

ICS 27.180  
F 19

**CSEE**

# 中国电机工程学会标准

T / CSEE 0092 — 2018

T / CSEE 0092 — 2018

## 光储联合变换装置技术规范

Technical specification for photovoltaic and energy storage combined  
conversion device

中国电机工程学会标准  
光储联合变换装置技术规范  
T / CSEE 0092 — 2018

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京九天众诚印刷有限公司印刷

2019 年 1 月第一版 2019 年 1 月北京第一次印刷  
880 毫米×1230 毫米 16 开本 2 印张 57 千字

统一书号 155198 · 1119 定价 51.00 元

版权专有 侵权必究  
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.1119

2018-12-25 发布

2019-03-01 实施

中国电机工程学会 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       | 2   |
| 4 分类          | 3   |
| 4.1 按安装环境分类   | 3   |
| 4.2 按电气隔离方式分类 | 3   |
| 5 技术要求        | 3   |
| 5.1 使用条件      | 3   |
| 5.2 安全        | 4   |
| 5.3 基本功能      | 4   |
| 5.4 性能        | 5   |
| 5.5 保护功能      | 7   |
| 5.6 温升        | 11  |
| 5.7 噪声        | 11  |
| 5.8 电磁兼容      | 11  |
| 5.9 特殊要求      | 12  |
| 6 试验方法        | 13  |
| 6.1 试验条件      | 13  |
| 6.2 机体和结构质量检查 | 14  |
| 6.3 外壳防护等级试验  | 14  |
| 6.4 电气绝缘性能试验  | 14  |
| 6.5 基本功能试验    | 15  |
| 6.6 性能试验      | 16  |
| 6.7 保护功能试验    | 18  |
| 6.8 温升试验      | 20  |
| 6.9 噪声试验      | 20  |
| 6.10 电磁兼容试验   | 20  |
| 6.11 环境试验     | 22  |
| 6.12 特殊要求试验   | 22  |
| 7 检验规则        | 24  |
| 7.1 总则        | 24  |
| 7.2 检验分类      | 24  |
| 7.3 出厂试验      | 24  |
| 7.4 型式试验      | 24  |
| 8 标志、包装、运输、贮存 | 26  |
| 8.1 标志        | 26  |
| 8.2 包装        | 27  |

**T / CSEE 0092 — 2018**

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 8.3 运输 .....                      | 27 |
| 8.4 贮存 .....                      | 27 |
| 9 随同产品供应的文件 .....                 | 27 |
| 附录 A (资料性附录) 光储联合变换装置典型拓扑结构 ..... | 28 |

## 前 言

本标准按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准响应国家发展和改革委员会 14 号令《电力监控系统安全防护规定》。

本标准由中国电机工程学会提出。

本标准由中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会技术归口并解释。

本标准起草单位：许继集团有限公司、深圳市盛弘电气有限公司、北京科诺伟业科技股份有限公司、珠海泰坦科技股份有限公司、国网河南省电力有限公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、华中科技大学、天津大学、国网江西省电力有限公司电力科学研究院、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国网上海市电力公司。

本标准主要起草人：李瑞生、苗世洪、苟欣璞、潘景宜、马红伟、郭宝甫、王卫星、徐军、刘海峰、李斌、赵栋利、孔祥平、王鹏、孙芊、曾伟、张志丹、彭鹏、田盈。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：[cseebz@csee.org.cn](mailto:cseebz@csee.org.cn)）。



# 光储联合变换装置技术规范

## 1 范围

本标准规定了光储联合变换装置的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存和随同产品供应的文件。

本标准适用于直流侧电压 1500V 及以下电压等级，交流侧电压有效值 1000V 及以下电压等级的三相光储联合变换装置。单相光储联合变换装置可参照执行。本标准涉及的储能仅限于电力储能。

## 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 191 包装储运图示标志

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 Cab：恒定湿热试验

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 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—2013 工业、科学和医疗（ISM）射频设备骚扰特性 限制和测量方法

GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件

GB 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分：总则

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 13384 机电产品包装通用技术条件

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—2006 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—2008 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—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6—2008 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 19826 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求

GB/T 19964 光伏发电站接入电力系统技术规定

GB/T 34133 储能变流器检测技术规程

NB/T 31111 风电机组高电压穿越测试规程

- NB/T 32004 光伏发电并网逆变器技术规范
- NB/T 32005 光伏电站低电压穿越检测技术规程
- NB/T 32009 光伏电站逆变器电压与频率响应检测技术规程
- YD/T 1095 通信用交流不间断电源（UPS）

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**光储联合变换装置 photovoltaic (PV) and energy storage combined conversion device**

具备两种直流端口和一种交流端口，可实现直流电能与直流电能转换、直流电能与交流电能之间相互转换的装置。典型拓扑结构见附录 A。

注：一种直流端口接光伏方阵，另一种直流端口接储能电池组（例如：锂电池组等）。

#### 3.2

**光伏直流端口 PV DC terminal**

光储联合变换装置直流侧光伏阵列的接入端口。

#### 3.3

**储能直流端口 energy storage DC terminal**

光储联合变换装置直流侧储能电池组的接入端口。

#### 3.4

**交流端口 AC terminal**

光储联合变换装置交流侧连接电网或负载的接入端口。

#### 3.5

**光网转换效率 PV to grid conversion efficiency**

储能直流端口不工作，在规定的测试周期时间内，光储联合变换装置在交流端口输出的电能与在光伏直流端口输入的电能之比。

#### 3.6

**储网转换效率 storage to grid conversion efficiency**

光伏直流端口不工作，在规定的测试周期时间内，光储联合变换装置在交流端口输出的电能与在储能直流端口输入的电能之比。

#### 3.7

**并网模式 on-grid mode**

交流端口与交流电网连接，可与电网之间完成可控制的能量交换。

#### 3.8

**离网模式 off-grid mode**

交流端口与负载连接并独立完成对负载的供电。

#### 3.9

**一级变换型 first-order transformation**

直流电能和交流电能相互转换只需要通过一次能量变换。

#### 3.10

**两级变换型 two-order transformation**

直流电能和交流电能相互转换需两次能量变换。

## 4 分类

### 4.1 按安装环境分类

按安装环境可分为：

- a) 户内型。
- b) 户外型。

### 4.2 按电气隔离方式分类

按电气隔离方式可分为：

- a) 隔离型。
- b) 非隔离型。

## 5 技术要求

### 5.1 使用条件

#### 5.1.1 正常使用的环境条件

##### 5.1.1.1 周围空气温度

若无其他规定，光储联合变换装置周围的空气温度范围应为：

- a) 户内型：-20℃~+40℃。
- b) 户外型：-25℃~+55℃。

##### 5.1.1.2 海拔

安装地点的海拔不超过 2000m；光储联合变换装置安装场所的海拔高度大于 2000m，应考虑介电强度和散热能力下降产生的影响。

##### 5.1.1.3 大气条件

###### 5.1.1.3.1 相对湿度

若无其他规定，光储联合变换装置安装地点的相对湿度应为：

- a) 户内型：5%~90%，（20℃以下）无凝露。
- b) 户外型：4%~100%，（20℃以下）无凝露。

###### 5.1.1.3.2 污染等级

若无其他规定，污染等级的要求应符合 GB 7251.1 的规定。

### 5.1.2 电网条件

若无其他规定，符合本标准的光储联合变换装置在并网模式工作时，在下列电网条件下，应能以正常方式运行：

- a) 并网点公用电网谐波电压不应超过 GB/T 14549 规定的限值。
- b) 并网点三相电压不平衡度不应超过 GB/T 15543 规定的数值。

- c) 并网点电网电压允许偏差应符合 GB/T 12325 的规定。
- d) 并网点电网频率允许偏差应符合 GB/T 15945 的规定。

## 5.2 安全

### 5.2.1 外壳防护等级

光储联合变换装置的外壳防护等级应符合以下规定：

- a) 户内型最低应满足 GB/T 4208 中规定的 IP20 的要求。
- b) 户外型最低应满足 GB/T 4208 中规定的 IP54 的要求。

### 5.2.2 绝缘性能

#### 5.2.2.1 绝缘电阻

光储联合变换装置的绝缘电阻应符合以下规定：

- a) 各独立电路与地（即金属框架）之间的绝缘电阻不小于  $10M\Omega$ 。
- b) 无电气连接的各电路之间的绝缘电阻不小于  $10M\Omega$ 。

#### 5.2.2.2 介电强度

光储联合变换装置应承受 50Hz 的正弦交流电压或等效直流电压 1min，试验过程中保证不击穿，不飞弧，泄漏电流小于 20mA。

#### 5.2.2.3 电气间隙

光储联合变换装置的电气间隙应符合 GB/T 7251.1 的规定。

#### 5.2.2.4 爬电距离

光储联合变换装置的爬电距离应符合 GB/T 7251.1 的规定。

## 5.3 基本功能

### 5.3.1 端口功能要求

储能直流端口应具备恒压、恒流、恒功率充放电功能。光伏直流端口应具备光伏出力最大功率点跟踪功能。

光储联合变换装置应具备以下四种基本工作模式：

- a) 模式一：光伏直流端口不工作，储能直流端口向交流端口输出功率。
- b) 模式二：光伏直流端口不工作，交流端口向储能直流端口输出功率。
- c) 模式三：光伏直流端口和储能直流端口共同向交流端口输出功率。
- d) 模式四：光伏直流端口同时向储能直流端口和交流端口输出功率。

### 5.3.2 运行模式

光储联合变换装置应具备并网模式和离网模式。

### 5.3.3 功率控制

光储联合变换装置应具有就地和远程两种控制方式，且应具备有功功率控制和无功功率调节

功能。

光储联合变换装置应能控制光伏、储能和交流侧三者的功率分配。

### 5.3.4 恢复并网

对于通过 10kV 及以下电压等级并网的光储联合变换装置，由于电网故障导致光储联合变换装置停止向电网送电，当电网的电压和频率恢复到正常范围内，光储联合变换装置应在 20s~5min 内具备自动并网功能。若光储联合变换装置设置了启停机变化率，则恢复并网时应满足启停机变化率的要求。

对于通过 35kV 及以上电压等级并网的光储联合变换装置因电压或频率异常跳闸后，是否自行恢复并网应另行规定。

### 5.3.5 孤岛状态检测

对于通过 10kV 及以下电压等级并网的光储联合变换装置应具有孤岛状态检测功能。若光储联合变换装置并入的电网供电中断，光储联合变换装置应在 2s 内断开与电网连接，同时发出警示信号。对于通过 35kV 及以上电压等级并网的逆变器，可由继电保护装置完成保护。

### 5.3.6 并离网切换

光储联合变换装置应具备并网模式和离网模式之间相互安全切换的功能，且并网模式到离网模式的切换宜采用不停电切换方式，切换过渡时间不宜超过 60ms。

### 5.3.7 通信

光储联合变换装置应具备本地通信接口，具备远程调节能力，通信可选用 RS-485、以太网、无线等多种方式进行通信。

## 5.4 性能

### 5.4.1 最大转换效率

正常运行条件下，光储联合变换装置的最大光网转换效率和最大储网转换效率均应符合表 1 的规定。

表 1 最大转换效率

| 光储联合变换装置类型 | 最大转换效率       |               |
|------------|--------------|---------------|
|            | 额定功率小于 100kW | 额定功率不小于 100kW |
| 一级变换型      | 96%          | 97%           |
| 两级变换型      | 94%          | 95%           |

注：效率计算不包括交流端口与电网之间的隔离变压器损耗。

### 5.4.2 电流谐波畸变率

光储联合变换装置在并网模式下额定功率运行时交流侧电流谐波总畸变率不应超过 5%，奇次谐波电流含有率限值见表 2，偶次谐波电流含有率限值见表 3。其他功率等级下各次谐波电流含有率应符合表 2 和表 3 的要求。

表 2 奇次谐波电流含有率限值

| 奇次谐波次数<br>次 | 谐波电流含有率限值<br>% |
|-------------|----------------|
| 3~9         | 4.0            |
| 11~15       | 2.0            |
| 17~21       | 1.5            |
| 23~33       | 0.6            |
| ≥35         | 0.3            |

表 3 偶次谐波电流含有率限值

| 偶次谐波次数<br>次 | 谐波电流含有率限值<br>% |
|-------------|----------------|
| 2~10        | 1.0            |
| 12~16       | 0.5            |
| 18~22       | 0.375          |
| 24~34       | 0.15           |

#### 5.4.3 功率因数

并网模式下，不参与系统无功调节时，光储联合变换装置输出的有功功率大于其额定输出的 50% 时，则功率因数不小于 0.98（超前或滞后），输出有功功率在 20%~50% 之间时，功率因数不小于 0.95（超前或滞后）。参与系统无功调节时，应具备四象限运行的能力。

#### 5.4.4 直流分量

光储联合变换装置在并网模式下运行时，向电网馈送的直流电流分量应符合 NB/T 32004 的规定。

#### 5.4.5 电压波动和闪变

光储联合变换装置在并网模式下额定功率运行时，在公共连接点产生的电压波动和闪变应满足 GB/T 12326 的规定。

#### 5.4.6 电压不平衡度

并网模式下，引起接入电网的公共连接点的三相电压不平衡度不超过 GB/T 15543 规定的限值，光储联合变换装置引起该点负序电压不平衡度一般不应超过 1.3%，短时不应超过 2.6%。根据连接点负荷情况及安全运行要求可做适当变动，但应满足负序电压不平衡度不应超过 2%、短时不得超过 4% 的要求。

离网模式下，输出带三相平衡阻性负载时光储联合变换装置的输出负序电压不平衡度应小于 2%，短时不应超过 4%。

#### 5.4.7 过载能力

并网模式下，光储联合变换装置在 110% 的标称电流容量下，持续运行时间不应少于 10min，在 120% 的标称电流容量下，持续运行时间不应少于 1min。

离网模式下，负载在 110% 的标称视在功率时，持续运行时间不应少于 10min，负载在 120% 的标称视在功率时，持续运行时间不应少于 1min。

#### 5.4.8 恒流充电稳流精度

对储能电池组进行恒流充电时，电流在 20%~100%额定电流范围内任一数值上保持稳定时，光储联合变换装置充电电流的稳流精度不应超过 $\pm 5\%$ 。

#### 5.4.9 恒压充电稳压精度

对储能电池组进行恒压充电时，充电电流在允许范围内变化时，输出电压的稳压精度不应超过 $\pm 2\%$ 。

#### 5.4.10 输出电压稳压精度

离网模式下，光储联合变换装置在阻性负载（平衡负载）下，输出电压稳压精度不应超过额定电压的 $\pm 2\%$ 。

#### 5.4.11 电压总谐波畸变率

离网模式下，光储联合变换装置在阻性负载（平衡负载）下，输出电压总谐波畸变率不应超过 3%。

#### 5.4.12 动态电压瞬变范围

离网模式下，在阻性负载（平衡负载）条件下，负载从 20%上升至 100%或从 100%下降至 20%突变时，光储联合变换装置的输出电压瞬变值应小于 10%。

#### 5.4.13 电压瞬变恢复时间

离网模式下，光储联合变换装置输出电压瞬变后恢复至标称电压的 $\pm 3\%$ ，其恢复时间不应大于 60ms。

#### 5.4.14 充放电转换时间

光储联合变换装置应能实现 90%额定功率并网充电状态与 90%额定功率并网放电状态之间的快速切换，光储联合变换装置的充放电转换时间不应大于 100ms。

### 5.5 保护功能

#### 5.5.1 直流极性反接保护

当直流侧极性反接时，光储联合变换装置应能保护而不会损坏。极性正接后，装置应能正常工作。

#### 5.5.2 直流过压保护

当直流侧电压高于光储联合变换装置允许的接入电压限定值时，光储联合变换装置不得启动或者 0.1s 内停机（正在运行的光储联合变换装置）并发出告警提示，接入直流电压恢复到光储联合变换装置允许工作范围后，装置应能正常启动。

#### 5.5.3 防反向放电保护

当光伏直流端口电压低于允许工作范围或处于关机状态时，光伏直流端口应无反向电流流过。

#### 5.5.4 电网异常响应

##### 5.5.4.1 交流过/欠压保护

对于通过 10kV 及以下电压等级并网的光储联合变换装置在并网模式下，当并网点电压异常时，应

断开与电网的连接，电压异常范围及其对应的断开时间响应要求见表 4。此要求适用于多相系统中的任何一相。

表 4 低电压等级并网时电压响应时间要求

| 电压（交流输出端）                     | 最大跳闸时间 |
|-------------------------------|--------|
| $U < 50\% U_N$                | 0.1s   |
| $50\% U_N \leq U < 85\% U_N$  | 2.0s   |
| $85\% U_N \leq U < 110\% U_N$ | 继续运行   |
| $110\% U_N < U < 135\% U_N$   | 2.0s   |
| $135\% U_N \leq U$            | 0.05s  |

注 1:  $U_N$  为光储联合变换装置并网点的电网标称电压； $U$  为测试电压。  
注 2: 最大跳闸时间是指异常状态发生到光储联合变换装置与电网断开的时间。

对于通过 35kV 及以上电压等级并网的光储联合变换装置在并网模式下，当并网点电压异常时，光储联合变换装置的运行应符合表 5 的要求。

表 5 高电压等级并网时电压响应时间要求

| 电压（交流输出端）                     | 最大跳闸时间                    |
|-------------------------------|---------------------------|
| $U < 90\% U_N$                | 应符合本标准 5.5.8.1.1 低电压穿越的要求 |
| $90\% U_N \leq U < 110\% U_N$ | 继续运行                      |
| $110\% U_N < U < 130\% U_N$   | 应符合本标准 5.5.8.1.2 高电压穿越的要求 |

#### 5.5.4.2 交流过/欠频保护

不具备电网支撑功能的光储联合变换装置在并网模式下，当并网点频率异常时，应断开与电网的连接，频率异常范围及其对应的断开时间响应要求见表 6。如果需要电网支撑，制造商应与用户协商。

表 6 电网频率的响应时间

| 频率 $f$<br>Hz         | 要 求                                       |
|----------------------|-------------------------------------------|
| $f \leq 48$          | 0.2s 内断开与电网的连接                            |
| $48 < f \leq 49.5$   | 10min 后断开与电网的连接                           |
| $49.5 < f \leq 50.2$ | 正常运行                                      |
| $50.2 < f \leq 50.5$ | 运行 2min 后断开与电网的连接，此时光储联合变换装置不得并网          |
| $f > 50.5$           | 0.2s 内断开与电网的连接，此时处于停运状态或离网运行的光储联合变换装置不得并网 |

#### 5.5.5 短路保护

光储联合变换装置在并网模式或离网模式下开机或运行中，检测到交流侧发生短路时，光储联合变换装置应能自动保护。故障消除后，光储联合变换装置应能正常启动，无器件损坏。

#### 5.5.6 交流缺相保护

当光储联合变换装置的交流输出缺相时，光储联合变换装置不得启动或自动保护（正在运行），正

确连接后光储联合变换装置应能正常运行。

### 5.5.7 过温保护

当光储联合变换装置内的温度超出允许限值时，光储联合变换装置应自动限制输出功率或直接停机并发出警示信号。当温度恢复至正常范围时，光储联合变换装置应能正常运行。

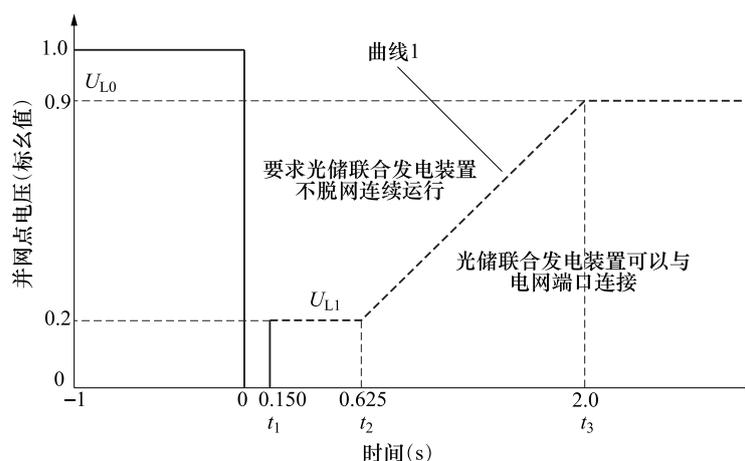
### 5.5.8 故障穿越

#### 5.5.8.1 基本要求

##### 5.5.8.1.1 低电压穿越

并入 10kV 及以下电压等级电网的光储联合变换装置，具备故障脱离功能即可。对于并入 35kV 及以上电压等级电网的光储联合变换装置应具备一定的电网支撑能力，其低电压穿越能力应满足 GB/T 19964 关于低电压穿越能力的要求，避免在电网电压异常时脱离，引起电网电压波动。低电压穿越耐受能力考核曲线见图 1，具体要求如下：

- 光储联合变换装置并网点电压跌落至 0（标么值）时，光储联合变换装置能够保证不脱网连续运行 0.15s。
- 光储联合变换装置并网点电压跌落至曲线 1 以下时，光储联合变换装置可从电网切出。



说明：

$U_{L0}$ ——正常运行的最低电压限值；

$U_{L1}$ ——需要耐受的电压；

$t_1$ ——电压跌落到 0 时需要保持并网的时间，s；

$t_2$ ——电压跌落到  $U_{L1}$  时需要保持并网的时间，s；

$t_3$ ——电压跌落到  $U_{L0}$  时需要保持并网的时间，s。

注： $U_{L1}$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  数值的确定需要考虑保护和重合闸动作时间的实际情况。实际的限值应依据接入电网主管部门的相应技术规范要求设定。

图 1 低电压穿越耐受能力考核曲线

##### 5.5.8.1.2 高电压穿越

并入 35kV 及以上电压等级电网的光储联合变换装置，其高电压穿越能力的考核曲线见图 2，具体要求如下：

- a) 当电网发生故障或扰动引起测试点电压升高时，光储联合变换装置并网点各线电压（相电压）在图 2 中电压轮廓线及以下的区域内时，光储联合变换装置应保证不脱网连续运行；否则，允许光储联合变换装置切出。
- b) 光储联合变换装置具有在测试点电压的 130%额定电压时应保证不脱网连续运行 0.5s 的能力。
- c) 光储联合变换装置具有在测试点电压为 120%额定电压时应保证不脱网连续运行 10s 的能力。
- d) 光储联合变换装置具有在测试点电压为 110%额定电压时应保证不脱网连续运行的能力。

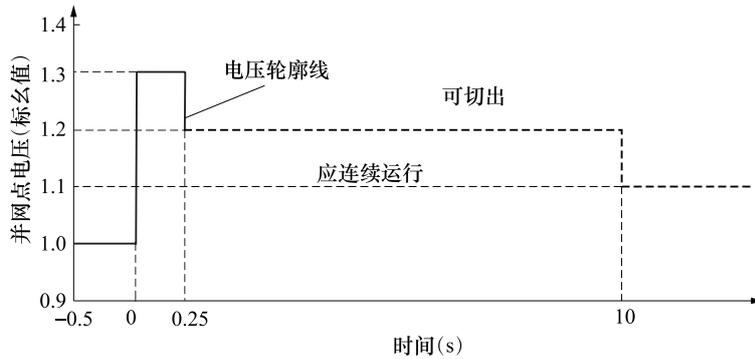


图 2 高电压穿越耐受能力考核曲线

### 5.5.8.1.3 故障类型及考核电压

低电压穿越针对不同故障类型的考核电压见表 7，高电压穿越仅考核三相对称过电压情况。

表 7 低电压穿越针对不同故障类型的考核电压

| 故障类型     | 考核电压    |
|----------|---------|
| 三相对称短路故障 | 交流线/相电压 |
| 两相相间短路故障 | 交流线电压   |
| 两相接地短路故障 | 交流线/相电压 |
| 单相接地短路故障 | 交流线相电压  |

### 5.5.8.2 有功功率要求

对电力系统故障期间没有脱网的光储联合变换装置，其输出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%的额定功率/秒的功率变化率恢复至故障前正常发电状态。

### 5.5.8.3 无功功率要求

当电网发生短路故障引起电压跌落时，光储联合变换装置在低电压穿越过程中应具备以下动态无功电流支持的能力，注入电网的动态无功电流应满足如下要求：

- a) 从并网点电压的异常时刻起 ( $U_T < 0.9$  或  $U_T > 1.1$ )，动态无功电流的响应时间不应大于 60ms。
- b) 从动态无功电流响应起直到电压恢复至正常范围 ( $0.9 \leq U_T \leq 1.1$ ) 期间，光储联合变换装置注入电网的动态无功电流应实时跟踪并网点电压变化，并满足如下要求：

$$I_T = K_1 \times (0.9 - U_T) \times I_N \quad (U_T \leq 0.9) \quad (1)$$

$$I_T = K_2 \times (1.1 - U_T) \times I_N \quad (U_T > 1.1) \quad (2)$$

式中：

$U_T$ ——光储联合变换装置交流侧实际电压与额定电压的比值；

$I_N$ ——光储联合变换装置额定电流；

$I_T$ ——光储联合变换装置无功电流有效值，数值为正代表输出感性无功，数值为负代表输出容性无功；

$K_1$ 、 $K_2$ ——光储联合变换装置输出无功电流与电压变化比例值， $K_1$ 、 $K_2$  应可设置， $K_1$  取值范围为 1.5~2.5， $K_2$  取值范围为 0~1.5。

## 5.6 温升

在额定运行条件下，待各元件热稳定后，光储联合变换装置各部位的极限温升见表 8。

表 8 光储联合变换装置各部位的极限温升

| 部件和部位           |   | 极限温升<br>K             |
|-----------------|---|-----------------------|
| 主电路半导体器件        |   | 外壳温升和结温由产品技术条件或分类标准规定 |
| 主电路半导体器件与导体的连接处 |   | 裸铜：45                 |
|                 |   | 有锡镀层：55               |
|                 |   | 有银镀层：70               |
| 母线（非连接处）        | 铜 | 35                    |
|                 | 铝 | 25                    |
| 浪涌吸收器与主电路的电阻元件  |   | 距外表面 30mm 处的空气：25     |

## 5.7 噪声

当光储联合变换装置正常运行时产生的噪声：自冷设备不应大于 65dB (A)，夜冷设备不应大于 80dB (A)，风冷设备不应大于 85dB (A)。

## 5.8 电磁兼容

### 5.8.1 抗扰度

#### 5.8.1.1 静电放电抗扰度

光储联合变换装置的静电放电抗扰度应符合 GB/T 17626.2—2006 的规定，承受接触放电 6kV、空气放电 8kV 的静电放电骚扰试验结果应符合 b 类要求。

#### 5.8.1.2 射频电磁场辐射抗扰度

光储联合变换装置的射频电磁场辐射抗扰度应符合 GB/T 17626.3—2016 的规定，承受 10V/m 的射频电磁场辐射场强骚扰试验结果应符合 a 类要求。

#### 5.8.1.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

光储联合变换装置的电快速瞬变脉冲群抗扰度应符合 GB/T 17626.4—2008 的规定，承受电源线 ±2kV、信号 ±1kV 的电快速瞬变脉冲群骚扰试验结果应符合 b 类要求。

#### 5.8.1.4 浪涌（冲击）抗扰度

光储联合变换装置的浪涌（冲击）抗扰度应符合 GB/T 17626.5—2008 的规定，承受共模（线对

地)  $\pm 2\text{kV}$ 、差模(线对线)  $\pm 1\text{kV}$  的浪涌骚扰试验结果应符合 b 类要求。

## 5.8.2 发射

### 5.8.2.1 传导发射

非家用或不直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的光储联合变换装置的传导发射应符合 GB 4824—2013 中 1 组 A 类设备的端子骚扰电压限值规定；

家用或直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的光储联合变换装置的传导发射应符合 GB 4824—2013 中 1 组 B 类设备的端子骚扰电压限值规定。

### 5.8.2.2 辐射发射

非家用或不直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的光储联合变换装置的传导发射应符合 GB 4824—2013 中的 1 组 A 类设备的辐射骚扰限值规定；

家用或直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的光储联合变换装置的传导发射应符合 GB 4824—2013 中的 1 组 B 类设备的辐射骚扰限值规定。

## 5.9 特殊要求

制造商与用户协商产品是否应具备以下特殊要求。

### 5.9.1 虚拟惯量

当系统频率偏差值大于  $\pm 0.03\text{Hz}$ ，光储联合变换装置的有功出力大于  $20\%P_N$  时，光储联合变换装置应具有惯量特性，响应于快速的系统频率变化，增加/降低其有功功率输出。

惯量响应时，光储联合变换装置有功功率变化量应满足式(3)，最大有功功率增量不低于  $10\%P_N$ ，响应时间不大于  $500\text{ms}$ ， $T_J$  应在  $4\text{s}\sim 12\text{s}$  范围内，推荐为  $5\text{s}$ 。

$$\Delta P \approx -\frac{T_J}{f_N} \times \frac{df}{dt} P_N \quad (3)$$

式中：

$\Delta P$ ——光储联合变换装置的有功功率变化量，无量纲；

$T_J$ ——光储联合变换装置惯性时间常数，s；

$f$ ——光储联合变换装置并网点频率，Hz；

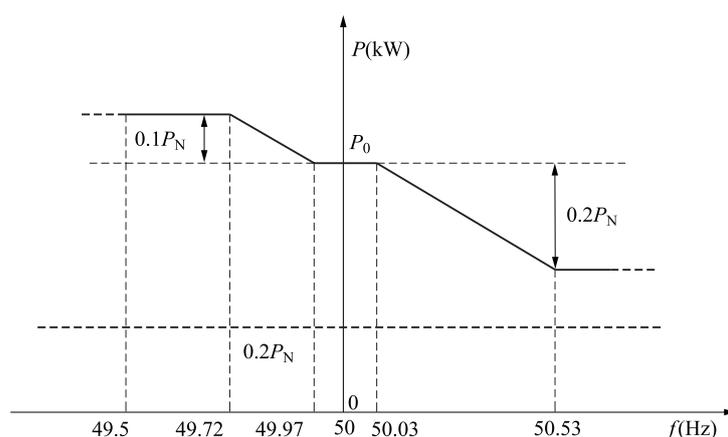
$P_N$ ——光储联合变换装置额定功率，kW；

$f_N$ ——光储联合变换装置并网点额定频率，Hz。

### 5.9.2 一次调频

系统频率偏差值大于  $\pm 0.03\text{Hz}$ ，光储联合变换装置的有功出力大于  $20\%P_N$  时，光储联合变换装置应能调节有功输出，参与电网一次调频，具体要求如下：

- 当系统频率下降时，光储联合变换装置应增加有功输出，有功出力可增加量的最大值至少为  $10\%P_N$ 。
- 当系统频率上升时，光储联合变换装置应减少有功输出，有功出力可减少量的最大值至少为  $20\%P_N$ ，降出力至  $20\%P_N$  时，光储联合变换装置输出有功可不再向下调节；有功调频系数  $K_f$  应在  $5\sim 20$  之间，推荐为  $20$ ，光储联合变换装置按照图 3 参与电网一次调频。
- 一次调频的启动时间不应大于  $3\text{s}$ ，响应时间不应大于  $12\text{s}$ ，调节时间不应大于  $30\text{s}$ ，有功功率调节控制误差不应超过  $\pm 2\%P_N$ 。



注： $P_0$ 为光储联合变换装置实际运行功率。

图3 一次调频曲线图

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

#### 6.1.1 环境条件

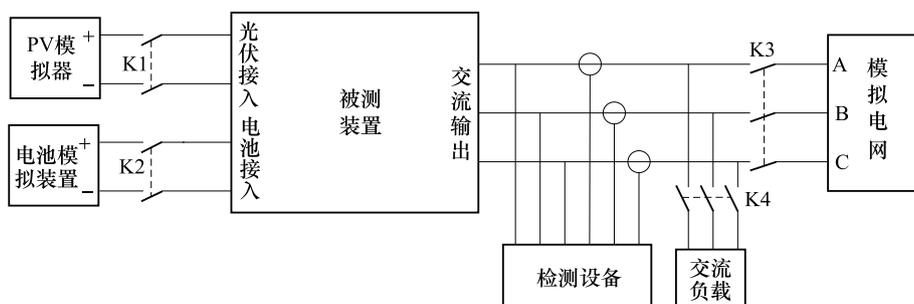
一般而言，试验场所应满足以下环境条件：

- 环境温度：15℃~35℃。
- 相对湿度：45%~75%（20℃以下）。
- 大气压力：86kPa~106kPa。

#### 6.1.2 试验平台

被测光储联合变换装置部分性能指标试验平台见图4，部分保护及功能的试验平台也可参照此电路。测试要求如下：

- 模拟电网应符合5.1.2规定，且容量应大于被测光储联合变换装置额定功率的2倍或者能够满足相应测试的需要。
- 光伏方阵（PV）模拟器的输出电压应与被测光储联合变换装置光伏接入端输入电压的工作范围相匹配。
- 电池模拟光储联合变换装置的输出电压与被测光储联合变换装置蓄电池接入端电压范围相匹配，试验期间输出电压波动不应超过±5%。



注：K1、K2、K3和K4均为分离开关。

图4 部分性能指标试验平台

## 6.2 机体和结构质量检查

光储联合变换装置应符合下列要求：

- a) 光储联合变换装置及机柜组装有关零部件均应符合各自的技术要求。
- b) 油漆电镀应牢固、平整、无剥落、无锈蚀及无裂痕等现象。
- c) 机柜面板应平整，文字和符号要求清楚、整齐、规范、正确。
- d) 标牌、标志、标记应完整清晰。
- e) 各种开关应便于操作，灵活可靠。

本条款的符合性通过检查验证。

## 6.3 外壳防护等级试验

按 GB/T 4208 中规定的方法检查光储联合变换装置的外壳防护等级，检查结果应符合 5.2.1 的要求。

## 6.4 电气绝缘性能试验

### 6.4.1 绝缘电阻

在正常试验大气条件下，光储联合变换装置各独立电路与地（即金属框架）之间，以及与各独立电路（即无电气联系的各电路）之间，用绝缘电阻表，测量其绝缘电阻，不应小于  $10\text{M}\Omega$ ，试验电压应按照表 9 的规定选取。试验结果应符合 5.2.2.1 的规定。

表 9 绝缘电阻试验电压等级

单位：V

| 额定绝缘电压等级 $U_N$          | 绝缘电阻表电压 |
|-------------------------|---------|
| $60 < U_N \leq 250$     | 500     |
| $250 < U_N \leq 1000$   | 1000    |
| $1000 < U_N \leq 10000$ | 2500    |

### 6.4.2 介电强度

在正常试验大气条件下，光储联合变换装置应能承受频率为 50Hz，历时 1min 的工频交流电压或等效直流电压，试验过程中要保证不击穿、不飞弧、漏电流小于 20mA；试验时，开始施加的电压不应超过试验电压的 50%，然后将电压平稳增加到试验电压。

介电强度试验电压等级见表 10，试验过程中，任一被试电路施加电压时，其余电路等电位互连接地。结果应符合 5.2.2.2 的规定。

表 10 介电强度试验电压等级

单位：V

| 额定电压 $U_N^*$          | 试验电压 |
|-----------------------|------|
| $60 < U_N \leq 300$   | 2000 |
| $300 < U_N \leq 690$  | 2500 |
| $690 < U_N \leq 800$  | 3000 |
| $800 < U_N \leq 1000$ | 3000 |

表 10 (续)

| 额定电压 $U_N^*$                                                                                                                                                           | 试验电压 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| $1000 < U_N \leq 1500$                                                                                                                                                 | 3000 |
| 注 1: 整机绝缘强度按上述指标仅能试验一次。用户验收产品时如需要进行绝缘强度试验, 应将上列试验电压降低 25% 进行。<br>注 2: 不带隔离变压器的光储联合变换装置不需要进行输入电路对输出电路的绝缘强度测试。<br>注 3: 如果光储联合变换装置被测回路含有电容等, 可以采用直流电压测试。直流电压值取对应交流测试电压峰值。 |      |
| * 对交流, 指有效电压。                                                                                                                                                          |      |

### 6.4.3 电气间隙

按 GB/T 7151.1 中规定的方法检验, 结果应符合 5.2.2.3 的要求。

### 6.4.4 爬电距离

按 GB/T 7151.1 中规定的方法检验, 结果应符合 5.2.2.4 的要求。

## 6.5 基本功能试验

### 6.5.1 端口功能试验

测试光储联合变换装置光伏直流端口、储能直流端口和交流端口的电流、电压和功率情况, 试验结果应满足 5.3.1 的规定。

### 6.5.2 运行模式试验

分别在并网模式和离网模式下测试光储联合变换装置的运行情况, 试验结果应符合 5.3.2 的规定。

### 6.5.3 功率控制试验

操作启动被测光储联合变换装置, 查看被测光储联合变换装置是否具备就地和远程两种控制功能, 下发功率指令, 通过示波器查看被测光储联合变换装置功率输出情况, 试验结果应符合 5.3.3 的规定。

### 6.5.4 恢复并网试验

按照 NB/T 32009 规定的测试方法分别进行过压跳闸后重新并网检测、欠压跳闸后重新并网检测、过频跳闸后重新并网检测和欠频跳闸后重新并网检测。

### 6.5.5 孤岛状态检测试验

搭建测试平台, 试验方法按照 GB/T 34133 的规定进行, 试验结果应符合 5.3.5 的规定。

### 6.5.6 并离网切换功能试验

搭建测试平台, 分别测试主动并网转离网、主动离网转并网和被动并网转离网试验, 试验方法按照 GB/T 34133 的规定进行, 试验结果应符合 5.3.6 的规定。

## 6.5.7 通信功能试验

### 6.5.7.1 通信协议试验

#### 6.5.7.1.1 一致性试验

对被测光储联合变换装置进行通信协议一致性测试，检测其是否与协议规定的相一致。

#### 6.5.7.1.2 互操作性试验

对被测光储联合变换装置进行通信协议互操作测试，检查其是否能与系统内其他变流器或通信设备进行信息交换。

### 6.5.7.2 通信功能试验

通过 RS-485/RS-232（或其他类别）通信接口转换器与 PC 机（上位机）连接，设定被测光储联合变换装置在通信状态下，可采用专用监控管理软件验证被测光储联合变换装置通信功能，应能保证数据传输正确，能进行参数设定，无出错信息或明显传输延迟。

## 6.6 性能试验

### 6.6.1 最大转换效率试验

在正常运行条件下，分别测量负载点为 5%、10%、20%、25%、30%、50%、75%、100%以及可输出最大效率点处的光伏转换效率和储能转换效率，并以曲线图的形式在试验报告中给出。测量结果应符合 5.4.1 的规定。

### 6.6.2 电流谐波畸变率试验

试验测量点选定在被测光储联合变换装置与电网连接的电网侧，试验在被测光储联合变换装置输出为额定功率时进行，用电能质量分析仪测量出电流谐波总畸变率及各次谐波畸变率；调节光储联合变换装置的输出功率，分别在 0%、33%、66%和 100%额定功率下展开试验，试验结果均应符合 5.4.2 的规定。

### 6.6.3 功率因数试验

并网模式下，被测光储联合变换装置设定的无功输出为零，分别选取 50%额定功率上下两个负载点，电网侧的功率因数均应符合 5.4.3 的规定。

### 6.6.4 直流分量试验

并网模式下，被测光储联合变换装置在额定功率运行时，使用电能质量分析仪测量其输出交流电流中的直流电流分量；调节光储联合变换装置的输出功率，分别在 0%、33%和 66%额定功率下展开试验，试验结果均应符合 5.4.4 的规定。

### 6.6.5 电压波动和闪变试验

并网模式下，被测光储联合变换装置在额定功率运行时，使用电能质量分析仪测量其电压波动和闪变，其值应符合 5.4.5 规定。

### 6.6.6 电压不平衡度试验

被测光储联合变换装置分别在并网模式和离网模式下额定功率运行时，使用电能质量分析仪测量其公共连接点的三相电压不平衡度，其值应符合 5.4.6 规定。

### 6.6.7 过载能力试验

在离网模式下，带 110% 标称额定负载，历时 10min，时间间隔不大于 10min，试验循环次数为 3 次，被测光储联合变换装置无损坏并能正常工作；然后被测光储联合变换装置带 120% 的标称额定负载，历时 1min，时间间隔不大于 10min，试验循环次数为 3 次，被测光储联合变换装置无损坏并能正常工作。测量结果应符合 5.4.7 规定。

在并网模式下，控制被测光储联合变换装置输出 110% 的标称额定电流，历时 10min，时间间隔不大于 10min，试验循环次数为 3 次，被测光储联合变换装置无损坏并能正常工作；然后再控制被测光储联合变换装置输出 120% 的标称额定电流，历时 1min，时间间隔不大于 10min，试验循环次数为 3 次，被测光储联合变换装置无损坏并能正常工作。测量结果应符合 5.4.7 规定。

### 6.6.8 恒流充电稳流精度试验

设定被测光储联合变换装置处于恒流充电状态下，设定充电电流整定值，调整被测光储联合变换装置的充电电压在规定范围内变化，分别测量输出电流，找出上述变化过程中与整定值偏差最大的输出电流极限值。分别设定输出电流整定值为 20%、40%、60%、80%、100% 额定输出电流，重复上述测量步骤，稳流精度指标应按照 GB/T 19826 的规定计算。测试结果应符合 5.4.8 的规定。

### 6.6.9 恒压充电稳压精度试验

设定被测光储联合变换装置工作于恒压充电状态，设定充电电压整定值，调整被测光储联合变换装置的充电电流在 0~100% 额定输出电流的范围内变化，分别测量被测光储联合变换装置的充电电压，找出上述变化范围内被测光储联合变换装置充电电压中与当前整定值偏差最大的极限值。分别设定充电电压为额定电压的 60%、80%、100%，重复上述步骤。恒压充电稳压精度指标应按照 GB/T 19826 的规定进行计算。测试结果应符合 5.4.9 的规定。

### 6.6.10 输出电压稳压精度试验

在离网运行模式下，调节光储联合变换装置输入电压至下限值（根据各厂家的产品规格），输出接额定阻性负载，用电能质量分析仪或电压表测量光储联合变换装置的输出电压。

调节光储联合变换装置输入电压至上限值，输出接额定阻性负载，用电力谐波分析仪或电压表测量光储联合变换装置的输出电压。按照 YD/T 1095 的要求进行计算。

### 6.6.11 电压总谐波畸变率试验

被测光储联合变换装置在离网运行模式下，输出接额定平衡阻性负载，使用电能质量分析仪测量结果，调节负载功率，分别在 0%、33%、66%、100% 额定负载下展开试验，试验结果均应符合 5.4.11 的规定。

### 6.6.12 动态电压瞬变范围试验

被测光储联合变换装置在离网模式下，输出接阻性负载，按以下步骤测量动态电压瞬变范围：

- a) 调节负载使输出端电流稳定在额定输出电流的 20%，用断路器或接触器使输出电流由额定值的 20% 突加至额定值的 100%，用示波器记录负载突变时被测光储联合变换装置输出电压偏离额定电压的最大值。

- b) 利用式(4)计算动态电压瞬变范围 $\lambda_U$ ，应符合5.4.12的规定。
- c) 再由额定值的100%突减至额定值的20%，用示波器记录负载突变时被测光储联合变换装置输出电压偏离额定电压的最大值。
- d) 利用式(4)计算动态电压瞬变范围 $\lambda_U$ ，应符合5.4.12的规定。

$$\lambda_U = \frac{U_{\text{after}} - U_N}{U_N} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$U_{\text{after}}$  ——突加或突卸负载后被测光储联合变换装置输出电压偏离额定电压的最大值；

$U_N$  ——额定输出电压值。

注：测量电压值为单个周波的电压有效值。

### 6.6.13 电压瞬变恢复时间试验

离网模式下，被测光储联合变换装置的三相输出接阻性负载，用示波器分别测量负载突加和突减时，输出电压有效值恢复到额定电压的 $\pm 3\%$ 范围内所经过的时间应符合5.4.13的规定。

### 6.6.14 充放电转换时间试验

并网模式下，将待测光储联合变换装置在额定放电状态下运行至少3min，向光储联合变换装置下发额定功率充电指令，测量并记录交流电流从90%额定放电电流转换为90%额定充电电流的最小转换时间；将待测光储联合变换装置在额定充电状态下运行至少3min，向光储联合变换装置下发额定功率放电指令，测量并记录交流电流从90%额定充电电流转为90%额定放电电流的最小转换时间，转换时间满足5.4.14的规定。

## 6.7 保护功能试验

### 6.7.1 极性反接保护试验

分别将PV模拟器和储能电池组极性反接，启动被测光储联合变换装置观察运行情况；再将极性正接，启动被测光储联合变换装置观察运行情况，试验结果应符合5.5.1的规定。

### 6.7.2 直流过压保护试验

调节被测光储联合变换装置直流输入电压，直至被测光储联合变换装置输入电压高于允许直流输入电压的最高限值，被测光储联合变换装置的工作状态应符合5.5.2规定。

### 6.7.3 防反向放电保护试验

降低被测光储联合变换装置光伏直流端口输入电压，使其处于关机状态，使用示波器测量被测光储联合变换装置光伏直流端口的电流，试验结果应符合5.5.3的规定。

### 6.7.4 电网异常响应试验

#### 6.7.4.1 交流过/欠压保护试验

并网模式下，启动被测光储联合变换装置于正常工作状态，模拟接入点电网电压超出表4规定时，被测光储联合变换装置应在表4规定的时间内与电网断开连接；当电网电压恢复至正常运行范围时，被测光储联合变换装置可重新并网运行。

#### 6.7.4.2 交流过/欠频保护试验

并网模式下，启动被测光储联合变换装置于正常工作状态，模拟接入点电网频率超出表6规定

时，被测光储联合变换装置应在表 6 规定的时间内与电网断开连接；当电网频率恢复至正常运行范围时，被测光储联合变换装置可重新并网运行。

### 6.7.5 短路保护试验

按照 GB/T 13422 规定的方法进行，试验前在被测光储联合变换装置交流端口串接一组熔断器或者断路器，在被测光储联合变换装置正常并网模式运行条件下，分别在启机和正常运行时开展试验，试验结果应符合 5.5.5 的规定。

在被测光储联合变换装置离网模式运行条件下，带额定负载运行时分别进行单相和相间短路试验，试验结果应符合 5.5.5 的规定。

### 6.7.6 交流缺相保护试验

将被测光储联合变换装置交流端口逐一缺相连接，光储联合变换装置通电加载工作电压时，光储联合变换装置不工作；正确连接时光储联合变换装置正常运行，结果应符合 5.5.6 的规定。

### 6.7.7 过温保护试验

试验时，通过模拟过温信号（例如将温度检测元件加热至预期的保护动作点），检验光储联合变换装置的过温保护功能。

### 6.7.8 故障穿越试验

#### 6.7.8.1 测试电路

按照 NB/T 32005 中规定的方法进行低电压穿越试验，按照 NB/T 31111 中规定的方法进行高电压穿越试验，按照图 5 连接相关的检测装置。

低电压穿越检测应至少选取 5 个点，并在  $0\%U_N \leq U \leq 5\%U_N$ 、 $20\%U_N \leq U \leq 25\%U_N$ 、 $25\%U_N < U \leq 50\%U_N$ 、 $50\%U_N < U \leq 75\%U_N$ 、 $75\%U_N < U \leq 90\%U_N$  五个区间内均有分布，并按照 5.5.8.1.1 低电压穿越曲线要求选取故障时间。

高电压穿越检测应至少选取 2 个点，并在  $110\%U_N < U < 120\%U_N$ 、 $120\%U_N < U < 130\%U_N$  两个区间内均有分布，并按照 5.5.8.1.2 节中高电压穿越曲线要求选取故障时间。

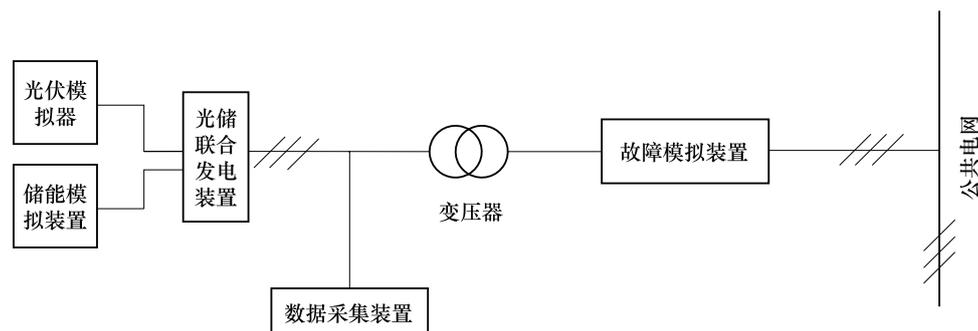


图 5 故障穿越性能检测框图

#### 6.7.8.2 空载试验

故障穿越检测前应先进行空载测试，试验应按以下步骤进行：

- 断开检测回路中光储联合变换装置的连接。
- 调节故障模拟装置，模拟线路三相对称故障，电压跌落点应满足本标准 6.7.8.1 的要求。

- c) 调节故障模拟装置，模拟表 7 中的三相相间短路或接地短路故障的一种，电压跌落点应满足本标准 6.7.8.1 节的要求。
- d) 调节故障模拟装置，模拟线路三相电压抬升，电压抬升点应满足本规程 6.7.8.1 的要求。
- e) 故障模拟装置的电压阶跃时间不应大于 20ms。

### 6.7.8.3 负载试验

在空载测试结果满足要求的情况下，可进行故障穿越负载测试。负载测试时故障模拟装置的配置应与空载测试保持一致，试验应按如下步骤进行：

- a) 将空载测试中断开的光储联合变换装置接入电网运行。
- b) 调节光储联合变换装置分别在  $0.1P_N \sim 0.3P_N$  和不少于  $0.7P_N$  两种工况下进行检测。
- c) 控制故障模拟装置进行三相对称电压跌落。
- d) 通过数据采集装置记录被测光储联合变换装置交流输出侧电压和电流的波形，记录应包含故障前 10s 到故障恢复正常后 6s 之内的数据。
- e) 控制故障模拟装置进行不对称电压跌落，重复步骤 b) ~d)。
- f) 控制故障模拟装置进行三相对称电压抬升，重复步骤 b) ~d)。
- g) 每个故障点应连续做两次试验，两次试验均通过方为通过。

## 6.8 温升试验

试验按照 GB/T 3859.1 规定进行，测温元件可使用温度计、热电偶、热敏元件、红外测温计或其他有效的方法。在额定运行条件下，各元件热稳定后，按 5.6 的规定测量温升，其温升应在器件各自规定的范围之内。

## 6.9 噪声试验

当输入电压为额定值时，光储联合变换装置在额定负载状态下运行，周围环境噪声不大于 40dB (A)，在距离设备水平位置 1m，离地面高度 1m~1.5m，测得的噪声应符合 5.7 中的规定。

测量时至少应保证实测噪声与背景噪声的差值大于 3dB (A)，否则应采取措施使测试环境满足测试条件。当测得噪声值与背景噪声值差值大于 10dB (A) 时，不对测量值做修正；当实测噪声与背景噪声的差值为 3dB (A) ~10dB (A) 时，按表 11 进行噪声值修正。

表 11 背景噪声测量结果修正

|               |    |     |      |
|---------------|----|-----|------|
| 差值<br>dB (A)  | 3  | 4~5 | 6~10 |
| 修差值<br>dB (A) | -3 | -2  | -1   |

## 6.10 电磁兼容试验

### 6.10.1 抗扰度试验

#### 6.10.1.1 静电放电抗扰度试验

光储联合变换装置可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.2—2006 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：接触放电 6kV（操作部分），空气放电 8kV（外壳）。
- b) 试验端口：操作部分、外壳。
- c) 每个敏感试验点放电次数：正、负极各 10 次，放电间隔至少为 1s。

d) 性能判据等级：B。

#### 6.10.1.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

光储联合变换装置可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.3—2016 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 频率范围：80MHz~1000MHz。
- b) 试验场强：10V/m（非调制）。
- c) 正弦波 1kHz，80%幅度调制。
- d) 试验端口：外壳。
- e) 天线极化方向：水平和垂直方向。
- f) 性能判据等级：A。

#### 6.10.1.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

光储联合变换装置可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.4—2008 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：±2kV（电源线），±1kV（信号线）。
- b) 试验端口：输入、输出电源的端口和信号线。
- c) 重复频率：100kHz。
- d) 持续时间：1min。
- e) 性能判据等级：B。

#### 6.10.1.4 浪涌（冲击）抗扰度试验

光储联合变换装置可在轻载状态下运行，按照 GB/T 17626.5—2008 的规定，在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：±2kV（共模），±1kV（差模）。
- b) 试验端口：输入、输出电源端口和信号线。
- c) 试验次数：正、负极性各 5 次。
- d) 重复率：每分钟一次。
- e) 性能判据等级：B。

### 6.10.2 发射试验

光储联合变换装置的发射试验应满足如下要求：

- a) 按照 GB 4824，考虑以下两种电磁环境：
  - 1) 环境 A：与低压非公用电网或工业电网的场所/光储联合变换装置有关，含高骚扰源。
  - 2) 环境 B：与低压公用电网，诸如家用、商用和轻工业场所/光储联合变换装置有关，不包括高骚扰源。
- b) 制造商应在提供给用户的信息中规定光储联合变换装置的应用环境（即设备应用类别）。

#### 6.10.2.1 传导发射试验

光储联合变换装置应在满载状态下运行，参照 GB 4824—2013 的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 测试频段：150kHz~30MHz。
- b) 测试端口：输入、输出电源的端口、信号线。
- c) 测试限值：符合 GB 4824—2013 中 1 组 A 类或 B 类限值。

#### 6.10.2.2 辐射发射试验

光储联合变换装置应在满载状态下运行，参照 GB 4824—2013 的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 测试频段：30MHz~1000MHz。
- b) 测试端口：外壳整体。
- c) 测试限值：符合 GB 4824—2013 中 1 组 A 类或 B 类限值。

## 6.11 环境试验

### 6.11.1 低温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.1 中“试验 A”进行。光储联合变换装置无包装，在试验温度为  $-20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ （户内型）或  $-25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ （户外型）的条件下，通电加额定负载运行 2h，在常温条件下恢复 2h 后，光储联合变换装置应能正常工作。

### 6.11.2 高温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.2 中“试验 B”进行。光储联合变换装置无包装，在试验温度为  $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ （户内型）或  $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ （户外型）的条件下，通电加额定负载运行 2h，在常温条件下恢复 2h 后，光储联合变换装置应能正常工作。

### 6.11.3 恒定湿热试验

试验方法按 GB/T 2423.3 的规定进行。光储联合变换装置在试验温度为  $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ （户内型）或  $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ （户外型）、相对湿度为  $(90 \pm 3)\%$  的工作环境条件下，无包装，不通电，持续时间 48h 后，取出样品，在正常工作环境条件下恢复 2h 后，光储联合变换装置应能正常运行。

## 6.12 特殊要求试验

### 6.12.1 虚拟惯量试验

测试步骤如下：

- a) 按照图 4 搭建测试环境，关闭光储联合变换装置的一次调频功能。
- b) 调节电网模拟装置与 PV 模拟器使光储联合变换装置使其运行在标称频率和标称电压条件下输出功率为  $10\%P_N \sim 30\%P_N$  和  $70\%P_N \sim 90\%P_N$  两种工况下。
- c) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照图 6 的曲线变化，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  $0.5\text{Hz/s}$ ， $t_4 - t_3 \geq 2\text{min}$ 、 $t_6 - t_5 = t_2 - t_1 = 1\text{min}$ 。

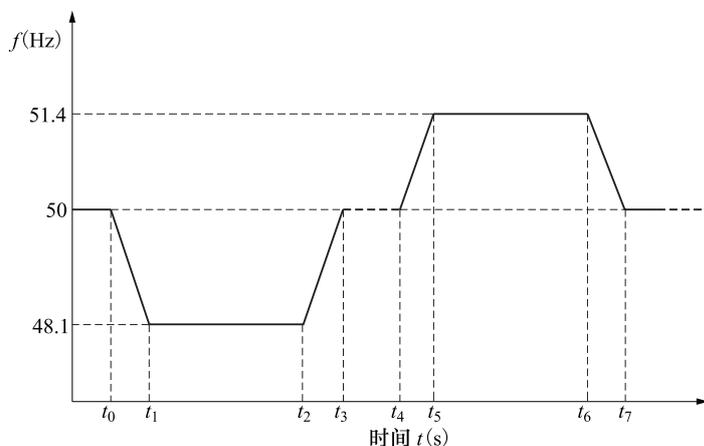
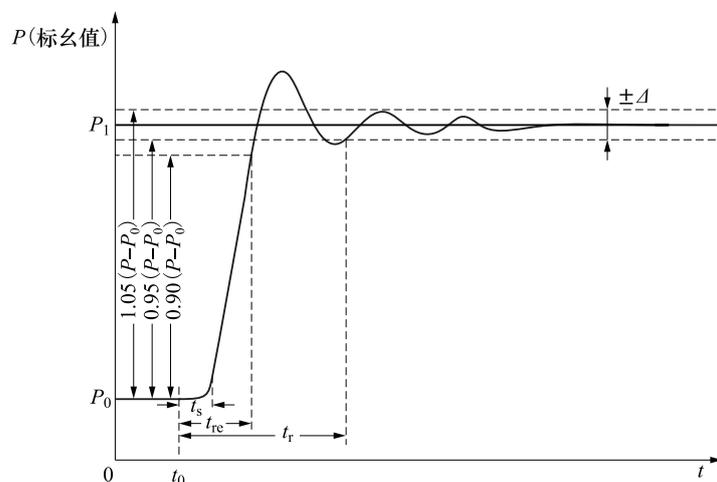


图 6 惯量响应特性测试曲线

- d) 通过数据采集装置分别记录频率变化区间和稳态区间中光储联合变换装置交流侧电压与电流的数据，以每 20ms 为周期计算响应于惯量的有功功率平均值。
- e) 计算响应与惯量的有功功率响应时间和变化量，具体要求见图 7。



说明：

- $P_0$  ——有功功率初始值；
- $P_1$  ——有功功率目标值；
- $t_0$  ——频率阶跃起始时间；
- $t_s$  ——调频启动时间，即从频率信号加入开始到有功变化至 0.1 ( $P_1 - P_0$ ) (标么值) 所需时间；
- $t_{re}$  ——有功响应时间；
- $t_r$  ——有功调节时间；
- $\Delta$  ——有功功率调节误差带。

图 7 测试参数说明

### 6.12.2 一次调频试验

参照图 3 所示一次调频曲线，利用测试装置在测试点产生要求的频率波动，测试光储联合变换装置在系统频率波动时对电网自主有功一次调频的能力。当光储联合变换装置有功功率输出分别在  $10\%P_N \sim 30\%P_N$  和  $70\%P_N \sim 90\%P_N$  两种工况下测试光储联合变换装置对频率波动时的响应特性，测试步骤如下：

- 使能光储联合变换装置一次调频功能，按照图 4 连接光储联合变换装置以及相关测试设备。
- 调节电网模拟装置，使其按照表 12 的要求在标称电压下输出频率，频率保持时间不应小于 30s。
- 通过数据采集装置记录稳态区间中光储联合变换装置交流侧电压与电流的数据，以每 20ms 为一点计算一次调频响应的有功功率平均值。
- 计算一次调频的启动时间、响应时间、调节时间、有功功率稳态均值，如图 7 要求所示。
- 根据并网点频率的实际测量值，按照式 (5) 计算有功功率变化量 (有功调频系数)。

$$K_f = -\frac{\Delta P / P_N}{\Delta f / f_N} \quad (5)$$

式中：

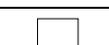
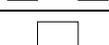
- $K_f$  ——有功调频系数，无量纲；
- $\Delta P$  ——光储联合变换装置输出有功功率的变化量，kW；

$P_N$  ——光储联合变换装置的额定容量, kW;

$\Delta f$  ——系统频率的变化量, Hz;

$f_N$  ——系统额定频率, Hz。

表 12 一次调频测试点

| 序号 | 机端频率 $f$<br>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           |  |

## 7 检验规则

### 7.1 总则

本标准提出的试验应在具有一定资质的检测机构进行。

试验应在与实际工作条件等效的条件下,或在能保证光储联合变换装置性能可满足使用要求的条件下进行。

### 7.2 检验分类

产品的检验分出厂试验和型式试验两类。

### 7.3 出厂试验

为验证光储联合变换装置性能,保证其符合本标准和型式试验的相关要求,对组装后的光储联合变换装置必须逐台进行出厂试验。出厂试验合格后应给予出厂试验合格证明。

出厂试验时,只要有一项不符合规定要求,应返工复试。复试合格后方可给予出厂试验合格证明。

### 7.4 型式试验

型式试验是全面验证光储联合变换装置性能指标和质量是否符合本标准要求的一种试验。

#### 7.4.1 下列情况下,产品应进行型式试验

在下列情况下,光储联合变换装置应进行型式试验:

- a) 新产品鉴定时。
- b) 正式生产后,结构、材料、工艺有较大改变,足以影响产品性能时。
- c) 产品长期停产后恢复生产时。
- d) 国家质量监督机构提出进行型式试验的要求时。

### 7.4.2 抽样方法

进行型式试验的样品，应在经过出厂试验合格后的一批中抽样，抽样的数量不应少于两台。

### 7.4.3 判定规则

型式试验应符合产品的技术规定，全部合格则判定为合格；任有一项不合格，则判定该产品不合格，产品经型式试验不合格，则该产品应停产，直至查明并消除造成不合格的原因，再次进行型式试验合格后方可恢复生产。

### 7.4.4 试验项目

产品检验分出厂检验和型式检验，检验项目见表 13。

表 13 出厂检验和型式检验的项目

| 序号 | 检验项目       | 型式检验 | 出厂检验 | 技术要求条款 | 试验方法   |
|----|------------|------|------|--------|--------|
| 1  | 机体和结构质量检查  | √    | √    | —      | 6.2    |
| 2  | 外壳防护等级试验   | √    | √    | 5.2.1  | 6.3    |
| 3  | 电气绝缘性能试验   | √    | —    | 5.2.2  | 6.4    |
| 4  | 端口功能试验     | √    | —    | 5.3.1  | 6.5.1  |
| 5  | 运行模式试验     | √    | √    | 5.3.2  | 6.5.2  |
| 6  | 功率控制试验     | √    | —    | 5.3.3  | 6.5.3  |
| 7  | 恢复并网试验     | √    | —    | 5.3.4  | 6.5.4  |
| 8  | 孤岛状态检测试验   | √    | —    | 5.3.5  | 6.5.5  |
| 9  | 并离网切换功能试验  | √    | —    | 5.3.6  | 6.5.6  |
| 10 | 通信功能试验     | √    | —    | 5.3.7  | 6.5.7  |
| 11 | 最大转换效率试验   | √    | —    | 5.4.1  | 6.6.1  |
| 12 | 电流谐波畸变率试验  | √    | —    | 5.4.2  | 6.6.2  |
| 13 | 功率因数试验     | √    | —    | 5.4.3  | 6.6.3  |
| 14 | 直流分量试验     | √    | —    | 5.4.4  | 6.6.4  |
| 15 | 电压波动和闪变试验  | √    | —    | 5.4.5  | 6.6.5  |
| 16 | 电压总谐波畸变率试验 | √    | —    | 5.4.6  | 6.6.6  |
| 17 | 过载能力试验     | √    | √    | 5.4.7  | 6.6.7  |
| 18 | 恒流充电稳流精度试验 | √    | √    | 5.4.8  | 6.6.8  |
| 19 | 恒压充电稳压精度试验 | √    | √    | 5.4.9  | 6.6.9  |
| 20 | 输出电压稳压精度试验 | √    | √    | 5.4.10 | 6.6.10 |
| 21 | 电压总谐波畸变率试验 | √    | —    | 5.4.11 | 6.6.11 |
| 22 | 动态电压瞬变范围试验 | √    | —    | 5.4.12 | 6.6.12 |
| 23 | 电压瞬变恢复时间试验 | √    | —    | 5.4.13 | 6.6.13 |
| 24 | 充放电切换时间试验  | √    | —    | 5.4.14 | 6.6.14 |
| 25 | 极性反接保护试验   | √    | —    | 5.5.1  | 6.7.1  |

表 13 (续)

| 序号 | 检验项目           |               | 型式检验 | 出厂检验 | 技术要求条款  | 试验方法     |
|----|----------------|---------------|------|------|---------|----------|
| 26 | 直流过压保护试验       |               | √    | √    | 5.5.2   | 6.7.2    |
| 27 | 防反向放电保护试验      |               | √    | √    | 5.5.3   | 6.7.3    |
| 28 | 电网异常<br>响应试验   | 交流过/欠压保护试验    | √    | —    | 5.5.4.1 | 6.7.4.1  |
| 29 |                | 交流过/欠频保护试验    | √    | —    | 5.5.4.2 | 6.7.4.2  |
| 30 | 短路保护试验         |               | √    | —    | 5.5.5   | 6.7.5    |
| 31 | 交流缺相保护试验       |               | √    | √    | 5.5.6   | 6.7.6    |
| 32 | 过温保护试验         |               | √    | —    | 5.5.7   | 6.7.7    |
| 33 | 故障穿越试验         |               | √    | —    | 5.5.8   | 6.7.8    |
| 34 | 温升试验           |               | √    | —    | 5.6     | 6.8      |
| 35 | 噪声试验           |               | √    | —    | 5.7     | 6.9      |
| 36 | 电磁<br>兼容<br>试验 | 静电放电抗扰度试验     | √    | —    | 5.8.1.1 | 6.10.1.1 |
| 37 |                | 射频电磁场辐射抗扰度试验  | √    | —    | 5.8.1.2 | 6.10.1.2 |
| 38 |                | 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 | √    | —    | 5.8.1.3 | 6.10.1.3 |
| 39 |                | 浪涌(冲击)抗扰度试验   | √    | —    | 5.8.1.4 | 6.10.1.4 |
| 40 |                | 传导发射试验        | √    | —    | 5.8.2.1 | 6.10.2.1 |
| 41 |                | 辐射发射试验        | √    | —    | 5.8.2.2 | 6.10.2.2 |
| 42 | 环境试验           | 低温工作试验        | √    | —    | 5.1.1.1 | 6.11.1   |
| 43 |                | 高温工作试验        | √    | —    | 5.1.1.1 | 6.11.2   |
| 44 |                | 恒定湿热试验        | √    | —    | —       | 6.11.3   |
| 45 | 特殊要求<br>试验     | 虚拟惯量试验        | √    | —    | 5.9.1   | 6.12.1   |
|    |                | 一次调频试验        | √    | —    | 5.9.2   | 6.12.2   |

注：“√”表示该试验要求做。

## 8 标志、包装、运输、贮存

### 8.1 标志

#### 8.1.1 产品标志

光储联合变换装置的适当位置应有铭牌，应安装在明显位置，铭牌上应标明以下内容：

- a) 产品名称。
- b) 产品型号。
- c) 技术参数：
  - 1) 额定功率 (kW)。
  - 2) 光伏直流端口工作电压范围 (V)。
  - 3) 储能直流端口工作电压范围 (V)。
  - 4) 电网额定电压 (V)。
  - 5) 电网额定频率 (Hz)。

- 6) 防护等级。
- d) 质量 (kg)。
- e) 出厂编号。
- f) 制造日期。
- g) 制造厂名。
- h) 光储联合变换装置至少应永久标注以下内容：
  - 1) 制造商和供应商的名称或商标。
  - 2) 用于识别光储联合变换装置的型号或命名。
  - 3) 用于识别产地、批次或日期的序列号、代码或其他标识。批次或日期精确到 3 个月以内，标识日期的方法在 30 年内不会出现重复的数字。

### 8.1.2 包装标志

光储联合变换装置的外包装上有收发货标志、包装储运标志和警示标志，按 GB/T 191 的有关规定执行。

## 8.2 包装

产品包装应符合 GB/T 13384 的规定。

## 8.3 运输

产品在运输过程中，不应有剧烈振动、曝晒雨淋、撞击和倒置。某些部件对运输有特殊要求时应注明，以便运输时采取措施。

## 8.4 贮存

产品在贮存期间，应放在空气流通，温度为  $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ ，月平均相对湿度不大于 90%，周围空气中不含有腐蚀性、火灾及爆炸性物质的室内，在贮存期间不应淋雨、曝晒、凝露和霜冻。

## 9 随同产品供应的文件

出厂产品应配套供应以下技术文件：

- a) 装箱清单。
- b) 使用说明书。
- c) 电气原理图和接线图。
- d) 安装说明书。
- e) 产品出厂合格证明书或合格证。
- f) 其他技术资料。

附录 A  
(资料性附录)

光储联合变换装置典型拓扑结构

光伏阵列和储能电池组分别经各自的 DC/DC 连接到直流母线，经 DC/AC 接入电网。光储联合变换装置的典型拓扑结构见图 A.1。

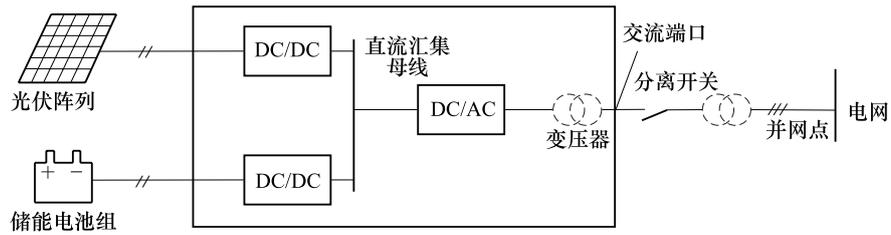


图 A.1 典型拓扑结构