连接检测电路；
- 连接储能变流器与信号发生及采集装置；
- 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ，启动储能变流器；
- 通过信号发生及采集装置向储能变流器下发启停机指令；
- 通过信号发生及采集装置向储能变流器下发  $20\%P_n$  运行的功率控制指令；
- 记录储能变流器执行启停机和功率控制指令响应情况；
- 通过信号发生及采集装置设置储能变流器在  $30\%P_n$  运行；
- 检查信号发生及采集装置采集的储能变流器的直流端口电压、电流和功率，交流端口电压、电流、频率和功率等运行信息；
- 核对储能变流器是否具备通信与运行信息监测功能。

#### 8.5 数据显示、统计与存储

数据显示、统计与存储功能检测按以下步骤进行：

- 检查并记录 8.1 检测过程中储能变流器的运行状态、运行参数、保护参数、事件记录等信息；
- 通过查询功能检查并记录 8.2 和 8.3 检测过程中故障信息情况；
- 通过查询功能检查并记录储能变流器的充电能量和放电能量统计信息。

### 9 电气性能检测

#### 9.1 功率输出范围

功率输出范围检测按以下步骤进行：

- 按图 4 连接检测电路，闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ；
- 从储能变流器交流端口有功功率最大充电功率开始，以  $10\%P_n$  为步长，设置储能变流器交流端口有功功率到最大放电功率，在每个有功功率设置值，先后设置储能变流器输出最大感性无功功率和最大容性无功功率，在每个无功功率点运行 2 min；
- 利用数据采集装置，以 20 ms 为周期记录储能变流器交流端口无功功率和有功功率有效值；
- 取每个 2 min 数据的最后 1 min 数据计算有功功率平均值  $P_{60s}$  和无功功率平均值  $Q_{60s}$ ；
- 按照 GB/T 34120 的规定，计算每个有功功率平均值  $P_{60s}$  对应的无功功率参考值  $Q_{ref}$ ；

- f) 计算每个有功功率设置值的无功功率平均值与无功功率参考值的差值；
- g) 在第一象限及第二象限,差值为正,判定功率输出满足要求,在第三象限及第四象限,差值为负,判定功率输出满足要求。

## 9.2 有功功率控制

有功功率控制检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ；
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式；
- c) 按照图 6 设置储能变流器交流端口输出有功功率,在每个功率设置值持续运行 2 min；
- d) 利用数据采集装置,记录功率控制指令下发时间,以 20 ms 为周期记录储能变流器交流端口有功功率有效值；
- e) 按照附录 A 规定的方法,计算每个功率设置值的有功功率控制响应时间、调节时间和控制偏差；
- f) 设置储能变流器运行模式为充电模式；
- g) 按照图 7 设置储能变流器交流端口输出有功功率,在每个功率设置值持续运行 2 min；
- h) 重复步骤 d)~e)。

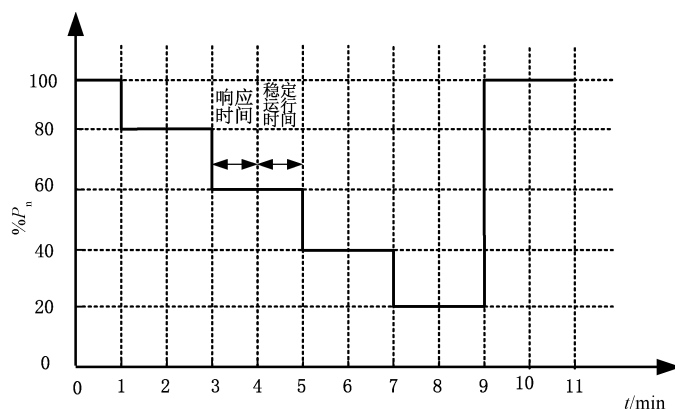


图 6 放电模式有功功率控制曲线

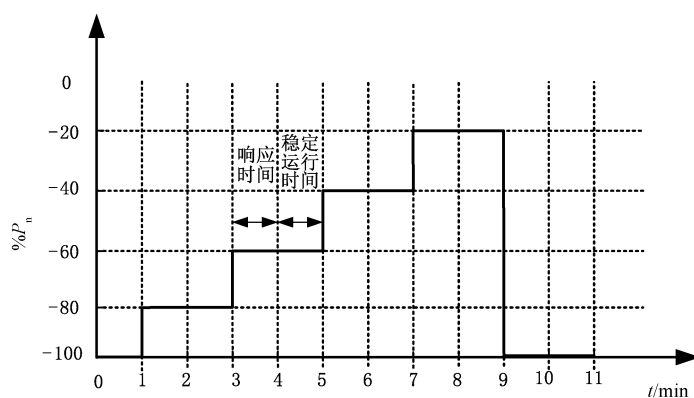


图 7 充电模式有功功率控制曲线

### 9.3 一次调频

一次调频检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压和频率为储能变流器交流端口额定电压和额定频率;
- d) 设置储能变流器有功功率在  $10\%P_n \sim 30\%P_n$  范围内运行;
- e) 设置储能变流器的一次调频调差率在  $0.5\% \sim 3\%$  范围内,死区值在  $\pm(0.03 \text{ Hz} \sim 0.05 \text{ Hz})$  范围内;
- f) 按照表 2 的要求,调节电网模拟装置的频率从 50 Hz 阶跃至各测点频率,在各测点频率持续运行对应的持续时间后恢复至 50 Hz;
- g) 利用数据采集装置,以 20 ms 为周期记录储能变流器交流端口频率和有功功率有效值;
- h) 按照附录 A 规定的方法,计算每个一次调频测点的响应时间、调节时间和控制偏差;
- i) 设置储能变流器有功功率在  $70\%P_n \sim 100\%P_n$  范围内运行,重复步骤 f)~h);
- j) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~i)。

表 2 一次调频测点

| 序号 | 测点频率<br>Hz | 持续时间<br>s |
|----|------------|-----------|
| 1  | 48.60      | 20        |
| 2  | 49.80      | 20        |
| 3  | 49.90      | 20        |
| 4  | 49.95      | 20        |
| 5  | 49.98      | 20        |
| 6  | 50.02      | 20        |
| 7  | 50.05      | 20        |
| 8  | 50.10      | 20        |
| 9  | 50.20      | 20        |
| 10 | 50.40      | 20        |

### 9.4 惯量响应

惯量响应检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压和频率为储能变流器交流端口额定电压和额定频率;
- d) 设置储能变流器有功功率在  $10\%P_n \sim 30\%P_n$  范围内运行;
- e) 设置储能变流器的惯性时间常数在 4 s~12 s 范围内,死区值在  $\pm(0.03 \text{ Hz} \sim 0.05 \text{ Hz})$  范围内;

- f) 按照图 8 的曲线调节电网模拟装置输出频率,在  $t_0 \sim t_1$ 、 $t_2 \sim t_3$ 、 $t_4 \sim t_5$ 、 $t_6 \sim t_7$  内频率变化率保持为  $0.5 \text{ Hz/s}$ ,  $t_4 - t_3 \geq 2 \text{ min}$ 、 $t_2 - t_1 = 1 \text{ min}$ 、 $t_6 - t_5 = 1 \text{ min}$ ;
- g) 利用数据采集装置,以  $20 \text{ ms}$  为周期记录储能变流器交流端口频率和有功功率有效值;
- h) 按照附录 A 规定的方法,计算每个频率设置值的响应时间、调节时间和控制偏差;
- i) 设置储能变流器有功功率在  $70\%P_n \sim 100\%P_n$  范围内运行,重复步骤 f)~h);
- j) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~i)。

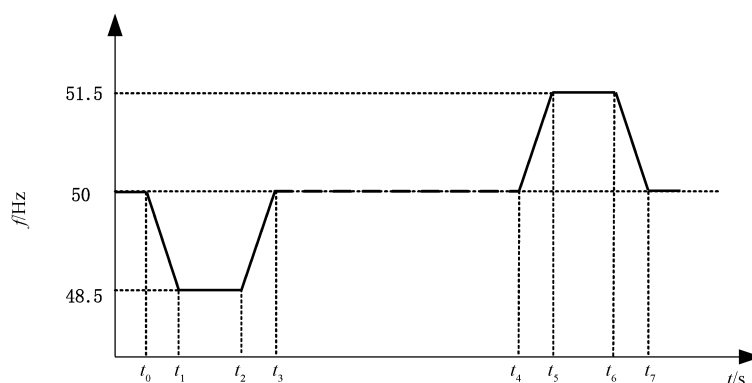


图 8 频率设定曲线

## 9.5 无功功率控制

### 9.5.1 电压/无功控制

电压/无功控制检测按以下步骤进行:

- 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- 设置储能变流器在有功功率为  $50\%P_n$ ,无功功率为  $0 \text{ Var}$  的工况下运行,按照图 9 曲线设置电压/无功控制参数;
- 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口电压从  $U_n$  分别阶跃至  $91\%U_n$ 、 $95\%U_n$ 、 $105\%U_n$  和  $109\%U_n$ ,每个阶跃点电压持续运行  $2 \text{ min}$  后恢复到  $U_n$ ;
- 利用数据采集装置,以  $20 \text{ ms}$  为周期记录储能变流器交流端口电压和无功功率有效值;
- 按照图 9 曲线计算储能变流器电压/无功控制响应目标值;
- 按照附录 A 规定的方法计算电压/无功功率控制的响应时间、调节时间和控制偏差;
- 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~g)。

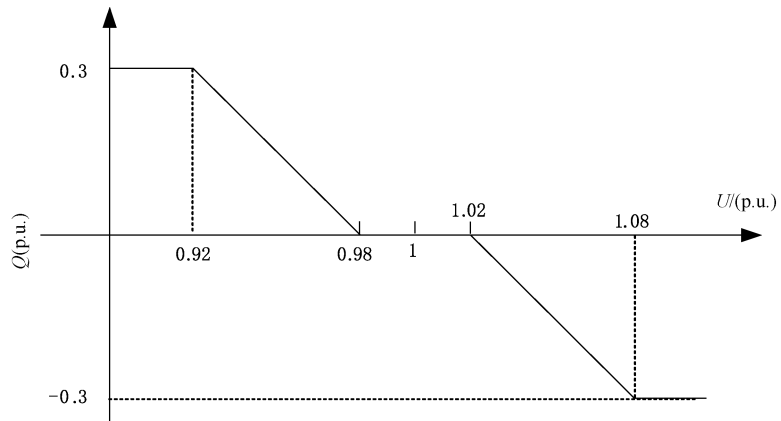


图 9 电压/无功控制曲线

### 9.5.2 功率因数控制

功率因数控制检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路, 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ；
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式；
- c) 设置储能变流器有功功率在  $50\%P_n$  运行；
- d) 按照图 10 设置储能变流器交流端口功率因数, 在每个功率因数设置值持续运行 2 min；
- e) 利用数据采集装置, 以 20 ms 为周期记录储能变流器交流端口无功功率有效值；
- f) 计算储能变流器有功功率为  $50\%P_n$  时, 按照功率因数设置值, 计算无功功率目标值；
- g) 按照附录 A 规定的方法计算无功功率的控制偏差；
- h) 设置储能变流器运行模式为充电模式；
- i) 重复步骤 c)~g)。

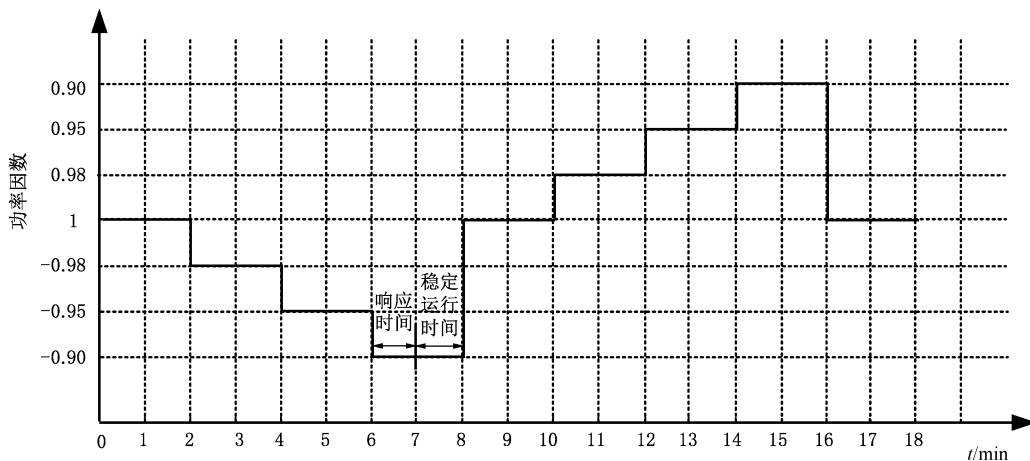
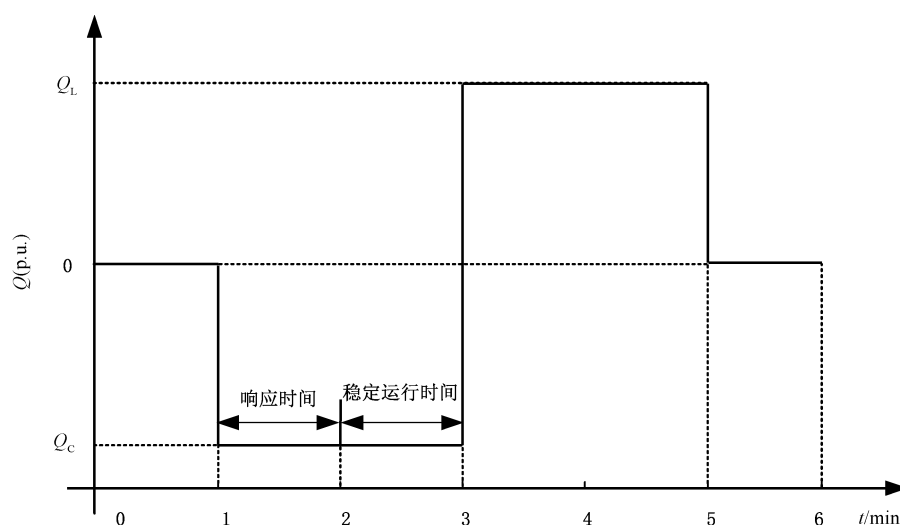


图 10 功率因数控制曲线

### 9.5.3 恒无功功率控制

恒无功功率控制检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 设置储能变流器有功功率在  $50\%P_n$  运行;
- d) 按照图 11 设置储能变流器交流端口输出无功功率,在每个无功功率设置值持续运行 2 min;
- e) 利用数据采集装置,记录功率控制指令下发时间,以 20 ms 为周期记录储能变流器交流端口无功功率有效值;
- f) 按照附录 A 规定的方法计算无功功率控制的响应时间、调节时间和控制偏差;
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式;
- h) 重复步骤 c)~g)。



注:  $Q_L$  和  $Q_C$  为有功功率为  $50\%P_n$  工况下,储能变流器输出的最大感性无功和最大容性无功。

图 11 无功功率控制曲线

#### 9.5.4 无功控制模式在线切换

无功控制模式在线切换检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 设置储能变流器有功功率在  $50\%P_n$  运行;
- d) 设置储能变流器无功控制模式为电压/无功控制,按照图 9 曲线设置电压/无功控制参数;
- e) 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口电压从  $U_n$  阶跃至  $91\%U_n$  持续运行 2 min 后恢复到  $U_n$  持续运行 2 min;
- f) 在线设置储能变流器无功控制模式为功率因数控制,功率因数为 0.95,持续运行 2 min;
- g) 在线设置储能变流器无功控制模式为恒无功功率控制,无功功率为  $20\%$  额定功率,持续运行 2 min;
- h) 利用数据采集装置,以 20 ms 为周期记录储能变流器交流端口电压、无功功率有效值和功率因数;
- i) 绘制电压-无功功率和电压-功率因数曲线;
- j) 检查储能变流器无功控制模式在线切换情况。

## 9.6 过载能力

过载能力检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器输出电流逐渐增大到 110% 额定电流,保持 110% 额定电流运行 10 min;
- e) 设置储能变流器输出电流逐渐降低到额定电流,保持额定电流运行 2 min;
- f) 设置储能变流器输出电流逐渐增大到 120% 额定电流,保持 120% 额定电流运行 1 min;
- g) 利用数据采集装置,以 200 ms 为周期同步记录储能变流器交流端口电压和电流有效值,绘制电流-时间曲线;
- h) 检查储能变流器过载运行情况、报警和保护情况;
- i) 核对储能变流器是否具备过载能力。

## 9.7 充放电转换时间

充放电转换时间检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 设置储能变流器在额定功率放电状态下运行至少 3 min,通过信号发生及采集装置或储能变流器控制面板向储能变流器下发额定功率充电运行指令,当储能变流器达到额定功率后,运行至少 3 min;
- d) 计算储能变流器从额定功率放电状态到额定功率充电状态转换过程中,从第一次达到 90% 额定功率放电时刻,到第一次 90% 额定功率充电时刻之间的转换时间;
- e) 向储能变流器下发额定功率放电指令,当储能变流器达到额定功率后,运行至少 3 min;
- f) 利用数据采集装置,以 20 ms 为周期记录储能变流器交流端口电压和有功功率有效值;
- g) 计算储能变流器从额定功率充电状态到额定功率放电状态转换过程中,从第一次达到 90% 额定功率充电时刻,到第一次 90% 额定功率放电时刻之间的转换时间。

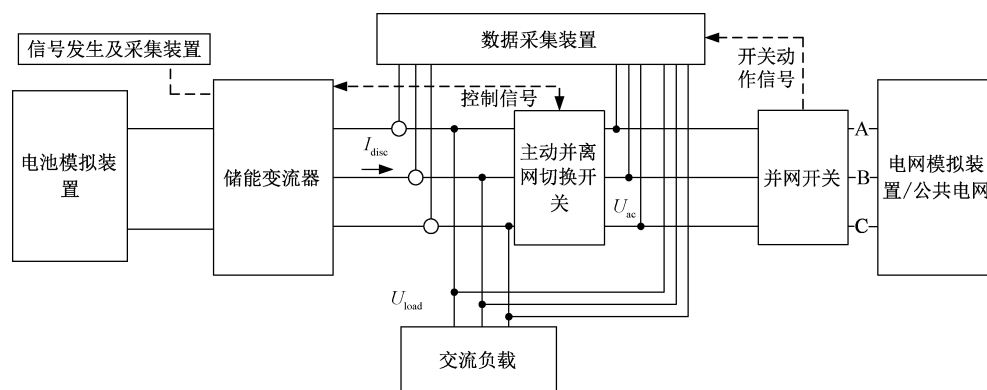
## 9.8 并离网切换时间

### 9.8.1 主动并离网切换时间

主动并网转离网切换时间检测按以下步骤进行：

- a) 按图 12 连接检测电路,闭合主动并离网切换开关和并网开关;
- b) 设置储能变流器并网运行在额定功率放电状态;
- c) 调节交流阻性负载功率至储能变流器的额定功率;
- d) 待储能变流器持续运行 2 min 后,通过信号发生及采集装置或储能变流器控制面板向储能变流器下发离网运行指令;
- e) 利用数据采集装置,以 20 ms 为周期同步记录负载电压有效值  $U_{Load}$ 、网侧电压有效值  $U_{ac}$  和储能变流器放电电流有效值  $I_{disc}$ ;
- f) 计算从接收到离网运行指令时刻起到储能变流器交流端口的电压稳定在负荷额定电压的  $\pm 5\%$  以内的时间间隔;
- g) 分别调节交流阻性负载功率为储能变流器额定功率的 66% 和 33%,重复步骤 d)~f);

h) 取 3 种工况下的切换时间最大值作为检测结果。



注：检测具备主动并离网切换功能的储能变流器时，检测对象包含主动并离网切换开关。

图 12 并离网切换检测电路图

### 9.8.2 被动并网转离网切换时间

被动并网转离网切换时间检测按以下步骤进行：

- 按图 12 连接检测电路，闭合主动并离网切换开关和并网开关；
- 设置储能变流器并网运行在额定功率放电状态；
- 调节交流阻性负载功率至储能变流器的额定功率，持续运行 2 min；
- 待储能变流器持续运行 2 min 后，断开并网开关；
- 利用数据采集装置，以 20 ms 为周期同步记录负载电压有效值  $U_{load}$ 、网侧电压有效值  $U_{ac}$  和储能变流器放电电流有效值  $I_{disc}$ ；
- 计算从并网开关断开时刻起到储能变流器交流端口的电压稳定在负载额定电压的  $\pm 5\%$  以内的时间间隔；
- 分别调节交流阻性负载功率为储能变流器额定功率的 66% 和 33%，重复步骤 d)~f)；
- 取 3 种工况下的切换时间最大值作为检测结果。

### 9.8.3 离网转并网切换时间

离网转并网切换时间检测按以下步骤进行：

- 按图 12 连接检测电路，断开主动并离网切换开关，闭合并网开关；
- 设置储能变流器为离网运行模式；
- 设置储能变流器交流端口电压为额定电压；
- 储能变流器或主动并离网切换开关给出满足同期条件的标志位信号；
- 调节交流阻性负载功率至储能变流器的额定功率；
- 待储能变流器持续运行 2 min 后，通过信号发生及采集装置或储能变流器控制面板向储能变流器下发离网转并网运行指令；
- 利用数据采集装置，以 20 ms 为周期同步记录负载电压有效值  $U_{load}$ 、网侧电压有效值  $U_{ac}$  和储能变流器放电电流有效值  $I_{disc}$  和同期标志位信号；
- 计算从满足同期条件时刻起到储能变流器放电电流稳定在最终稳态值的  $\pm 10\%$  额定电流内的时间间隔；
- 分别调节交流阻性负载功率为储能变流器额定功率的 66% 和 33%，重复步骤 f)~h)；

j) 取 3 种工况下的切换时间最大值作为检测结果。

### 9.9 电压纹波和电流纹波

电压纹波和电流纹波检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为充电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 调节电池模拟装置使储能变流器直流端口电压为最大直流电压;
- e) 设置储能变流器交流端口功率为额定功率持续运行 2 min;
- f) 利用数据采集装置,以 200 ms 为周期同步记录储能变流器直流端口电压和电流的交流分量有效值;
- g) 分别利用公式(1)和公式(2)计算电压纹波系数和电流纹波系数;

$$X_{U_{rms}} = \frac{U_{rms}}{U_{Max-dc}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $U_{Max-dc}$  ——最大直流电压;
- $X_{U_{rms}}$  ——直流端口电压纹波系数;
- $U_{rms}$  ——直流端口电压的交流分量有效值。

$$X_{I_{rms}} = \frac{I_{rms}}{I_{Max-dc}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $I_{Max-dc}$  ——最大直流电流;
- $X_{I_{rms}}$  ——直流端口电流纹波系数;
- $I_{rms}$  ——直流端口电流的交流分量有效值。

- h) 调节电池模拟装置分别使储能变流器直流端口电压为最小直流电压和直流电压范围的中间电压,重复步骤 e)~g);
- i) 取 3 种直流电压工况下的电压纹波系数和电流纹波系数的最大值作为检测结果。

### 9.10 电能质量

#### 9.10.1 谐波电流

谐波电流检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器交流端口输出有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- e) 利用数据采集装置,按照 GB/T 14549 规定的方法检测并记录谐波电流;
- f) 取每个功率设置值的各次谐波电流和总谐波电流值作为检测结果;
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~f)。

#### 9.10.2 间谐波电压

间谐波电压检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器交流端口输出有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- e) 利用数据采集装置,按照 GB/T 24337 规定的方法检测并记录间谐波电压;
- f) 取每个功率设置值的各次间谐波电压值作为检测结果;
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~f)。

### 9.10.3 谐波电压

#### 9.10.3.1 并网模式

谐波电压检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器交流端口输出有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- e) 利用数据采集装置,按照 GB/T 14549 规定的方法检测并记录谐波电压;
- f) 取每个功率设置值的电压总谐波畸变率值作为检测结果;
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~f)。

#### 9.10.3.2 离网模式

谐波电压检测按以下步骤进行:

- a) 按图 13 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为离网模式;
- c) 调节交流阻性负载功率分别为  $0\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- d) 利用数据采集装置,按照 GB/T 14549 规定的方法检测并记录谐波电压;
- e) 取每个功率设置值的电压总谐波畸变率值作为检测结果。

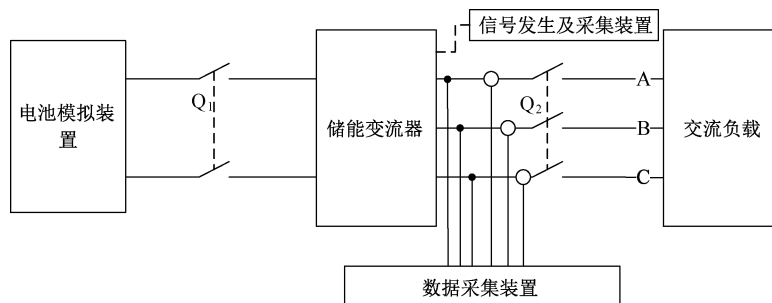


图 13 离网检测电路图

#### 9.10.4 直流分量

直流分量检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器交流端口输出额定有功功率,持续运行 10 min;
- e) 利用数据采集装置,以 200 ms 为周期记录储能变流器交流端口电流直流分量有效值;
- f) 取 10 min 内所有直流分量数据的平均值作为检测结果。

### 9.10.5 电压偏差

#### 9.10.5.1 并网模式

电压偏差检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器交流端口输出有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- e) 利用数据采集装置,按照 GB/T 12325 规定的方法检测并记录电压偏差;
- f) 取每个功率设置值的电压偏差作为检测结果;
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~f)。

#### 9.10.5.2 离网模式

电压偏差检测按以下步骤进行:

- a) 按图 13 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为离网模式;
- c) 调节交流阻性负载功率分别为  $0\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- d) 利用数据采集装置,按照 GB/T 12325 规定的方法检测、记录电压偏差,计算相位偏差值;
- e) 取每个功率设置值的电压偏差和相位偏差作为检测结果。

### 9.10.6 电压不平衡

#### 9.10.6.1 并网模式

电压不平衡度检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器交流端口输出有功功率分别为  $33\%P_n$ 、 $66\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- e) 利用数据采集装置,以 3s 为周期连续记录 10 min 的负序电压不平衡度;
- f) 计算每个功率设置值负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值和最大值;
- g) 取每个功率设置值负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值和最大值作为检测结果;
- h) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~g)。

### 9.10.6.2 离网模式

电压不平衡度检测按以下步骤进行：

- a) 按图 13 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为离网模式;
- c) 调节交流阻性负载功率分别为  $0\%P_n$  和  $100\%P_n$ ,每个功率设置值持续运行 10 min;
- d) 利用数据采集装置,以 3 s 为周期连续记录 10 min 的负序电压不平衡度;
- e) 计算每个功率设置值负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值和最大值;
- f) 取每个功率设置值负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值和最大值作为检测结果。

### 9.10.7 电压波动和闪变

#### 9.10.7.1 持续运行

电压波动和闪变检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器无功功率输出  $Q=0$ ;
- e) 设置储能变流器交流端口输出有功功率从  $10\%P_n$  开始,以  $10\%P_n$  为步长,升高至  $100\%P_n$ ,在每个功率设置值持续运行 10 min,其中  $100\%P_n$  设置值持续运行 30 min;
- f) 利用数据采集装置,分别记录每个功率设置值的 10 min 短时闪变值,按照 GB/T 12326 规定的方法计算长时闪变值;
- g) 取每个功率设置值的短时闪变值和最后计算得到的长时闪变值作为检测结果;
- h) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 e)~g)。

#### 9.10.7.2 启停机操作

电压波动和闪变检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器无功功率输出  $Q=0$ ;
- e) 设置储能变流器待机 5 min,启动储能变流器并在额定功率持续运行 10 min,再停机并在待机状态持续 5 min,连续操作 12 次;
- f) 利用数据采集装置,分别记录每次启机前后 5 min 和停机前后 5 min 短时闪变值,按照 GB/T 12326 规定的方法计算长时闪变值;
- g) 取每次启机前后 5 min 和停机前后 5 min 短时闪变值和最后计算得到的长时闪变值作为检测结果;
- h) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 e)~g)。

### 9.10.8 动态电压瞬变

动态电压瞬变检测按以下步骤进行：

- a) 按图 13 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;

- b) 设置储能变流器运行模式为离网模式；
- c) 调节交流阻性负载功率从 20% $P_n$  增加到 100% $P_n$ , 持续运行 2 min, 调节交流阻性负载功率从 100% $P_n$  减少到 20% $P_n$ , 持续运行 2 min；
- d) 利用数据采集装置, 以 20 ms 为周期记录储能变流器交流端口电压有效值, 按公式(3)计算负荷突增和突减时 100 ms 内的动态电压瞬变值以及 100 ms 后的稳态电压偏差；

$$U_{div} = \frac{\Delta U}{U_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- $U_{div}$  —— 动态电压瞬变系数；
- $\Delta U$  —— 交流端口电压与额定电压的最大偏差；
- $U_n$  —— 交流端口额定电压。

- e) 计算负荷突增和突减过程中动态电压瞬变值和稳态电压偏差的最大值；
- f) 取动态电压瞬变值和稳态电压偏差的最大值作为检测结果。

### 9.11 故障穿越

#### 9.11.1 低电压穿越

##### 9.11.1.1 检测准备

检测准备按照以下步骤进行：

- a) 按图 14 连接检测电路, 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ；
- b) 检测至少选取 5 个电压跌落点, 其中包含 0%  $U_n$  和 20%  $U_n$  电压跌落点, A1 类和 A2 类储能变流器其他各跌落点应在 30%  $U_n$  ~ 50%  $U_n$ 、50%  $U_n$  ~ 70%  $U_n$  和 70%  $U_n$  ~ 90%  $U_n$  3 个区间内均有分布, 并按照图 15 曲线要求选取跌落时间；B1 类和 B2 类储能变流器其他各跌落点在 30%  $U_n$  ~ 50%  $U_n$ 、50%  $U_n$  ~ 70%  $U_n$  和 70%  $U_n$  ~ 85%  $U_n$  3 个区间内均有分布, 并按照图 16 曲线要求选取跌落时间。

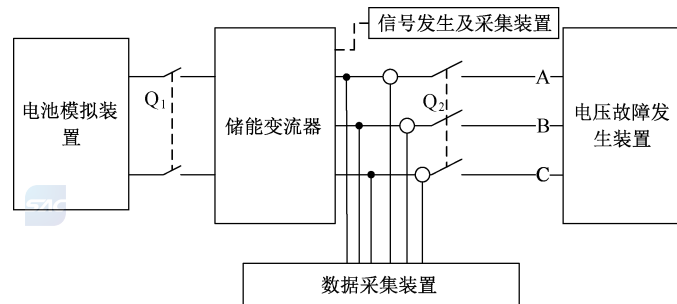


图 14 故障穿越检测图

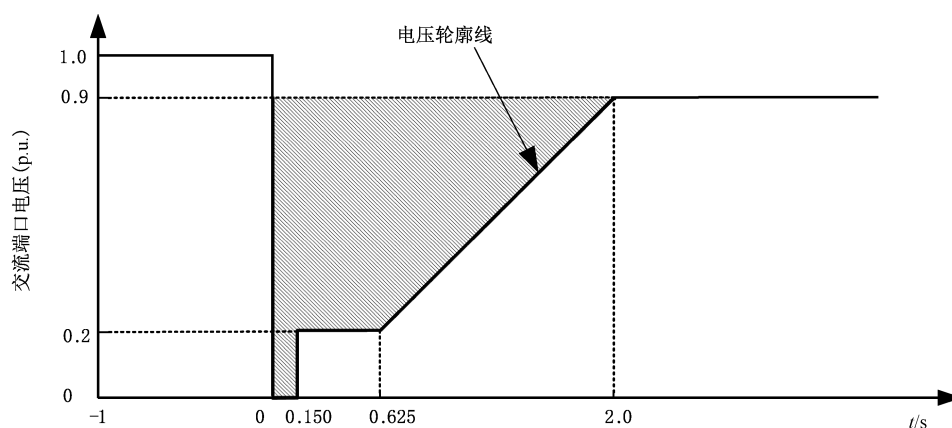


图 15 A1类和A2类储能变流器低电压穿越曲线

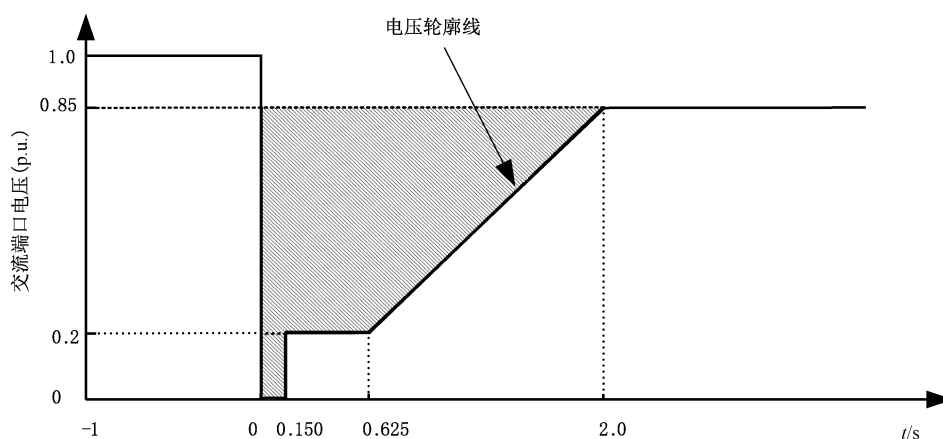


图 16 B1类和B2类储能变流器低电压穿越曲线

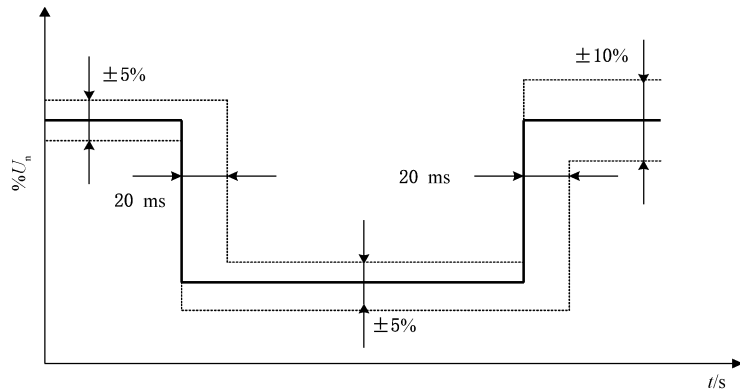
### 9.11.1.2 空载检测

空载检测按以下步骤进行：

- 设置储能变流器处于停机状态；
- 调节低电压故障发生装置，模拟电压三相对称跌落故障，电压跌落点应满足 9.11.1.1 的要求；
- 调节低电压故障发生装置，随机模拟表 3 中一种类型的不对称跌落故障，电压跌落点满足 9.11.1.1 的要求；
- 调节低电压故障发生装置参数，使得电压跌落幅值和跌落时间满足图 17 的容差要求。

表 3 线路不对称故障类型

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



注：0% $U_n$  跌落点电压跌落幅值容差为+5% $U_n$ 。

图 17 电压跌落容差

### 9.11.1.3 负载检测

在空载检测结果满足要求的情况下,可进行低电压穿越负载检测。负载检测时低电压故障发生装置的设置和故障模拟工况应与空载检测保持一致。每个低电压穿越工况负载检测按以下步骤进行:

- a) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- b) 针对 A1、A2 和 B1 类储能变流器分别设置动态无功电流比例系数  $K_1 = 1.5$ 、 $K_2^+ = 1.0$  和  $K_2^- = 1.0$ ;
- c) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在 10%  $P_n \sim 30\% P_n$  范围内运行;
- d) 调节低电压故障发生装置进行三相对称电压跌落;
- e) 利用数据采集装置, A1、A2 和 B1 类储能变流器以 1 ms 为步长、以 20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、无功电流、有功电流和有功功率有效值, B2 类储能变流器以 1 ms 为步长 20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、有功电流和有功功率有效值,至少记录电压跌落前 3 s 到电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- f) A1、A2 和 B1 类储能变流器计算电压跌落持续时间、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有功功率恢复速率, B2 类储能变流器计算电压跌落持续时间以及故障结束后的有功功率恢复速率;
- g) 重复步骤 d)~f);
- h) 调节低电压故障发生装置进行不对称电压跌落;
- i) 利用数据采集装置, A1、A2 和 B1 类储能变流器以 1 ms 为步长、以 20 ms 为滑窗周期同步记录储能变流器交流端口电压正序分量、电压负序分量、无功电流正序分量、无功电流负序分量、有功电流正序分量和有功功率正序分量, B2 类储能变流器以 1 ms 为步长、以 20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、有功电流和有功功率有效值,至少记录电压跌落前 3 s 到电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- j) A1、A2 和 B1 类储能变流器计算电压跌落持续时间、电压跌落期间的动态无功电流增量正、负序分量以及响应时间和调节时间,故障结束后的动态无功电流增量正、负分量退出时间和有功功率恢复速率, B2 类储能变流器计算电压跌落持续时间以及故障结束后的有功功率恢复速率;
- k) 重复步骤 h)~j);
- l) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在 70%  $P_n \sim 100\% P_n$  范围内运行,重复步骤 d)~k);

- m) 针对 A1、A2 和 B1 类储能变流器分别设置动态无功电流比例系数  $K_1 = 3$ 、 $K_2^+ = 3$  和  $K_2^- = 3$ , 重复步骤 c)~l);
- n) 设置储能变流器运行模式为充电模式, 重复步骤 b)~m)。

## 9.11.2 高电压穿越

### 9.11.2.1 检测准备

检测准备按照以下步骤进行:

- a) 按图 14 连接检测电路, 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 检测应至少选取 3 个电压抬升点, 其中应包含  $130\%U_n$  电压抬升点, 另外两个抬升点应在  $110\%U_n \sim 120\%U_n$  和  $120\%U_n \sim 125\%U_n$  两个区间内分布, 并按照图 18 曲线要求选取抬升时间。

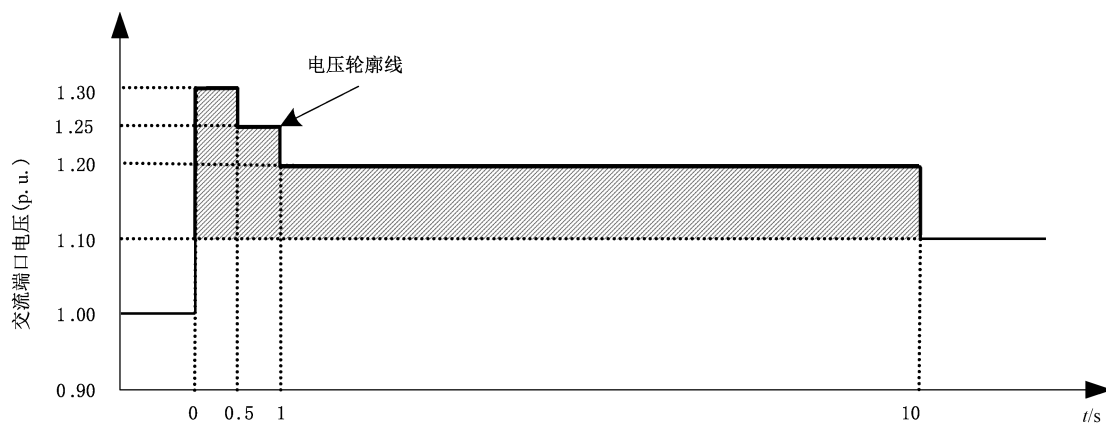
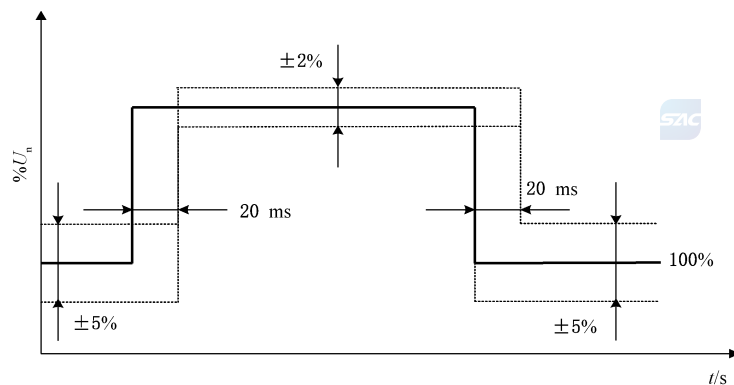


图 18 高电压穿越曲线

### 9.11.2.2 空载检测

空载检测按以下步骤进行:

- a) 设置储能变流器处于停机状态;
- b) 调节高电压故障发生装置, 模拟电压三相对称抬升故障, 电压抬升点应满足 9.11.2.1 的要求;
- c) 调节高电压故障发生装置参数, 使得电压抬升幅值和抬升时间满足图 19 的容差要求。



注:  $110\%U_n$  抬升点电压抬升幅值容差为  $+2\%U_n$ 。

图 19 电压抬升容差

9.11.2.3 负载检测

在空载检测结果满足要求的情况下,可进行高电压穿越负载检测。负载检测时高电压故障发生装置的设置和故障模拟工况应与空载检测保持一致。每个高电压穿越工况负载检测按以下步骤进行:

- a) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- b) 调节电池模拟装置,使储能变流器直流端口电压为满足高电压穿越要求的最低电压;
- c) 针对 A1、A2 和 B1 类储能变流器设置动态无功电流比例系数  $K_s=1.5$ ;
- d) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $10\% P_n \sim 30\% P_n$  范围内运行;
- e) 调节高电压故障发生装置进行三相对称电压抬升;
- f) 利用数据采集装置,A1、A2 和 B1 类储能变流器以 1 ms 为步长、以 20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、无功电流、有功电流和有功功率有效值,B2 类储能变流器以 1 ms 为步长、以 20 ms 为滑窗周期同步记录交流端口电压、有功电流和有功功率有效值,至少记录电压抬升前 3 s 到电压恢复正常后 6s 之间的数据;
- g) A1、A2 和 B1 类储能变流器计算电压抬升持续时间、电压抬升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有功功率恢复速率,B2 类储能变流器计算电压抬升持续时间以及故障结束后的有功功率恢复速率;
- h) 重复步骤 e)~g);
- i) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $70\% P_n \sim 100\% P_n$  范围内运行,重复步骤 e)~h);
- j) 针对 A1、A2 和 B1 类储能变流器设置动态无功电流比例系数  $K_s=3$ ,重复步骤 d)~i);
- k) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~j);
- l) 调节电池模拟装置,使储能变流器直流端口电压为最大直流电压,重复步骤 c)~k)。

9.11.3 连续故障穿越

9.11.3.1 连续低电压穿越

9.11.3.1.1 检测准备

检测准备按照以下步骤进行:

- a) 按图 14 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) A1 类和 A2 类储能变流器的连续低电压穿越检测应至少选取表 4 中规定的故障曲线,相邻低电压穿越之间的时间间隔应在 0.2 s~2 s 之间选择,并按照图 15 曲线要求选取跌落时间。

表 4 连续低电压穿越检测故障曲线

| 序号 | 第一次低电压穿越  | 第二次低电压穿越  |
|----|-----------|-----------|
| 1  | 0% $U_n$  | 0% $U_n$  |
| 2  |           | 20% $U_n$ |
| 3  | 40% $U_n$ | 60% $U_n$ |
| 4  |           | 80% $U_n$ |

9.11.3.1.2 空载检测

空载检测按以下步骤进行:

- a) 设置储能变流器处于停机状态；
- b) 调节连续故障发生装置,模拟电压连续两次三相对称跌落故障,电压跌落点应满足表 4 的要求；
- c) 调节连续故障发生装置参数,使得每次电压跌落幅值和跌落时间满足图 17 的容差要求。

### 9.11.3.1.3 负载检测

在空载检测结果满足要求的情况下,可进行连续低电压穿越负载检测。负载检测时连续故障发生装置的设置和故障模拟工况应与空载检测保持一致。每个连续低电压穿越工况负载检测按以下步骤进行:

- a) 设置储能变流器运行模式为放电模式；
- b) 设置储能变流器动态无功电流比例系数  $K_1=2$ ；
- c) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $10\% P_n \sim 30\% P_n$  范围内运行；
- d) 调节连续故障发生装置模拟连续两次三相对称电压跌落故障；
- e) 利用数据采集装置,以 1 ms 为步长、以 20 ms 为滑窗周期同步记录储能变流器交流端口电压、无功电流、有功电流和有功功率有效值,记录第一次电压跌落前 3 s 到第二次电压恢复正常后 6 s 之间的数据；
- f) 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；
- g) 重复步骤 d)~f)；
- h) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $70\% P_n \sim 100\% P_n$  范围内运行,重复步骤 d)~g)；
- i) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~h)。

### 9.11.3.2 连续低-高电压穿越

#### 9.11.3.2.1 检测准备

检测准备按照以下步骤进行:

- a) 按图 14 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ；
- b) A1 类和 A2 类储能变流器的连续低-高电压穿越检测应至少选取表 5 中规定的故障曲线,并按照图 15 曲线要求选取跌落时间,按照图 18 曲线要求选取抬升时间。

表 5 连续低-高电压穿越检测故障曲线

| 序号 | 低电压穿越     | 高电压穿越      |
|----|-----------|------------|
| 1  | $0\%U_n$  | $130\%U_n$ |
| 2  | $20\%U_n$ | $120\%U_n$ |

#### 9.11.3.2.2 空载检测

空载检测按以下步骤进行:

- a) 设置储能变流器处于停机状态；
- b) 调节连续故障发生装置,模拟电压连续低-高三相对称故障无间隔重复 3 次,电压跌落-抬升点应满足表 5 的要求；

- c) 调节连续故障发生装置参数,使得每次电压跌落幅值和跌落时间满足图 17 的容差要求,每次电压抬升幅值和抬升时间满足图 19 的容差要求。

### 9.11.3.2.3 负载检测

在空载检测结果满足要求的情况下,可进行连续低-高电压穿越负载检测。负载检测时连续故障发生装置的设置和故障模拟工况应与空载检测保持一致。

每个连续低-高电压穿越工况负载检测按以下步骤进行:

- a) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- b) 设置储能变流器动态无功电流比例系数  $K_1=2$  和  $K_3=2$ ;
- c) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $10\%P_n \sim 30\%P_n$  范围内运行;
- d) 调节连续故障发生装置模拟连续 3 次低-高三相对称故障;
- e) 利用数据采集装置,以 1 ms 为步长、以 20 ms 为滑窗周期同步记录储能变流器交流端口电压、无功电流、有功电流和有功功率有效值,至少记录第一次电压跌落前 3 s 到最后一次高电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- f) 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;
- g) 重复步骤 d)~f);
- h) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $70\%P_n \sim 100\%P_n$  范围内运行,重复步骤 d)~g);
- i) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 c)~h)。

## 9.12 运行适应性

### 9.12.1 电压适应性

电压适应性检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- d) 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $70\%P_n \sim 100\%P_n$  范围内运行;
- e) 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口电压从  $U_n$  分别阶跃至表 6 中规定的各个电压点和持续时间后恢复到  $U_n$ ;
- f) 利用数据采集装置,以 20 ms 为周期同步记录储能变流器交流端口电压、有功功率有效值和无功功率有效值,至少记录电压阶跃前 1 min 到电压恢复到  $U_n$  后 1 min 之间的数据;
- g) 绘制电压-时间、有功功率-时间和无功功率-时间曲线;
- h) 记录储能变流器充放电状态和电压越限时的报警信息;
- i) 核对储能变流器是否具备电压适应性能力;
- j) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~i)。

表 6 电压适应性测试电压点

| 储能变流器类型    | 测点电压<br>V   | 持续时间<br>min |
|------------|---|-------------|
| A1 和 A2 类  | $91\%U_n, 95\%U_n, 99\%U_n, 101\%U_n, 105\%U_n, 109\%U_n$ | 10          |
| B1 类和 B2 类 | $86\%U_n, 92\%U_n, 99\%U_n, 101\%U_n, 105\%U_n, 109\%U_n$ | 10          |

表 6 电压适应性测试电压点 (续)

| 储能变流器类型 | 测点电压<br>V  | 持续时间<br>min |
|---------|--|-------------|
| B3 类    | $0\%U_n$ 、 $25\%U_n$ 、 $49\%U_n$   | 2           |
|         | $51\%U_n$ 、 $68\%U_n$ 、 $84\%U_n$  | 5           |
|         | $86\%U_n$ 、 $92\%U_n$ 、 $99\%U_n$ 、 $101\%U_n$ 、 $105\%U_n$ 、 $109\%U_n$ | 10          |
|         | $111\%U_n$ 、 $115\%U_n$ 、 $119\%U_n$                                     | 5           |
|         | $121\%U_n$ 、 $125\%U_n$  | 2           |

### 9.12.2 频率适应性

频率适应性检测按以下步骤进行：

- 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $70\%P_n \sim 100\%P_n$  范围内运行;
- 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口频率从 50 Hz 分别阶跃至 46.45 Hz、46.55 Hz、47.5 Hz 和 48.45 Hz 持续 1 min 后恢复到 50 Hz;
- 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口频率从 50 Hz 分别阶跃至 48.55 Hz、49.5 Hz 和 50.45 Hz 持续 10 min 后恢复到 50 Hz;
- 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口频率从 50 Hz 分别阶跃至 50.55 Hz、51 Hz、51.45 Hz 和 51.55 Hz 持续 1 min 后恢复到 50 Hz;
- 利用数据采集装置,以 20 ms 为周期同步记录储能变流器交流端口频率、有功功率有效值和无功功率有效值,至少记录频率阶跃前 1 min 到频率恢复到 50 Hz 后 1 min 之间的数据;
- 绘制频率-时间、有功功率-时间和无功功率-时间曲线;
- 记录储能变流器充放电状态和频率越限时的报警信息;
- 核对储能变流器是否具备频率适应性能力;
- 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~k)。

### 9.12.3 频率变化率适应性

频率变化率适应性检测按以下步骤进行：

- 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- 设置储能变流器交流端口输出有功功率在  $70\%P_n \sim 100\%P_n$  范围内运行;
- 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口频率从 50.45 Hz 在每 500 ms 内以 1.95 Hz/s 的变化率降低至 48.55 Hz 持续 1 min 后再以 1.95 Hz/s 的变化率升高至 50.45 Hz;
- 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口频率从 50.45 Hz 在每 500 ms 内以 2.05 Hz/s 的变化率降低至 48.55 Hz 持续 1 min 后再以 2.05 Hz/s 的变化率升高至 50.45 Hz;
- 利用数据采集装置,以 20 ms 为周期同步记录储能变流器交流端口频率、有功功率有效值和无

- 功率有效值,至少记录频率阶跃前 1 min 到频率恢复到 50 Hz 后 1 min 之间的数据;
- h) 绘制频率-时间、有功功率-时间和无功功率-时间曲线,检查并记录储能变流器运行状态;
- i) 核对储能变流器是否具备频率变化率适应性;
- j) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~i)。

### 9.13 防孤岛保护

#### 9.13.1 检测电路

防孤岛保护检测电路见图 20。

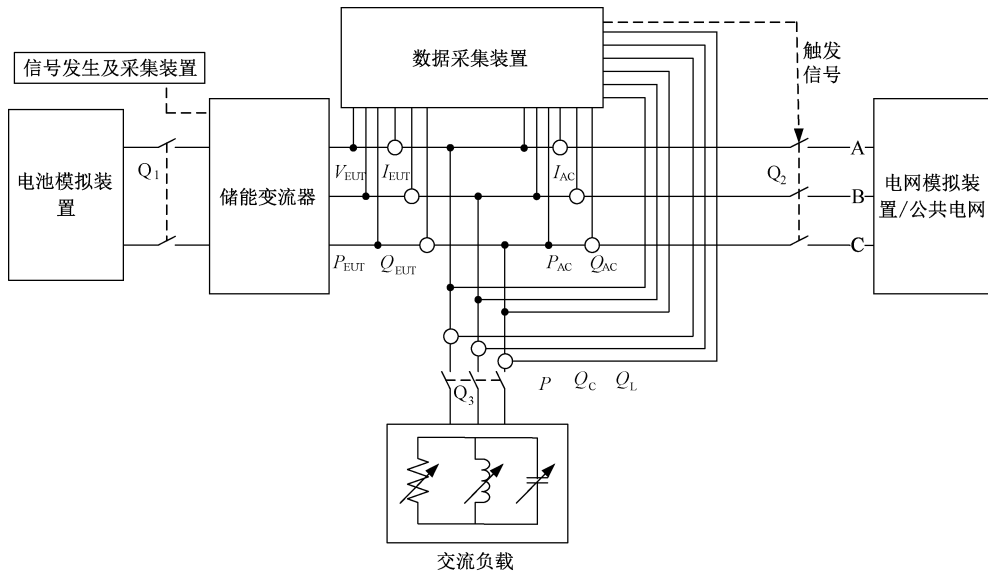


图 20 防孤岛保护检测电路图

#### 9.13.2 检测步骤

防孤岛保护检测按以下步骤进行:

- a) 按图 20 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$ 、 $Q_2$  和  $Q_3$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- c) 设置储能变流器交流端口输出有功功率  $P_{EUT}$  在  $100\%P_n$  运行;
- d) 利用数据采集装置,以 20 ms 为周期同步记录储能变流器交流端口电压有效值  $V_{EUT}$ 、电流有效值  $I_{EUT}$ 、有功功率有效值  $P_{EUT}$ 、无功功率有效值  $Q_{EUT}$  和电网侧电流有效值  $I_{AC}$ ;
- e) 调节感性负载,满足  $Q_L = P_{EUT}$ ;
- f) 调节容性负载,满足  $Q_C = -Q_{EUT} - Q_L$ ;
- g) 调节阻性负载,使 RLC 电路中消耗的功率为  $P_{EUT}$ ;
- h) 检测过程中,按照公式(4)计算品质因数  $Q_f$  不超过  $1 \pm 0.05$ ;

$$Q_f = (1/P) \sqrt{|Q_L| \cdot |Q_C|} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- $P$  —— 阻性负载有功功率;
- $Q_L$  —— 感性负载无功功率;
- $Q_C$  —— 容性负载无功功率。

- i) 调节 RLC 可调交流负载使流过  $Q_2$  的基波电流小于稳态时储能变流器额定输出电流 1%，无功功率趋于零；
- j) 断开  $Q_2$ ，计算从  $Q_2$  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% 以下时的时间间隔；
- k) 闭合开  $Q_2$ ，根据表 7 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，重复步骤 j)，任一次测得不平衡条件下的保护时间超过了平衡条件下测得的保护时间，则需要按照表 8 非阴影区的条件进行检测；
- l) 闭合开  $Q_2$ ，设置储能变流器交流端口输出有功功率  $P_{EUT}$  在  $66\%P_n$  运行，重复步骤 d)~j)；
- m) 闭合开  $Q_2$ ，根据表 7 中的功率偏差值要求，调整可调交流负载的电感值或电容值，重复步骤 j)，保护动作时间呈持续上升趋势时，继续以 1% 的增量扩大偏差范围，直至保护动作时间下降；
- n) 闭合开  $Q_2$ ，设置储能变流器交流端口输出有功功率  $P_{EUT}$  在  $33\%P_n$  运行，重复步骤 d)~j)；
- o) 闭合开  $Q_2$ ，根据表 7 中的功率偏差值要求，调整可调交流负载的电感值或电容值，重复步骤 j)，保护动作时间呈持续上升趋势时，继续以 1% 的增量扩大偏差范围，直至保护动作时间下降。

注：对于有自动并离网切换功能的储能变流器需要屏蔽自动并离网切换功能。

表 7 防孤岛检测条件表

| 序号 | 储能变流器交流输出功率<br>% $P_n$ | 加载的无功功率<br>% $P_n$ | 与负载有功功率标称值的百分比<br>% | 与负载无功功率标称值的百分比<br>% |
|----|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 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                   |

表 7 防孤岛检测条件表 (续)

| 序号 | 储能变流器交流输出功率<br>% $P_n$ | 加载的无功功率<br>% $P_n$ | 与负载有功功率标称值的百分比<br>% | 与负载无功功率标称值的百分比<br>% |
|----|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 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                   |

表 8 额定工况下的扩展检测表

| 与负载有功功率、无功功率标称值的百分比<br>% |        |       |        |         |
|--------------------------|--------|-------|--------|---------|
| -10,+10                  | -5,+10 | 0,+10 | +5,+10 | +10,+10 |
| -10,+5                   | -5,+5  | 0,+5  | +5,+5  | +10,+5  |
| -10,0                    | -5,0   | —     | +5,0   | +10,0   |
| -10,-5                   | -5,-5  | 0,-5  | +5,-5  | +10,-5  |
| -10,-10                  | -5,-10 | 0,-10 | +5,-10 | +10,-10 |

9.14 效率

9.14.1 检测电路

储能变流器效率检测电路见图 21。

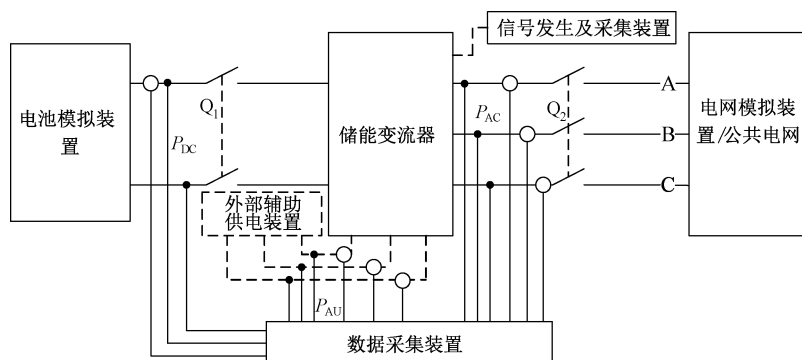


图 21 储能变流器效率检测电路框图

### 9.14.2 充电效率

充电效率检测按以下步骤进行：

- 按图 21 连接检测电路，闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ；
- 设置储能变流器运行模式为充电模式；
- 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压；
- 调节电池模拟装置，使储能变流器直流端口电压为最大直流电压；
- 设置储能变流器交流端口输出有功功率为  $100\% P_n$  并持续运行 10 min；
- 利用数据采集装置，以 200 ms 为周期同步记录储能变流器直流端口有功功率、交流端口有功功率有效值和外部辅助供电有功功率；
- 计算 10 min 内直流端口有功功率、交流端口有功功率和外部辅助供电有功功率的平均值，按公式(5)计算储能变流器充电效率；

$$\eta_1 = \frac{P_{DC}}{P_{AC} + P_{AU}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $\eta_1$  —— 放电效率；
- $P_{DC}$  —— 直流端口功率；
- $P_{AC}$  —— 交流端口有功功率；
- $P_{AU}$  —— 外部辅助供电有功功率。

- 调节电池模拟装置，使储能变流器直流端口分别为直流电压范围的中间值和最小值，重复步骤 e)~g)；
- 取 3 次充电效率的最大值作为检测结果。

### 9.14.3 放电效率

放电效率检测按以下步骤进行：

- 按图 21 连接检测电路，闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ；
- 设置储能变流器运行模式为放电模式；
- 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压；
- 调节电池模拟装置，使储能变流器直流端口电压为最大直流电压；
- 设置储能变流器交流端口输出有功功率为  $100\% P_n$  并持续运行 10 min；

- f) 利用数据采集装置,以 200 ms 为周期同步记录储能变流器直流端口有功功率、交流端口有功功率有效值和外部辅助供电有功功率;
- g) 计算 10 min 内直流端口有功功率、交流端口有功功率和外部辅助供电有功功率的平均值,按公式(6)计算储能变流器放电效率;

$$\eta_2 = \frac{P_{AC}}{P_{DC} + P_{AU}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $\eta_2$  ——放电效率;
- $P_{DC}$  ——直流端口功率;
- $P_{AC}$  ——交流端口有功功率;
- $P_{AU}$  ——外部辅助供电有功功率。

- h) 调节电池模拟装置,使储能变流器直流端口分别为直流电压范围的中间值和最小值,重复步骤 e)~g);
- i) 取 3 次放电效率的最大值作为检测结果。

### 9.15 损耗

#### 9.15.1 待机损耗

待机损耗检测按以下步骤进行:

- a) 按图 21 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压;
- c) 调节电池模拟装置,使储能变流器直流端口电压为最大直流电压;
- d) 设置储能变流器为停机状态;
- e) 利用数据采集装置,以 200 ms 为周期同步持续记录 10 min 储能变流器直流端口有功功率、交流端口有功功率有效值和外部辅助供电有功功率;
- f) 计算 10 min 内直流端口有功功率、交流端口有功功率和外部辅助供电有功功率的平均值,按公式(7)计算储能变流器待机损耗;

$$\eta_3 = \frac{P_{DC} + P_{AU} + P_{AC}}{P_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- $\eta_3$  ——为储能变流器待机损耗;
- $P_{DC}$  ——直流端口功率;
- $P_{AC}$  ——交流端口有功功率;
- $P_{AU}$  ——外部辅助供电有功功率。

- g) 调节电池模拟装置,使储能变流器直流端口分别为直流电压范围的中间值和最小值,重复步骤 e)~g);
- h) 取 3 次待机损耗的最大值作为检测结果。

#### 9.15.2 空载损耗

空载损耗检测按以下步骤进行:

- a) 按图 21 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 设置储能变流器运行模式为放电模式;

- c) 调节电网模拟装置输出电压为储能变流器交流端口额定电压；
- d) 调节电池模拟装置,使储能变流器直流端口电压为最大直流电压；
- e) 设置储能变流器交流端口输出有功功率为最小功率运行并持续运行 10 min；
- f) 利用数据采集装置,以 200 ms 为周期同步记录储能变流器直流端口有功功率、交流端口有功功率有效值和外部辅助供电有功功率；
- g) 计算 10 min 内直流端口有功功率、交流端口有功功率和外部辅助供电有功功率的平均值,按公式(8)计算储能变流器待机损耗；

$$\eta_4 = \frac{P_{DC} + P_{AU} + P_{AC}}{P_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$\eta_4$  —— 储能变流器空载损耗；

$P_{DC}$  —— 直流端口功率；

$P_{AC}$  —— 交流端口有功功率；

$P_{AU}$  —— 外部辅助供电有功功率。

- h) 调节电池模拟装置,使储能变流器直流端口分别为直流电压范围的中间值和最小值,重复步骤 e)~g)；
- i) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~h)；
- j) 取六次空载损耗的最大值作为检测结果。

## 9.16 噪声

噪声检测按以下步骤进行：

- a) 检测并记录背景噪声；
- b) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ；
- c) 设置储能变流器运行模式为放电模式；
- d) 设置储能变流器在  $100\%P_n$  运行；
- e) 在距离设备水平位置四周 1 m 处,分别用声级计测量储能变流器噪声,声级计测量采用 A 加权方式；
- f) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 d)~e)；
- g) 计算所有测量噪声数据中的最大值；
- h) 检测时,实测噪声与背景噪声的差值大于 3 dB,当不满足条件时,采取措施使检测环境满足要求；
- i) 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,按表 9 进行噪声值修正。

表 9 背景噪声修正值

单位为分贝

|     |    |     |      |
|-----|----|-----|------|
| 差值  | 3  | 4~5 | 6~10 |
| 修正值 | -3 | -2  | -1   |

## 10 安全性能检测

### 10.1 电气间隙和爬电距离

电气间隙和爬电距离检测按以下步骤进行：

- a) 拆除或断开储能变流器对外连线,并接地放电；
- b) 按照 GB/T 16935.1 规定的方法,使用游标卡尺或直角尺测量储能变流器各电路之间以及带电部件、接地部件之间功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘和加强绝缘的电气间隙和爬电距离；
- c) 取所有测得的电气间隙和爬电距离作为检测结果。

### 10.2 绝缘电阻

绝缘电阻检测按以下步骤进行：

- a) 拆除或断开储能变流器对外连线,并接地放电；
- b) 断开压敏电阻等过电压保护器件；
- c) 在储能变流器各电路与接地部件之间,以及与各电路之间施加直流试验电压并持续 1 min,直流试验电压见表 10；
- d) 取所有测得的绝缘电阻值作为检测结果。

表 10 绝缘电阻试验电压

单位为伏

| 额定绝缘电压等级 $U_i$<br>(交流有效值/直流) | 绝缘电阻试验电压 |
|------------------------------|----------|
| $U_i \leq 60$                | 250      |
| $60 < U_i \leq 250$          | 500      |
| $250 < U_i \leq 1\ 000$      | 1\ 000   |
| $U_i > 1\ 000$               | 2\ 500   |
| 注： $U_i$ 为被测电路工作电压。          |          |

### 10.3 工频耐压

工频耐压检测按以下步骤进行：

- a) 拆除或断开储能变流器对外连线,并接地放电；
- b) 断开压敏电阻等过电压保护器件；
- c) 在储能变流器不同电路之间、电路与可接触外壳之间施加交流试验电压,试验电压的波形为 50 Hz 标准正弦波形,施加试验电压时可逐渐上升或下降,达到规定试验电压后持续 1 min,当试验路径中有电容器时,试验可采用直流电压,试验电压见表 11；
- d) 记录击穿或者其他破坏性放电现象发生的情况。

表 11 工频耐受电压试验电压

单位为伏

| 系统电压<br>(交流) | 对基本绝缘电路进行型式试验<br>和所有出厂试验电压值 |        | 对双重绝缘或加强绝缘电路<br>进行型式试验电压值 |         |
|--------------|-----------------------------|--------|---------------------------|---------|
|              | 交流有效值                       | 直流     | 交流有效值                     | 直流      |
| ≤50          | 1 250                       | 1 770  | 2 500                     | 3 540   |
| 100          | 1 300                       | 1 840  | 1 600                     | 3 680   |
| 150          | 1 350                       | 1 910  | 2 700                     | 3 820   |
| 300          | 1 500                       | 2 120  | 3 000                     | 4 240   |
| 600          | 1 800                       | 2 550  | 3 600                     | 5 090   |
| 1 000        | 2 200                       | 3 110  | 4 400                     | 6 220   |
| 3 600        | 10 000                      | 14 150 | 16 000                    | 22 650  |
| 7 200        | 20 000                      | 28 300 | 32 000                    | 45 300  |
| 12 000       | 28 000                      | 39 600 | 44 800                    | 63 350  |
| 17 500       | 38 000                      | 53 700 | 60 800                    | 85 900  |
| 24 000       | 50 000                      | 70 700 | 80 000                    | 113 100 |
| 36 000       | 70 000                      | 99 000 | 112 000                   | 158 400 |

## 10.4 冲击耐压

冲击耐压检测按以下步骤进行：

- 拆除或断开储能变流器对外连线,并接地放电;
- 断开压敏电阻等过电压保护器件;
- 在储能变流器各电路之间以及带电部件、接地部件之间施加试验电压,电压波形为 1.2/50  $\mu$ s 的脉冲电压波形,试验电压见表 12;
- 试验 3 次后更换试验电压正负极性,再次试验 3 次,每次试验电压的时间间隔不小于 30 s;
- 记录击穿或者其他破坏性放电现象发生的情况。

表 12 冲击耐受电压试验电压

单位为伏

| 系统电压<br>(交流有效值/直流) | 过电压等级 II (直流端口) |       | 过电压等级 III (交流端口) |       |
|--------------------|-----------------|-------|------------------|-------|
|                    | 基本绝缘或附加绝缘       | 加强绝缘  | 基本绝缘或附加绝缘        | 加强绝缘  |
| 50/75              | 500             | 800   | 800              | 1 500 |
| 100/150            | 800             | 1 500 | 1 500            | 2 500 |
| 150/225            | 1 500           | 2 500 | 2 500            | 4 000 |
| 300/450            | 2 500           | 4 000 | 4 000            | 6 000 |

表 12 冲击耐受电压试验电压（续）

单位为伏

| 系统电压<br>(交流有效值/直流) | 过电压等级Ⅱ(直流端口) |         | 过电压等级Ⅲ(交流端口) |         |
|--------------------|--------------|---------|--------------|---------|
|                    | 基本绝缘或附加绝缘    | 加强绝缘    | 基本绝缘或附加绝缘    | 加强绝缘    |
| 600/900            | 4 000        | 6 000   | 6 000        | 8 000   |
| 1 000/1 500        | 6 000        | 8 000   | 8 000        | 12 000  |
| 3 600/5 400        | 16 000       | 20 000  | 20 000       | 40 000  |
| 7 200/10 800       | 29 000       | 40 000  | 40 000       | 60 000  |
| 12 000/18 000      | 42 500       | 60 000  | 60 000       | 75 000  |
| 17 500/26 250      | 55 000       | 75 000  | 75 000       | 95 000  |
| 24 000/36 000      | 75 000       | 95 000  | 95 000       | 125 000 |
| 36 000/54 000      | 95 000       | 125 000 | 125 000      | 145 000 |

直流端口可插值,交流端口不应插值。

### 10.5 保护连接

保护连接检测按以下步骤进行：

- 拆除或断开储能变流器对外连线,并接地放电；
- 断开接地端子与外部接地线之间的保护连接；
- 将接地电阻试验仪的两极分别接在保护接地端子和可接触导电部位,选取距离保护接地端子最远端的金属导体；
- 试验电流为过电流保护值 2 倍和 32 A 中的较大值,试验电流持续时间见表 13；
- 记录保护连接的电阻值以及试验电流耐受的情况。

表 13 保护连接试验持续时间



| 过电流保护装置等级<br>A | 试验持续时间<br>min |
|----------------|---------------|
| <16            | 2             |
| 16~30          | 2             |
| 31~60          | 4             |
| 61~100         | 6             |
| 101~200        | 8             |
| >200           | 10            |

### 10.6 接触电流

接触电流检测按以下步骤进行：

- a) 按图 4 连接检测电路,断开开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ,对于连接中性点接地系统的储能变流器,检测中保持中性点接地状态,对于连接中性点悬浮系统的储能变流器,检测时中性点通过  $1\text{ k}\Omega$  电阻与地连接;
- b) 断开接地端子与外部接地线之间的保护连接,将接触电流测试仪一端连接到储能变流器的接地端子,另一端与外部接地导线连接;
- c) 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- d) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- e) 设置储能变流器运行在额定功率,持续  $2\text{ min}$ ;
- f) 记录接触电流有效值;
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 e)~f);
- h) 取每次记录数据的最大值作为检测结果。

### 10.7 电容残余能量危险防护

存储电荷放电检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 调节电网模拟装置,使储能变流器交流端口为额定电压;
- c) 调节电池模拟装置,使储能变流器直流端口电压为最大直流电压;
- d) 设置储能变流器在  $10\%P_n$  运行持续  $2\text{ min}$ ;
- e) 设置储能变流器停机,并依次断开直流和交流开关;
- f) 利用数据采集装置,以  $20\text{ ms}$  为周期同步记录从开关断开前  $3\text{ s}$  开始记录电容元件端口电压,至电容元件端口电压降低到接近  $0\text{ V}$ ;
- g) 计算从储能变流器开关断开到电容元件端口电压降低到  $60\text{ V}$  以下和存储能量低于  $20\text{ J}$  所需的放电时间,并检查储能变流器外壳或电容器保护挡板等明显位置的标注情况。

注:检测端口包括但不限于直流正负极、直流正负极对地、交流相与相之间、交流相对地及维修人员可能接触的内部电容。

### 10.8 温升

温升检测按以下步骤进行:

- a) 按图 4 连接检测电路,断开开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- b) 在储能变流器的功率器件及其散热器、电容器元件、熔断器、印制电路板、绝缘材料、外部连接端子、外部导体能够触及的接线腔表面或内部的任意点、绕组及其绝缘系统、接触外壳、旋钮、手柄、开关和显示器等经常操作的部件布置测温传感器;
- c) 闭合开关  $Q_1$  和  $Q_2$ ;
- d) 设置储能变流器运行模式为放电模式;
- e) 设置储能变流器在额定功率运行;
- f) 检测时每隔半小时取一次温度数据,连续 3 次同一位置温度变化不超过  $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$  时,认定为储能变流器达到稳定运行工况;
- g) 记录温度测量结果  $T_i'$ ,以  $T_i = T_i' + \delta_i$  为最终温度测量结果;
- h) 设置储能变流器运行模式为充电模式,重复步骤 e)~g);
- i) 取两次记录数据的最大值作为检测结果。

注:  $T_i$  为第  $i$  次检测结果,  $\delta_i$  为储能变流器最高额定功率运行温度减去检测环境温度。

## 10.9 环境适应性

### 10.9.1 低温适应性

低温适应性检测按以下步骤进行：

- a) 储能变流器放置于温度/湿度试验箱中,连接储能变流器交直流端口供电电源线,交直流端口不供电；
- b) 温度/湿度试验箱温度调节至 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度条件下静置 16 h；
- c) 温度/湿度试验箱温度以不高于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率恢复至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度条件下静置 2 h；
- d) 在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度条件下,接通交直流端口供电；
- e) 设置储能变流器运行模式为放电模式,保持额定功率运行 2 h；
- f) 以不大于 1 min 为周期记录 2h 的储能变流器交流端口有功功率,检查储能变流器的运行和报警情况；
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式,保持额定功率运行 2 h,重复步骤 f)。

### 10.9.2 高温适应性

高温适应性检测按以下步骤进行：

- a) 储能变流器放置于温度/湿度试验箱中,连接储能变流器交直流端口供电电源线,交直流端口不供电；
- b) 温度/湿度试验箱温度调节至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度条件下静置 16 h；
- c) 温度/湿度试验箱温度以不高于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率恢复至 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度条件下静置 2 h；
- d) 在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度条件下,接通交直流端口供电；
- e) 设置储能变流器运行模式为放电模式,保持额定功率运行 2 h；
- f) 以不大于 1 min 为周期记录 2 h 的储能变流器交流端口有功功率,检查储能变流器的运行和报警情况；
- g) 设置储能变流器运行模式为充电模式,保持额定功率运行 2 h,重复步骤 f)。

### 10.9.3 湿热适应性

#### 10.9.3.1 交变湿热

交变湿热检测按以下步骤进行：

- a) 储能变流器放置于温度/湿度试验箱中,连接储能变流器交直流端口供电电源线,交直流端口不供电；
- b) 按照 GB/T 2423.4 规定的方法进行交变湿热检测,高温温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,试验时间为 48 h；
- c) 室温环境下静置 2 h；
- d) 按照 10.2 和 10.3 规定的方法,将试验电压调整为表 10 和表 11 中规定的试验电压值的 75%,进行绝缘电阻和工频耐压检测；
- e) 通电并设置储能变流器启机,按照 9.7 进行充放电转换试验,检查储能变流器的运行状态；
- f) 核对储能变流器是否具备交变湿热适应性功能。

### 10.9.3.2 恒定湿热

恒定湿热检测按以下步骤进行：

- a) 储能变流器放置于温度/湿度试验箱中,连接储能变流器交直流端口供电电源线,不通电；
- b) 按照 GB/T 2423.3 规定的方法进行恒定湿热检测,温度为  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度  $93\% \pm 3\%$ ,试验时间为 48 h；
- c) 室温环境下静置 2 h；
- d) 按照 10.2 和 10.3 规定的方法,将试验电压调整为表 10 和表 11 中规定的试验电压值的 75%,进行绝缘电阻和工频耐压检测；
- e) 通电并设置储能变流器启机,按照 9.7 进行充放电转换试验,检查储能变流器的运行状态；
- f) 核对储能变流器是否具备恒定湿热适应性功能。

### 10.9.4 盐雾适应性

盐雾适应性检测按以下步骤进行：

- a) 储能变流器放置于盐雾检测设备；
- b) 按照 GB/T 2423.18 规定的方法进行盐雾适应性检测,先在  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  条件下,用盐溶液喷洒试验样品 2 h,然后在  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $93\% \pm 3\%$  的湿热条件下贮存 22 h,重复 4 次,然后试验样品在  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  和相对湿度  $50\% \pm 5\%$  的标准大气下贮存 3 d；
- c) 取出储能变流器,室温环境下静置 2 h；
- d) 检查储能变流器外观以及其他金属制品的裂痕、脱落和锈蚀等损坏情况；
- e) 核对储能变流器是否具备盐雾适应性功能。

注：不具备试验条件时,采用提供样件的方法进行等效检测,样件满足 GB/T 9286 的要求。

## 10.10 机械防护

### 10.10.1 可触及性

可触及性检测按以下步骤进行：

- a) 移除不用工具即可拆卸或打开的零部件,打开所有允许操作人员打开的柜门和盖板；
- b) 对于无需工具即可断开的连接器或连接端子,在断开过程中和断开后分别进行检测,任何可移动零部件要置于对检测结果最不利的位置；
- c) 用 10 N 的力将带关节的试验指施加在每一个可能触及的开孔位置上,检查试验指与带电部件的接触情况；
- d) 带关节的试验指不能进入开孔时,再用不带关节的试验指施加 30 N 的力进行在同一位置检测,检查试验指进入开孔的情况；
- e) 核对储能变流器是否具备可触及性功能。

### 10.10.2 紫外暴露

紫外暴露检测按以下步骤进行：

- a) 分别使用碳弧灯和氙弧灯,按 GB/T 16422.1 中规定的方法,对户外型储能变流器的塑料外壳进行紫外照射；
- b) 检查并核对被照射部位是否出现明显裂纹和破裂等退化现象。

### 10.10.3 外壳和支架强度

#### 10.10.3.1 壁挂或支架强度

壁挂或支架强度检测按以下步骤进行：

- a) 对已安装储能变流器的安装支架施加储能变流器自重 3 倍的力,承重方式相同,力的方向沿重心处垂直向下,试验力在 5 s~10 s 内从零逐渐增加到预定大小,并保持 1 min;
- b) 检查并核对支架出现永久性变形、破裂或其他失效现象的情况。

#### 10.10.3.2 把手强度

把手强度检测按以下步骤进行：

- a) 对于安装一个把手的储能变流器,在把手上施加大小等于储能变流器重力 4 倍的力,将力均匀地施加在把手中间 70 mm 宽的范围内,对于安装多个把手的储能变流器,4 倍重力按正常使用的比例分配到各个把手上,对于安装多个把手但设计可以通过一个把手来搬运时,则不能进行力的分配,而要求每个把手都需要承受全部的力;
- b) 力逐渐地增加,10 s 后达到预定大小,并保持 1 min;
- c) 检查并核对把手从储能变流器上松脱,或者出现永久性变形、破裂或其他失效现象的情况。

### 10.10.4 结构稳定性

落地安装的储能变流器结构稳定性检测按以下步骤进行：

- a) 将储能变流器按照安装说明书进行落地安装;
- b) 将储能变流器从正常垂直位置向各方向倾斜 10°;
- c) 检查储能变流器翻倒、摇摆等失去平衡的情况;
- d) 重复步骤 a),在储能变流器顶部或者对于高于 2 m 的储能变流器在距地面 2 m 处,向柜体各立面施加 250 N 或储能变流器重力 20% 的力,两者取较小值,力的方向与柜体立面垂直;
- e) 检查并核对储能变流器翻倒、摇摆等失去平衡的情况。

注：对于固定安装在地面的落地式储能变流器无需进行检测。

## 11 电磁兼容检测

### 11.1 一般规定

A1 类、B1 类、B2 类和 B3 类储能变流器应对整机进行电磁兼容检测,A2 类储能变流器可仅对其控制保护系统进行电磁兼容检测。

### 11.2 电磁骚扰

#### 11.2.1 传导骚扰

传导骚扰检测按以下步骤进行：

- a) 按照 GB 4824 的规定布置被测设备,壁挂式储能变流器使用木质挂架,储能变流器底部对参考地平面垂直高度 0.8 m,线缆自然下垂;
- b) 检测前关闭带有主动发射通信装置,按照典型应用要求配置有线通信/控制功能;
- c) 按照 GB 4824 规定的方法检测交直流端口传导骚扰值,对于线路长度大于 30 m 的有线网络

端口和信号/控制端口,按照 GB 9524.1 规定的方法检测其传导骚扰值,检测包含以下典型工况:

- 带载运行,额定交流电压,最低直流电压;
- 带载运行,额定交流电压,最高直流电压;
- 额定交流电压,无直流输入。

### 11.2.2 辐射骚扰

辐射骚扰检测按以下步骤进行:

- a) 按照 GB 4824 的规定布置被测设备,壁挂式储能变流器使用木质挂架,储能变流器底部对参考地平面垂直高度 0.8 m,线缆自然下垂;
- b) 在参考地平面或辅助设备侧布置共模吸收装置对直流电缆进行去耦,在检测结果中记录共模吸收装置的相关参数;
- c) 检测前关闭带有主动发射通信装置,按照典型应用要求配置有线通信/控制功能;
- d) 辐射骚扰值按照 GB 4824 中规定的方法检测;对于圆柱体检测区域尺寸直径超过 1.2 m 或高超过 1.5 m 的储能变流器,使用 10 m 及以上检测距离并对测量数据进行归一化处理,检测包含以下典型工况:
  - 正常运行工况下,额定交流电压,最低直流电压;
  - 正常运行工况下,额定交流电压,最高直流电压;
  - 额定交流电压,无直流输入。

## 11.3 抗扰度

### 11.3.1 静电放电抗扰度

静电放电抗扰度检测按以下步骤进行:

- a) 按照 GB/T 17626.2 中的规定,布置储能变流器的典型安装,壁挂式储能变流器使用木质挂架,储能变流器底部对参考地平面垂直高度 0.8 m,线缆自然下垂;
- b) 在储能变流器正常运行工况下按照 GB/T 17626.2 规定的方法进行检测。

### 11.3.2 射频电磁场辐射抗扰度

射频电磁场辐射抗扰度检测按以下步骤进行:

- a) 按照 GB/T 17626.3 中的规定,布置储能变流器的典型安装,壁挂式储能变流器使用木质挂架,储能变流器底部对参考地平面垂直高度 0.8 m,线缆自然下垂;
- b) 在储能变流器正常运行工况下,按照 GB/T 17626.3 规定的方法进行检测,并满足以下要求:
  - 1) 检测频段:80 MHz~6 000 MHz;
  - 2) 调制方式:AM 1 kHz 80%。

### 11.3.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

电快速瞬变脉冲群抗扰度检测按以下步骤进行:

- a) 按照 GB/T 17626.4 中的规定,布置储能变流器的典型安装,壁挂式储能变流器使用木质挂架,储能变流器底部对参考地平面垂直高度 0.1 m,线缆自然下垂;
- b) 在储能变流器正常运行工况下按照 GB/T 17626.4 规定的方法进行检测,并满足以下要求:
  - 1) 检测端口:输入输出电源端口、有线网络端口和信号/连接长度大于 3 m 的控制端口;

- 2) 重复频率:5 kHz 和 100 kHz。

#### 11.3.4 浪涌(冲击)抗扰度

浪涌(冲击)抗扰度检测按以下步骤进行:

- a) 按照 GB/T 17626.5 中的规定,布置储能变流器的典型安装,壁挂式储能变流器可垂直或水平放置,线缆自然下垂;
- b) 在储能变流器正常运行工况下按照 GB/T 17626.5 规定的方法进行检测,并满足以下要求:
  - 1) 检测端口:输入输出电源端口、有线网络端口和信号/连接长度大于 10 m 的控制端口;
  - 2) 超出电源网络耐压极限时,可通过端口降压的方式进行检测。

#### 11.3.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

射频场感应的传导骚扰抗扰度检测按以下步骤进行:

- a) 按照 GB/T 17626.6 中的规定,布置储能变流器的典型安装,壁挂式储能变流器使用木质挂架,储能变流器底部对参考地平面垂直高度 0.1 m,线缆自然下垂;
- b) 在储能变流器正常运行工况下按照 GB/T 17626.6 规定的方法进行检测,并满足以下要求:
  - 1) 检测端口:输入输出电源端口、有线网络端口和信号/连接长度大于 3 m 控制端口;
  - 2) 检测频段:0.15 MHz~80 MHz;调制方式:AM 1 kHz 80%;
  - 3) 超出电源网络耐压极限时,可采用钳注入或者通过端口降压的方式进行检测。

#### 11.3.6 工频磁场抗扰度

工频磁场抗扰度检测按以下步骤进行:

- a) 按照 GB/T 17626.8 中的规定,布置储能变流器的典型安装,壁挂式储能变流器使用木质挂架,线缆自然下垂;
- b) 在储能变流器正常运行工况下按照 GB/T 17626.8 中规定的方法进行检测。

### 12 辅助系统检测

储能变流器辅助系统中的供电电源检测按以下步骤进行:

- a) 将供电电源的输入端连接至电压可调电源;
- b) 调节可调电源输出电压为供电电源的额定电压;
- c) 启动储能变流器,并设置工作在额定功率状态,持续运行 2 min,检查储能变流器的运行状态;
- d) 分别调节可调电源输出电压为供电电源额定电压的 0.8 倍、1.15 倍,分别持续运行 2 min,检查储能变流器的运行状态;
- e) 调节可调电源输出电压为供电电源的额定电压,进行额定功率的充放电试验,充放电状态下分别持续运行 2 min,检查储能变流器的运行状态。

### 13 标志、包装检测

#### 13.1 标志检查

储能变流器的标志检查包括以下内容:

- a) 产品名称、编码、型号、商标;

- b) 产品主要技术参数：
  - 1) 额定功率(kW)；
  - 2) 直流端口电压工作范围(V)；
  - 3) 交流端口额定电压(V)；
  - 4) 交流端口额定频率(Hz)；
  - 5) 工作温度范围；
  - 6) 防护等级；
  - 7) 保护等级；
  - 8) 制造依据(标准号)；
  - 9) 重量；
- c) 出厂编号；
- d) 制造厂名、厂址。

### 13.2 标志耐久性

针对非刻蚀的标志耐久性检测按以下步骤进行：

- a) 将棉纱布用水浸润,在不额外施加垂直压力的工况下来回擦拭标识 15 s；
- b) 将另一块棉纱布用正己烷或异丙醇等有机溶剂浸润,在不额外施加垂直压力的工况下来回擦拭标识 15 s；
- c) 检查并记录标志出现掉色、模糊和卷边等现象的情况。

### 13.3 包装防振

包装防振检测按以下步骤进行：

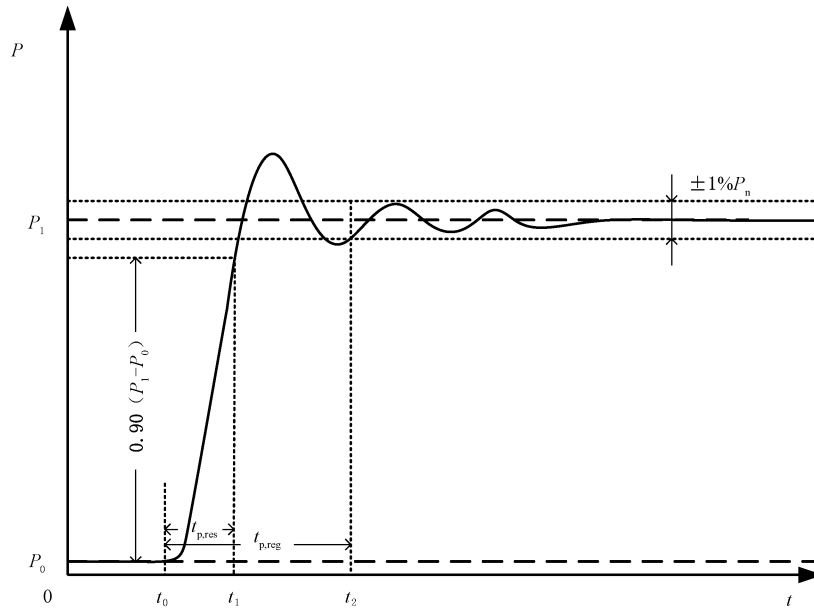
- a) 按照 GB/T 4857.10 规定的恒定加速度垂直正弦振动方法,采用 0.5 倍重力加速度进行检测,检测完成后恢复 10 min；
- b) 检查储能变流器的包装箱搬运部位、封口和支撑部位破损情况,缓冲材料的变形、断裂、脱落或部位损失情况；
- c) 检查并记录储能变流器本体的凹坑、掉漆、划痕、擦伤、丝印脱落等情况,机械固定和连接处零部件的松动、断裂或脱落等情况；
- d) 按照 8.1 进行启停机检测,检查储能变流器的运行状态。



附录 A  
(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 A.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(A.1)~公式(A.3)。



标引序号说明:

- $P_0$ ——有功功率初始值;
- $P_1$ ——有功功率响应目标值;
- $P_n$ ——额定有功功率;
- $t_0$ ——收到控制指令的时刻;
- $t_1$ ——第一次达到有功功率响应增量 90% 的时刻;
- $t_2$ ——持续运行在允许范围内的开始时刻。

图 A.1 功率控制响应判定图

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

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

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

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

有功功率控制偏差  $\Delta P\%$  按公式(A.3)进行计算:

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

式中:

$P_{mes}$ ——实际测得有功功率平均值。

无功功率控制、一次调频和惯量响应按照本附录内容进行计算。

