

ICS 号 01.040.29  
中国标准文献分类号 K46

# 团 体 标 准

T/CPSS 1001—2018

## 低压配电网有源不平衡补偿装置

Low voltage distribution network active unbalance  
compensation device

2018-06-06 发布

2018-06-06 实施

中国电源学会 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.....	1
4 功能要求.....	3
4.1 运行模式.....	3
4.2 输出限流功能.....	4
4.3 保护及告警功能.....	4
4.4 通信接口.....	4
5 技术要求.....	4
5.1 额定值.....	4
5.2 环境条件.....	5
5.3 结构.....	5
5.4 性能要求.....	5
5.5 温升.....	6
5.6 绝缘性能.....	6
5.7 电气间隙与爬电距离.....	6
5.8 电磁兼容性能.....	7
6 试验方法.....	7
6.1 试验条件.....	7
6.2 试验项目.....	8
7 检验规则.....	11
7.1 试验分类.....	11
7.2 出厂试验.....	11
7.3 型式试验.....	12
8 标志、包装、运输、贮存.....	13
8.1 标志和随机文件.....	13
8.2 包装与运输.....	13
8.3 贮存.....	13
附录 A（资料性附录） 电流不平衡度计算方法.....	14
A.1 幅值和相位均已知的情况.....	14
A.2 幅值已知但相位不确定的情况.....	14
附录 B（资料性附录） 并联型有源不平衡补偿装置补偿需量计算.....	16

B.1 不平衡电流补偿需量计算 .....	16
B.2 无功电流补偿需量计算 .....	16
B.3 总补偿电流需量计算 .....	16

中国电源学会 CPSS  
T/CPSS 团体标准

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国电源学会提出并解释。

本标准起草单位：安徽大学、西安交通大学、中国电科院配电研究所、深圳市盛弘电气股份有限公司、西安爱科赛博电气股份有限公司、山东华天电气有限公司、亚洲电能质量产业联盟、安徽武怡电气科技有限公司、国网江苏省电力公司电力科学研究院、上海追日电气有限公司、北京英博电气股份有限公司、上海电器科学研究所（集团）有限公司、浙江方圆电气设备检测有限公司、清华大学、北京星航机电装备有限公司、上海电气电力电子有限公司、思源清能电气电子有限公司、苏州电器科学研究所股份有限公司、中达电通股份有限公司、中国质量认证中心。

本标准主要起草人：朱明星、卓放、雷万钧、吴鸣、刘帅、赵龙腾、李春龙、王启华、王德涛、王语洁、高敏、史明明、彭华良、马丰民、史贵凤、黄芳、耿华、赵东元、王新庆、陈国栋、王天宇、陈源、吴书涛、陈剑。

本标准首次发布。



# 低压配电网有源不平衡补偿装置

## 1 范围

本标准规定了低压配电网有源不平衡补偿装置（以下简称装置）的术语和定义、功能要求、技术要求、试验方法、检验规则等要求。

本标准适用于50 Hz、额定工作电压不超过1 000V（1 140V）的低压配电网中用于补偿三相不平衡的有源补偿装置。

## 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 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分：基本要求规范
- GB/T 4208—2017 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 限值和测量方法
- GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 13422—2013 半导体变流器 电气试验方法
- GB/T 15576—2008 低压成套无功功率补偿装置
- GB/T 16935.1—2008 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—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 17626.18—2016 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验
- T/CPSS 1002—2018 低压有源电力滤波装置

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**有源不平衡补偿装置 Active Unbalance Compensation Device (AUC)**

利用电力电子变流技术主动补偿负载的基波不平衡电流（负序电流或零序电流），以改善电网中的三相电流不平衡度，同时具备基波无功功率补偿功能的并联型装置。

3.2

**补偿电流需求 compensation current demand**

针对特定的负载工况和装置补偿模式，装置需要输出的最大补偿电流值，单位为安培（A）。

3.3

**正序分量 positive-sequence component**

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其正序对称系统中的分量。

[GB/T 15543—2008，定义3.3]

3.4

**负序分量 negative-sequence component**

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其负序对称系统中的分量。

[GB/T 15543—2008，定义3.4]

3.5

**零序分量 zero-sequence component**

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其零序对称系统中的分量。

[GB/T 15543—2008，定义3.5]

3.6

**不平衡度 unbalance factor**

指三相电力系统中三相不平衡的程度，用电压、电流负序基波分量或零序基波分量与正序基波分量的方均根值百分比表示。电压、电流的负序不平衡度和零序不平衡度分别用  $\varepsilon_{U_2}$ 、 $\varepsilon_{U_0}$  和  $\varepsilon_{I_2}$ 、 $\varepsilon_{I_0}$  表示。

[GB/T 15543—2008，定义3.2]

3.7

**响应时间 compensation response time**

从被控制量开始突变到装置输出达到目标值的90%所需要的时间，如图1。

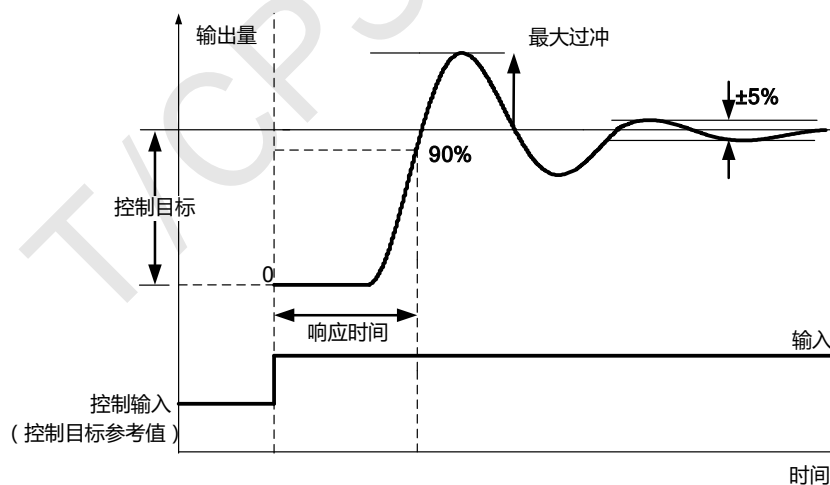


图1 响应时间示意图

## 3.8

**不平衡电流补偿率 unbalance current compensation rate** $k_e$ 

装置接入后，已被补偿的不平衡电流（零序基波电流或者负序基波电流）有效值与负荷产生的不平衡电流有效值之比，用百分数表示。

$$k_e = \left(1 - \frac{I_{e,s}}{I_{e,g}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$I_{e,s}$  —— 补偿后电网侧的不平衡电流有效值，单位为安培（A）；

$I_{e,g}$  —— 补偿后负荷产生的不平衡电流有效值，单位为安培（A）。

## 3.9

**无功功率补偿率 reactive power compensation rate** $k_q$ 

装置接入后，已被补偿的无功功率与负荷产生的无功功率之比，用百分数表示。

$$k_q = \left(1 - \frac{Q_{q,s}}{Q_{q,g}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$Q_{q,s}$  —— 补偿后电网侧的无功功率，单位为千乏（kvar）；

$Q_{q,g}$  —— 补偿后负荷侧的无功功率，单位为千乏（kvar）；

## 4 功能要求

## 4.1 运行模式

## 4.1.1 不平衡补偿模式

在此运行模式下，装置应能在控制范围内，实时监测跟踪电网目标点不平衡电流而输出相应不平衡补偿电流。

## 4.1.2 无功补偿模式

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪电网目标点控制参数的变化而输出相应的无功功率。装置也应具备在控制范围内，通过人工设置恒定无功功率输出的功能。

## 4.1.3 谐波补偿模式（可选）

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪电网目标点谐波变化而输出相应谐波补偿电流。

具体要求由制造商与用户商定确定，可参照T/CPSS 1002—2018。

## 4.1.4 混合补偿模式（可选）

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，可设置不平衡、无功等几种补偿方式的任意组合，



并可设定补偿方式的优先级，以适应现场多工况的补偿需求。

## 4.2 输出限流功能

当系统的补偿需量超过装置允许的最大输出能力时，装置自动限定输出电流至额定输出电流。

## 4.3 保护及告警功能

### 4.3.1 上电自检功能

装置应具有上电自检功能，自检异常时闭锁全部动作，并发出告警信息。

### 4.3.2 交流输入过电压、欠电压保护与告警

交流输入电压高于过电压设定值或者低于欠电压设定值时，装置应立即保护，并给出告警指示。

### 4.3.3 交流过流保护与告警

装置输出电流超过保护电流设定值时，装置应立即保护，并给出告警指示。

### 4.3.4 频率保护与告警

装置输入频率低于欠频率设定值（该值应小于 49 Hz）时，装置应立即保护，并给出告警指示。  
装置输入频率高于过频率设定值（该值应大于 51 Hz）时，装置应立即保护，并给出告警指示。

### 4.3.5 缺相保护与告警

装置检测到系统电压任何一相缺失时，装置应立即保护，并给出告警指示。

### 4.3.6 散热系统异常保护与告警

装置检测到内部散热系统异常，装置应立即保护，并给出告警指示。

## 4.4 通信接口

装置应按用户需求选装 GPRS，RS485，RS232，WiFi 等通信接口，所支持的协议由制造商与用户自行商定。

## 5 技术要求

### 5.1 额定值

装置的额定值如下：

- a) 接线方式：三相三线、三相四线；
- b) 额定工作频率：50 Hz；
- c) 接入电网标称电压：380 V（400 V）、660 V（690 V）、1 000 V（1 140 V）。其他电压由用户与制造商商定；
- d) 额定补偿容量：25 kvar、50 kvar、75 kvar、100 kvar 和 150 kvar。其他容量由用户与制造商商定。

## 5.2 环境条件

### 5.2.1 正常使用条件

装置适用的环境条件如下：

- a) 环境温度：
  - 1) 室内型：-5℃~+40℃，日平均温度不超过 35℃；
  - 2) 室外型：-25℃~+50℃，日平均温度不超过 35℃。
- b) 相对湿度：
  - 1) 室内型：最高温度为+40℃时的相对湿度不超过 50%。在较低温度时允许有较高的相对湿度，例如，在+20℃时的相对湿度为 90%。宜考虑到由于温度的变化，有可能会偶尔产生适度的凝露。
  - 2) 室外型：温度+25℃时，相对湿度短时可达 100%。
- c) 周围介质无爆炸及易燃、易爆危险，无腐蚀性气体，无导电尘埃等；
- d) 海拔高度不超过 1 000 m（安装地点海拔高度超过 1 000 m 时，与之相关的温升限值、绝缘等应予以修正）；
- e) 安装地点无剧烈振动及颠簸，安装倾斜度不大于 5°；
- f) 污秽条件：应不低于 GB/T 16935.1—2008 中 2 级。

### 5.2.2 电网条件

适用于装置的电网条件：

- a) 电压波动范围不超过额定工作电压的±20%；
- b) 频率变化范围不超过额定频率的±2%；
- c) 电压不平衡度：负序分量或零序分量不超过正序分量的 10%；
- d) 接入点的电压总谐波畸变率不超过 8%。

## 5.3 结构

装置结构的要求：

- a) 装置的结构应符合 GB/T 15576—2008 中 6.1 的要求。
- b) 根据 GB/T 4208—2017 的要求，室内装置外壳的防护等级应不低于 IP20，室外装置外壳的防护等级应不低于 IP44。当装置采用通风孔散热时，通风孔的设置不应降低装置的防护等级。
- c) 装置的防护与接地应符合 GB/T 15576—2008 中 6.9.1~6.9.7、6.9.9 的要求。

## 5.4 性能要求

性能要求应满足表1的规定。

表1 性能要求

序号	项目	技术要求	备注
1	不平衡电流补偿率	≥90%	在装置的额定补偿容量范围内，补偿需量不低于额定补偿容量的 50%。
2	无功功率补偿率	≥90%	应在额定容性无功和额定感性无功之间连续调节，补偿需量不低于额定补偿容量的 50%。
3	输出电流畸变率	≤3%	额定容量下输出电流的总谐波畸变率。

表 1 (续)

序号	项目	技术要求	备注
4	损耗	$\leq 3\%$	在基波额定输出电流工作条件下测试。
5	响应时间	$\leq 20\text{ ms}$	有特殊要求时, 应由用户与制造商商定。
6	噪声	$\leq 70\text{ dB(A)}$	强制风冷和自然冷却条件下; 特大容量风冷设备大于 70 dB(A) 时, 应由用户与制造商商定。

### 5.5 温升

温升限值应符合 GB/T 7251.1—2013 中 9.2 的要求。

### 5.6 绝缘性能

#### 5.6.1 绝缘电阻

在环境温度 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于90%时, 对于电压 $U_M/\sqrt{2}$ 不超过1 000 V的, 绝缘电阻不应小于100 M $\Omega$ 。

注:  $U_M$ 表示正弦波电压波形的最大值。

#### 5.6.2 介电强度

装置应承受表2所示的试验电压、10 mA漏电流, 维持1 min, 应无电击穿或闪络。

表2 介电强度试验电压

额定电压 $U_N$ V	试验电压 V
$U_N \leq 60$	500
$60 < U_N \leq 125$	1 000
$125 < U_N \leq 250$	1 500
$250 < U_N \leq 500$	2 000
$500 < U_N$	$2U_N + 1\ 000$

#### 5.6.3 冲击电压

装置应承受GB/T 16935.1—2008中表F.1要求的冲击电压。试验后, 装置应无绝缘破坏。试验中, 允许出现没有引起绝缘破坏的闪络。如出现闪络, 应复查绝缘电阻和介电强度(试验电压值为5.6.2规定的75%)。

### 5.7 电气间隙与爬电距离

电气间隙与爬电距离的要求:

- 装置的电气间隙和爬电距离应符合 GB/T 15576—2008 中 6.6 的要求。
- 对于高海拔地区, 根据 GB/T 16935.1—2008 中表 A.2 的海拔修正系数表, 对所在海拔的装置电气间隙进行修正。

## 5.8 电磁兼容性能

### 5.8.1 抗干扰能力

#### 5.8.1.1 承受射频电磁场辐射干扰的能力

装置应能承受 GB/T 17626.3—2016 中 5.2 规定的严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

试验中，装置允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，装置应能正常工作，且不允许性能降低或性能低于制造商指定的性能级别。

#### 5.8.1.2 承受电快速瞬变脉冲群干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 17626.4—2008 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

试验中，装置允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，装置应能正常工作，且不允许性能降低或性能低于制造商指定的性能级别。

#### 5.8.1.3 承受阻尼振荡波干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 17626.18—2016 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的 1 MHz 和 100 kHz 阻尼振荡波抗扰度试验。

试验中，装置允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，装置应能正常工作，且不允许性能降低或性能低于制造商指定的性能级别。

#### 5.8.1.4 承受静电放电干扰的能力

装置的人机界面、控制按键及控制系统的开门把柄应能承受 GB/T 17626.2—2006 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的静电放电抗扰度试验。

试验中，装置允许出现性能丧失，但不允许改变操作状态或存储的数据。试验后，装置应能正常工作，且不允许性能降低或性能低于制造商指定的性能级别。

#### 5.8.1.5 承受浪涌（冲击）干扰的能力

### 5.8.2 电磁骚扰特性

装置的运行产生的高频辐射对任何已获批准的无线电、电视、微波或其他运行设备的干扰应满足 GB 4824—2013 中第 5 章的规定。

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

#### 6.1.1 一般要求

装置的一切试验和测量，除另有规定外，均应在本标准 6.1.2 和 6.1.3 规定条件下进行。

#### 6.1.2 试验电源条件

试验和测量所使用的交流电压的频率为  $50 \pm 1$  Hz，电压的总谐波畸变率不超过 5%，电压偏差不超过  $\pm 3\%$ ，三相电压不平衡度不超过 0.5%。

### 6.1.3 试验的标准大气条件

试验的标准大气条件包括：

- a) 海拔：1 000 m 及以下；
- b) 环境温度：5 °C~40 °C；
- c) 相对湿度：45%~75%；
- d) 大气压力：86 kPa~106 kPa。

## 6.2 试验项目

### 6.2.1 结构检查

结构检查方法及要求：

- a) 用目测和仪器测量的方法检查装置的外观和结构，应满足本标准 5.3 a) 的要求。
- b) 按 GB/T 4208—2017 规定的方法验证装置的防护等级，应满足本标准 5.3 b) 的要求。
- c) 采用接地电阻测试仪测量各接地点与主接地点间的电阻，其电阻值应满足本标准 5.3 c) 的要求。

### 6.2.2 性能试验

#### 6.2.2.1 试验平台

装置的试验平台示意图如图 2 所示，试验需配置负载扰动源，能根据试验需求产生无功电流、不平衡电流或谐波电流。

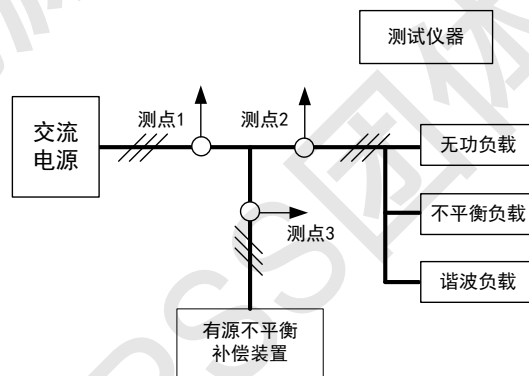


图2 试验平台示意图

试验所需的测试仪器应具备以下一项或多项测量功能（根据试验内容）：

- a) 三相电压、电流基波有效值及波形；
- b) 三相基波有功功率、无功功率、视在功率、功率因数；
- c) 三相电压、电流的基波不平衡分量和不平衡度；
- d) 2~50 次电压、电流谐波含量及含有率。

#### 6.2.2.2 不平衡补偿性能试验

不平衡补偿能力试验按以下步骤进行：

- a) 试验电路如图 2，试验负载为三相不平衡负载；
- b) 试验时，应保证负载处于工作状态，设置装置为不平衡补偿模式；
- c) 调节不平衡负载，使其输出的不平衡电流分别为装置额定补偿容量的 50%、75%、100%；

- d) 测定每种工况下测点 1 和测点 2 的电流不平衡度，根据公式（1）计算不平衡电流补偿率，应满足 5.4 的要求。

#### 6.2.2.3 无功补偿性能试验

无功补偿能力试验按以下步骤进行：

- a) 试验电路如图 2，试验负载为无功负载；
- b) 试验时，应保证负载处于工作状态，设置装置为无功补偿模式；
- c) 调节无功负载，使其输出的无功功率在装置额定容性无功功率和额定感性无功功率之间以 0.1  $Q_N$  级差进行设置；
- d) 测定每种工况下测点 1 和测点 2 的无功功率，根据公式（2）计算无功功率补偿率，应满足 5.4 的要求。

#### 6.2.2.4 输出电流畸变率试验

装置输出额定容性和感性无功，测量其输出电流总谐波畸变率，应满足本标准 5.4 的规定。

#### 6.2.2.5 响应时间试验

响应时间试验按以下步骤进行：

- a) 试验电路如图 2，试验负载为无功负载；
- b) 试验时，应保证负载处于工作状态，设置装置为自动无功补偿模式；
- c) 调节无功负载，使其阶跃输出装置额定容量的感性或容性无功功率；
- d) 在试验期间，用测试仪器分别测量测点 2 和测点 3 的电压、电流波形；
- e) 按照 3.7 的定义，根据记录的数据分析装置的补偿响应时间，应满足 5.4 的规定。

#### 6.2.2.6 损耗试验

损耗试验按以下步骤进行：

- a) 试验电路如图 2，试验负载为无功负载；
- b) 试验时，应保证负载处于工作状态，设置装置为无功补偿模式；
- c) 调节无功负载，使其输出的无功功率分别为装置额定容性无功功率和额定感性无功功率，各稳定运行 1 h。
- d) 测定每种工况下测点 3 的有功功率，计算装置在两种工况下的有功功率平均值，应满足 5.4 的要求。

#### 6.2.2.7 噪声测试

在装置输出额定容量的无功功率、散热系统正常运行工况下，按照 GB/T 13422—2013 中 5.1.16 条的方法测量，测量频率范围为 2 kHz~20 kHz 频段，测试结果应符合本标准 5.4 的要求。

#### 6.2.3 温升试验

装置在额定容性无功或额定感性无功运行条件下，监测装置部件及连接点的温度以及周围空气温度，当温度变化连续 1 h 不超过 1 K/h 时，认为温度达到稳定，温升应满足标准 5.5 规定。

测量装置的周围空气温度时，至少应用两个温度计或热电偶均匀布置在装置的周围，在高度约等于装置的 1/2，距装置 1 m 远的位置进行测量，然后取它们读数的平均值即为装置的周围空气温度。测量时应防止空气流动和热辐射对测量仪器的影响。

## 6.2.4 绝缘试验

### 6.2.4.1 绝缘电阻

试验前短接A、B、C三相，试验方法按GB/T 3859.1中的方法。测量结果应符合5.6.1的规定。

### 6.2.4.2 介电强度

按GB/T 13422中的试验方法，试验时允许断开不能承受试验电压的元件，如：气体放电管、压敏电阻等，试验前短接A、B、C三相，在装置的电源输入端与机壳之间施加表2规定的交流试验电压，维持1 min，试验结果应符合5.6.2的规定。

### 6.2.4.3 冲击电压

按GB/T 16935.1—2008中6.1.2.2.1条的试验方法，试验结果应符合5.6.3的规定。

## 6.2.5 电气间隙与爬电距离检验

测量装置内不同极性或不同相的裸露带电体之间以及它们与地之间的电气间隙和爬电距离，其测量值应满足本标准 5.7 的要求。

## 6.2.6 输出限流功能试验

输出限流功能试验按以下步骤进行：

- a) 试验电路如图 2，试验负载为无功负载；
- b) 试验时，应保证负载处于工作状态，设置装置为无功补偿模式；
- c) 调节无功负载，使装置输出最大补偿电流，然后继续增加无功负载的电流，装置应能自动限定输出电流，满足 4.2 的要求。

## 6.2.7 保护及告警功能试验

装置的保护及告警功能试验按照本标准 4.3 进行各种保护功能试验，进行试验时，应在图 2 所示的试验主电路上模拟被保护装置的异常状态，或在二次回路上设定等价故障信号。保护装置在整定范围内应能正常动作且保护动作与保护设定值间误差小于 $\pm 5\%$ ，并按照本标准 4.3 发出相应告警信息。

每种保护功能的试验次数不少于 3 次。

## 6.2.8 电磁兼容试验

### 6.2.8.1 抗干扰试验

#### 6.2.8.1.1 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照 GB/T 17626.3—2016 中第 5 章的规定，对装置进行严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，测试结果应符合本标准 5.8.1.1 的要求。

#### 6.2.8.1.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按照 GB/T 17626.4—2008 中 5.2 的规定，对装置进行严酷等级为 3 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，测试结果应符合本标准 5.8.1.2 的要求。

#### 6.2.8.1.3 阻尼振荡波抗扰度试验

按照 GB/T 17626.18—2016 中第 5 章的规定，对装置进行严酷等级为 3 级的阻尼振荡波抗扰度试

验，测试结果应符合本标准 5.8.1.3 的要求。

#### 6.2.8.1.4 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2—2006 中第 5 章规定，对装置进行严酷等级为 3 级的静电放电抗扰度试验，测试结果应符合本标准 5.8.1.4 的要求。

#### 6.2.8.1.5 浪涌（冲击）抗扰度试验

按照 GB/T 17626.5—2008 中 5.2 的规定，对装置进行严酷等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验，测试结果应符合本标准 5.8.1.5 的要求。

#### 6.2.8.2 电磁骚扰特性试验

按照 GB 4824—2013 的规定，对装置进行电磁骚扰特性试验。测试结果应符合本标准 5.8.2 的要求。

#### 6.2.9 环境温度性能试验

##### 6.2.9.1 高低温试验（仅适用于室外型装置）

将装置按本标准 5.2.1 规定的室外型的上下限温度要求进行该项试验。装置的控制保护系统、隔离电源和功率模块的附属板卡在全载运行工况下，分别在最低周围温度 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和高温环境空气温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下，持续运行 24 h，性能正常。

##### 6.2.9.2 耐湿热试验（仅适用于室外型装置）

试验箱的容积及其空气循环应使装置放入后，在 5 min 内温度保持在允差之内。

试验时装置不包装、不通电。

将装置置于温度为 $(40\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度为 $(93\pm 3)\%$ 的试验箱中，连续存放 2 天，然后取出置于环境温度下恢复。

检查是否有元器件过热、紧固件松动、绝缘损坏的现象；

待恢复 1 h~2 h 后，按照 5.6 的要求进行绝缘试验，其结果应符合 6.2.4 的要求。

## 7 检验规则

### 7.1 试验分类

产品试验一般分型式试验、出厂试验，试验项目见表 3。

### 7.2 出厂试验

装置的所有电器元件、仪器仪表等配套件，在组装前应检验其型号、规格等是否符合设计要求，并应具有出厂合格证明。

每台装置组装完成后均应进行出厂试验，出厂试验项目见表 3。试验合格后，填写试验记录并签发出厂合格证明。

每台装置中有一项指标不符合要求，即为不合格，应进行返工。返工后应进行复试，直至全部指标符合要求，方可签发出厂合格证明。



### 7.3 型式试验

型式试验可在一台装置上或相同设计、但不同规格的装置上进行。型式试验产品应是经出厂试验合格的产品。

在下列任一情况下应进行型式试验：

- a) 连续生产的产品每 5 年进行一次型式试验；
- b) 设计、制造工艺或主要元器件改变，应对改变后首批投产的合格品进行型式试验；
- c) 新设计投产（包括转厂生产）的产品，应在生产鉴定前进行产品定型型式试验。

型式试验项目见表3。

进行型式试验时，达不到表3中型式试验项目任何一项要求时，判定该产品不合格。

型式试验不合格，则该产品应停产。直到查明并消除造成不合格的原因，且再次进行型式试验合格后，方能恢复生产。

进行定型型式试验时，允许对产品的可调部件进行调整，但应记录调整情况。设计人员应提出相应的分析说明报告，供鉴定时判定。

表3 试验项目一览表

序号	项目		技术要求	试验方法	试验分类		
					型式试验	出厂试验	
1	结构检查		5.3	6.2.1	√	√	
2	性能要求	5.4	5.4	6.2.2.2	√	√	
		5.4	5.4	6.2.2.3	√	√	
		5.4	5.4	6.2.2.4	√		
		5.4	5.4	6.2.2.5	√		
		5.4	5.4	6.2.2.6	√		
		5.4	5.4	6.2.2.7	√		
3	温升试验		5.5	6.2.3	√		
4	绝缘试验	5.6.1	5.6.1	6.2.4.1	√	√	
		5.6.2	5.6.2	6.2.4.2	√	√	
		5.6.3	5.6.3	6.2.4.3	√		
5	电气间隙和爬电距离检验		5.7	6.2.5	√		
6	输出限流功能试验		4.2	6.2.6	√	√	
7	保护及告警功能试验		4.3	6.2.7	√	√	
8	电磁兼容 试验	5.8.1.1	5.8.1.1	6.2.8.1.1	√		
		5.8.1.2	5.8.1.2	6.2.8.1.2	√		
		5.8.1.3	5.8.1.3	6.2.8.1.3	√		
		5.8.1.4	5.8.1.4	6.2.8.1.4	√		
		浪涌（冲击）抗扰度试验		5.8.1.5	6.2.8.1.5	√	
		电磁骚扰特性试验		5.8.1.6	6.2.8.2	√	

## 8 标志、包装、运输、贮存

### 8.1 标志和随机文件

#### 8.1.1 铭牌

在产品铭牌上应标明：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 产品额定值（应至少包括额定电压、额定频率、额定容量、质量、防护等级等项目）；
- d) 制造商名称；
- e) 制造日期（或其代码）；
- f) 产品编号。

#### 8.1.2 随机文件

制造商应随机提供下列文件资料：

- a) 装箱清单；
- b) 安装与使用说明书；
- c) 产品合格证明。

### 8.2 包装与运输

产品包装与运输应符合GB/T 13384的规定。

产品运输、装卸过程中，不应有剧烈振动、冲击、不应倾倒倒置。

### 8.3 贮存

产品贮存应符合GB/T 3859.1—2013的规定。

附录 A  
(资料性附录)  
电流不平衡度计算方法

### A.1 幅值和相位均已知的情况

对于三相电流的幅值和相位均已知的情况下,可采用对称分量法计算不平衡电流及不平衡度,见公式 A.1~式 A.3 所示:

$$\begin{cases} I_0 = \frac{1}{3} |\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C| \\ I_1 = \frac{1}{3} |\dot{I}_A + \alpha \dot{I}_B + \alpha^2 \dot{I}_C| \\ I_2 = \frac{1}{3} |\dot{I}_A + \alpha^2 \dot{I}_B + \alpha \dot{I}_C| \end{cases} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$I_0$  —— 零序电流;

$I_1$  —— 正序电流;

$I_2$  —— 负序电流;

$\alpha$  —— 旋转因子,  $\alpha = e^{j120^\circ}$ 。

其中, 负序不平衡度  $\varepsilon_{I_2}$  计算如下:

$$\varepsilon_{I_2} = \frac{I_2}{I_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

零序不平衡度  $\varepsilon_{I_0}$  计算如下:

$$\varepsilon_{I_0} = \frac{I_0}{I_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

### A.2 幅值已知但相位不确定的情况

当三相电流相位未知的情况下,工程应用中常采用以下四种不平衡度计算方法,见公式 A.4~式 A.7:

$$\varepsilon_1 = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{I_{\text{mid}} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\max\{|I_A - I_{\text{ave}}|, |I_B - I_{\text{ave}}|, |I_C - I_{\text{ave}}|\}}{I_{\text{ave}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

$$\varepsilon_4 = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\text{ave}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

式中：

- $I_{\max}$  ——三相电流有效值中的最大值，单位为 A；  
 $I_{\min}$  ——三相电流有效值中的最小值，单位为 A；  
 $I_{\text{mid}}$  ——三相电流有效值中的中间值，单位为 A；  
 $I_{\text{ave}}$  ——三相电流有效值的平均值，单位为 A；  
 $I_A$ 、 $I_B$ 、 $I_C$  ——ABC 三相电流的有效值，单位为 A。

## 附录 B

(资料性附录)

## 并联型有源不平衡补偿装置补偿需量计算

## B.1 不平衡电流补偿需量计算

设补偿前三相负载电流为  $I_A$ 、 $I_B$ 、 $I_C$ ，补偿后以  $I_{av} = I'_A = I'_B = I'_C = \frac{1}{3}(I'_A + I'_B + I'_C)$  为目标，则补偿三相不平衡的电流需量为，见公式 B.1:

$$I_{UN} = \max \{ |I_A - I_{av}|, |I_B - I_{av}|, |I_C - I_{av}| \} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

亦可用负序电流和零序电流作为计算依据，此时的不平衡补偿电流需量为，见公式 B.2:

$$I_{UN} = \sqrt{I_2^2 + I_0^2} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

$I_2$  —— 负序电流，单位为 A;

$I_0$  —— 零序电流，单位为 A。

## B.2 无功电流补偿需量计算

无功电流补偿需量计算公式 B.3 为:

$$I_Q = \frac{P}{\sqrt{3}U_N} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

$I_Q$  —— 无功电流，单位为 A;

$\varphi_1$  —— 补偿前功率因数角;

$\varphi_2$  —— 补偿后功率因数角;

$P$  —— 有功功率，单位为 kW;

$U_N$  —— 电网标称电压，单位为 kV。

## B.3 总补偿电流需量计算

上述补偿电流需量均为正交关系，当无功、三相不平衡都需要补偿时，总的补偿电流需量计算方法，见公式 B.4 所示:

$$I_C = \sqrt{(I_{UN})^2 + (I_Q)^2} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

$I_C$  ——总的补偿电流需量，单位为 A；

$I_{UN}$  ——需补偿的三相不平衡电流，单位为 A；

$I_Q$  ——需补偿的无功电流，单位为 A。

---

中国电源学会 CPSS  
T/CPSS 团体标准