

ICS 29.240.01

F 20

备案号: 62426-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1796 — 2017

低压有源电力滤波器技术规范

Technical specification of low-voltage active power filter

2017-12-27 发布

2018-06-01 实施

国家能源局 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 一般要求	4
4.1 分类与命名	4
4.2 使用条件	5
4.3 装置额定值	6
5 技术要求	6
5.1 结构与外观	6
5.2 告警与保护功能	7
5.3 通信功能	8
5.4 防护等级	8
5.5 绝缘	8
5.6 电磁兼容	10
5.7 性能指标	10
5.8 电网适应性	11
5.9 噪声	12
5.10 温升	12
5.11 损耗	12
5.12 安全防护	12
6 试验	12
6.1 结构与外观检查	12
6.2 告警与保护功能试验	12
6.3 通信功能试验	14
6.4 防护等级试验	14
6.5 绝缘性能试验	14
6.6 电磁兼容试验	15
6.7 性能试验	16
6.8 电网适应性试验	19
6.9 噪声试验	19
6.10 温升试验	19
6.11 损耗试验	19
6.12 安全防护试验	20
7 检验规则	20
7.1 出厂试验	20
7.2 型式试验	20
7.3 验收试验	20

7.4 其他试验	20
7.5 试验项目	20
8 标志、包装、运输、贮存等要求	22
8.1 标志	22
8.2 随机成套件	22
8.3 包装与运输	22
8.4 贮存	22

前言

本标准按照 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。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电能质量及柔性输电标准化技术委员会(DL/TC 40)归口。

本标准起草单位：国网河南省电力公司电力科学研究院、全球能源互联网研究院、武汉科力源电气有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、中铁二院工程集团有限责任公司、南京灿能电力自动化有限公司、国网吉林省电力有限公司电力科学研究院、北京思源清能电气电子有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网黑龙江省电力有限公司电力科学研究院、国网冀北电力有限公司唐山供电公司、内蒙古电力科学研究院、广西电网有限责任公司电力科学研究院、南瑞集团中电普瑞科技有限公司。

本标准主要起草人：刘遵义、赵波、瞿李峰、李琼林、徐柏榆、邓云川、王巍、界金星、季建辉、张高峰、张明江、张建军、尹柏清、周柯、菅振宁、唐钰政。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号, 100761)。

低压有源电力滤波器技术规范

1 范围

本标准规定了低压有源电力滤波器（以下简称装置）的一般要求、技术要求、试验、检验规则及标志、包装运输和贮存等要求。

本标准适用于频率为 50Hz、额定电压为 1000V（或 1140V）及以下的低压配电系统，以及采用三相三线、三相四线电压源型逆变器结构的并联型电力滤波器。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 156—2007 标准电压

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则

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 7947 人机界面标志标识的基本和安全规则 导体颜色或字母数字标识

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波

GB/T 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡

GB/T 15576—2008 低压成套无功功率补偿装置

GB/T 16895.10—2010 低压电气装置 第 4-44 部分：安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护

GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义和试验要求

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 17626.12—2013 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验

GB/T 20641 低压成套开关设备和控制设备 空壳体的一般要求

GB/T 32507—2016 电能质量 术语

DL/T 1194—2012 电能质量术语

NB/T 41006—2014 低压有源无功综合补偿装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

有源电力滤波器 active power filter; APF

利用电力电子装置产生谐波电压或谐波电流,以抵消系统中的谐波电压或谐波电流的装置。

[GB/T 32507—2016, 定义 5.20]

注:根据实际需求,有源电力滤波器可兼顾无功、电压波动、三相不平衡等一种或多种补偿功能。

3.2

电压(电流)波形畸变 voltage (current) distortion

电压(电流)稳定状态发生波形畸变,不再保持理想的工频正弦变化波形。

[DL/T 1194—2012, 定义 3.6.1]

3.3

电压(电流)基波(分量) voltage (current) fundamental (component)

电压(电流)周期性交流量的傅立叶级数的一次分量。

[DL/T 1194—2012, 定义 3.6.4]

3.4

不平衡度 unbalance factor

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。

注:改写 GB/T 15543—2008, 定义 3.2。

3.5

谐波次数 harmonic order

h

谐波频率与基波频率的整数比。

[GB/T 14549—1993, 定义 3.5]

3.6

电压(电流)谐波(分量) voltage (current) harmonic (component)

电压(电流)周期性交流量的傅立叶级数式中阶次大于 1 的分量。

[DL/T 1194—2012, 定义 3.6.5]

3.7

谐波含有率 harmonic ratio

HR

周期性交流量中含有的第 h 次谐波分量的方均根值与基波分量的方均根值之比(用百分数表示)。

第 h 次谐波电压含有率以 HRU_h 表示,第 h 次谐波电流含有率 $HR I_h$ 表示。

[DL/T 1194—2012, 定义 3.6.13]

3.8

谐波含量(电压或电流) harmonic content (for voltage or current)

从周期性交流量中减去基波分量后所得的量。

[GB/T 14549—1993, 定义 3.6]

3.9

总谐波畸变率 total harmonic distortion

THD

谐波含量的方均根值对交流量的基波分量的方均根值之比,用百分数表示。

$$\text{THD}_u = \frac{U_H}{U_1} \times 100\%, \quad \text{THD}_i = \frac{I_H}{I_1} \times 100\% \quad (1)$$

$$U_H = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} (U_h)^2}$$

$$I_H = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} (I_h)^2}$$

式中:

U_H ——谐波电压含量的方均根值;

U_1 ——基波电压分量的方均根值;

I_H ——谐波电流含量的方均根值;

I_1 ——基波电流分量的方均根值;

U_h —— h 次谐波电压分量的方均根值;

I_h —— h 次谐波电流分量的方均根值。

注: 改写 GB/T 14549—1993, 定义 3.8。

3.10

单次谐波电流补偿率 single harmonic current compensation ratio

装置接入点处, 装置接入后电网侧被补偿的 h 次谐波电流量与装置接入前电网侧的 h 次谐波电流量之比, 用百分数表示。

$$K_h = \frac{I_h - I'_h}{I_h} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

I'_h ——接入装置后, 电网侧 h 次谐波电流的方均根值, A;

I_h ——接入装置前, 电网侧 h 次谐波电流的方均根值, A。

[NB/T 41006—2014, 定义 3.2]

3.11

总谐波电流补偿率 total harmonic current compensation ratio

装置接入点处, 接入装置后电网侧被补偿的总谐波电流量与接入装置前电网侧的总谐波电流量之比, 用百分数表示。

$$K_T = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2} - \sqrt{\sum_{h=2}^{50} I'^2_h}}{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

I'_h ——接入装置后电网侧 h 次谐波电流的方均根值, A;

I_h ——接入装置前电网侧 h 次谐波电流的方均根值, A。

注: 改写 NB/T 41006—2014, 定义 3.3。

3.12

响应 response

采样信号发生阶跃变化时装置的输出跟踪特性。响应指标包括指令生成时间、指令响应时间、补偿响应时间、镇定时间和过冲(超调量)等, 响应曲线参见图 1。

3.13

指令生成时间 instruction generate time

从采样信号开始突变至装置开始输出电气量所需要的时间, 见图 1。

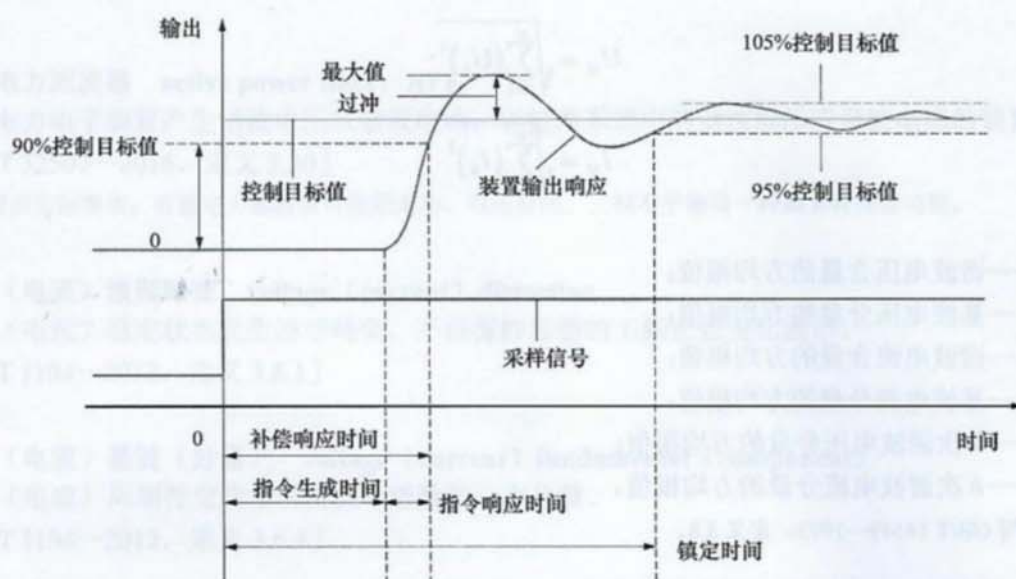


图1 低压有源电力滤波器的响应

3.14

指令响应时间 **instruction response time**

装置开始输出电气量至输出达到控制目标值的 90%所需要的时间, 见图 1。

3.15

补偿响应时间 **compensation response time**

从采样信号开始突变至装置输出达到控制目标值的 90%所需要的时间, 见图 1。补偿响应时间为指令生成时间与指令响应时间之和。

3.16

镇定时间 **settling time**

从采样信号发生阶跃变化开始至装置稳定输出达到控制目标值的 95%~105%范围内所用的时间, 见图 1。

3.17

过冲(超调量) **overshoot**

装置对采样信号阶跃变化响应过程中输出量的最大值与控制目标值的差值。反映了输出量偏离控制目标值的最大程度, 见图 1。

3.18

(周期量的) 峰值系数 **crest factor (of a periodic function); CF**

周期量的峰值与其方均根值之比。

注: 如正弦波形的峰值系数为 1.414。

[GB/T 32507—2016, 定义 2.1.49]

4 一般要求

4.1 分类与命名

4.1.1 产品分类

装置可按如下方式进行分类:

a) 按使用环境分类: 户内式、户外式。

- b) 按接线类别分类：三相三线制、三相四线制。
- c) 按结构形式分类：壁挂式、屏柜式、机架式。
- d) 按冷却方式分类：自然冷却式、强迫风冷式、水冷式。

4.1.2 型号命名

装置的全型号由产品名称、特征代码、接线类别、额定电压、额定电流、户内/户外六部分组成，其具体组成形式如图 2 所示。

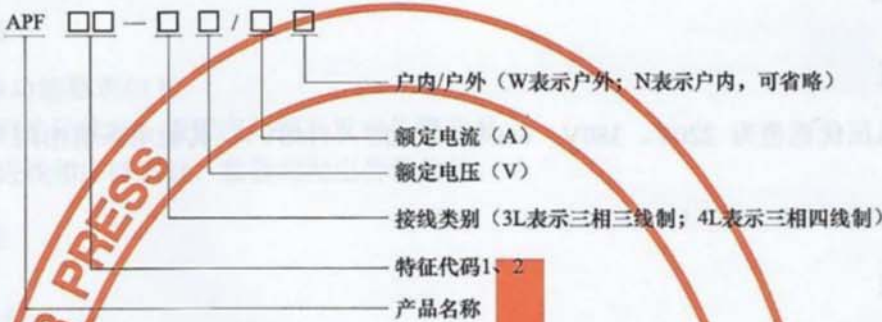


图 2 低压有源电力滤波器型号命名方法

特征代码由两个字母组成，表示装置的相关特征，具体内容见表 1。

表 1 装置的特征代码

特征代码 1			特征代码 2		
Z	Q	S	W	C	F
自然冷却	强迫风冷	水冷	壁挂式	屏柜式	机架式

4.2 使用条件

4.2.1 安装环境

安装环境主要包含以下指标：

- a) 海拔：安装点海拔不应超过 2000m（海拔超过 2000m 时，与之相关的温升限值、绝缘要求应予以修正）。
- b) 环境温度：户内装置为-5℃~+40℃；户外装置为-25℃~+55℃。
- c) 相对湿度：15%~90%。
- d) 抗污秽能力：在污秽度不超过Ⅲ级的环境中使用。
- e) 其他：安装场所应无剧烈的机械振动和冲击，应无易燃易爆物品，应无腐蚀、破坏绝缘的气体及导电介质，应无有害气体及蒸气，装置不应暴露在强电场和强磁场中。

4.2.2 电气环境

设计制造时，应考虑装置接入点的下述系统电气条件：

- a) 装置接入点的标称电压、频率及其变化范围。
- b) 接入点系统背景电能质量水平，包括电压变化范围（曲线）、谐波电压/电流、电压波动和闪变、三相电压不平衡度等。
- c) 接入点电网过电压保护水平。
- d) 接入点的系统中性点接地方式。

- e) 补偿对象(谐波源)的电能质量特性,电气主接线和主要电气设备的参数以及运行方式、相关治理设备类型及参数。
- f) 接入系统的相关继电保护配置、保护定值以及故障清除时间。

4.2.3 特殊环境

特殊使用条件由用户与制造商协商确定。

4.3 装置额定值

4.3.1 额定电压

装置额定电压优选值为 220V、380V、660V、1000V (1140V),其他电压值由用户与制造商协商确定。

注:参考 GB/T 156—2007 中 4.1。

4.3.2 额定电流

装置额定电流优选值为 50A、100A、150A、200A、300A、400A,其他电流值由用户与制造商协商确定。

4.3.3 额定频率

装置额定频率为 50Hz。

4.3.4 补偿谐波范围

装置的补偿谐波范围为 2 次~50 次谐波,特殊情况下由用户与制造商协商确定。

4.3.5 单次谐波输出电流值

装置单次谐波输出电流值不应小于表 2 中所列值。

表 2 装置单次谐波输出电流值

谐波次数 次	2~5	6~50
单次谐波输出电流值	I_N	I_N/h

注: I_N 为装置的额定电流。

5 技术要求

5.1 结构与外观

装置的结构设计、电气安装、电路布置应达到以下要求:

- a) 功率单元应采用模块化设计、散热良好。
- b) 导线连接应考虑信号干扰,符合 GB/T 16895.10—2010 中 444.4 的要求。
- c) 装置本体上应配备方便运行维护的操作、显示部件。
- d) 电阻、接触器等有可能更换的元部件,安装应便于运行、维护与更换。
- e) 组成装置的元器件、零部件、外购件和辅助装置应符合其本身技术条件,并附有产品合格证明。
- f) 装置必须具备可靠的接地端子、明确的接地标志及合适的安全警告标志。

- g) 铭牌参数标志清晰、数据准确。
- h) 装置的外壳应符合 GB/T 20641 的要求。
- i) 装置中所选用的指示灯和按钮的颜色应符合 GB/T 4025 的要求。
- j) 装置中所选用的导线及母线的颜色应符合 GB/T 7947 的要求。
- k) 装置内部元件的连接及结构设计应满足 GB/T 7251.1—2013 中 8.6 的规定。

5.2 告警与保护功能

5.2.1 告警功能

装置的告警功能要求如下：

- a) 当装置自检异常时，装置应闭锁并发出告警信号。
- b) 当装置进线相序错误时，装置应发出告警信号。

5.2.2 保护功能

5.2.2.1 过流保护

装置的过流保护功能要求如下：

- a) 器件过流保护：当流过功率器件的电流瞬时值超过功率器件的最大允许电流值时，保护应动作，装置停止输出，并发出故障提示信号。

注：器件过流保护可以由硬件实现，也可以由软件实现，保护定值一般根据功率器件的最大允许电流进行设置。

- b) 装置过流保护：当装置输出电流有效值持续超过保护定值时，保护应动作，装置停止输出，并发出故障提示信号。

注：保护定值一般为装置额定电流的 120%~150%，持续时间一般在 20ms~100ms 之间。

5.2.2.2 直流过压/欠压保护

当装置的直流侧电压高于允许的最高电压或低于允许的最低电压时，保护应动作，装置停止输出，并发出故障提示信号。

5.2.2.3 交流过压/欠压保护

当装置的交流侧电压高于允许的最高电压或低于允许的最低电压时，保护应动作，装置停止输出，并发出故障提示信号。

5.2.2.4 掉电或缺相保护

当装置的交流侧任一相电压低于允许的最低电压时，保护应动作，装置停止输出，并发出故障提示信号。

5.2.2.5 超温保护

当装置内部元件温度超过保护定值时，保护应动作，装置停止输出，并发出故障提示信号。

注：功率器件内部温度一般不宜超过 100℃，电抗器温度不宜超过 120℃。

5.2.2.6 不平衡电压超限保护

当装置的交流侧电压不平衡度持续超过保护定值，保护应动作，装置停止输出，并发出故障提示信号。

注：保护定值一般为 20%~50%，持续时间一般为 20ms~200ms。

5.2.2.7 二次设备故障保护

装置的二次设备故障保护功能要求如下：

- a) 控制系统故障保护：当控制系统故障或控制参数出现错误时，装置应停止输出，并发出故障提示信号。
- b) 驱动电路故障保护：当驱动电路故障时，装置应停止输出，并发出故障提示信号。
- c) 通信错误或断开保护：当出现通信错误或通信断开时，装置应停止输出，并发出故障提示信号。

5.2.2.8 一次回路故障切除保护

当装置一次回路出现故障时，装置应退出运行并从电网中切除，并发出故障提示信号。一次回路故障包括但不限于以下内容：

- a) 功率器件损坏。
- b) 散热系统故障。
- c) 主回路故障。

5.2.2.9 熔断保护

装置输出端应配备熔丝作为后备保护部件。当内部出现短路故障且失去控制时，熔丝应熔断，将装置从电网中断开。

5.3 通信功能

装置应具备 RS232 或 RS485/422 等标准通信接口。如有特殊要求，由用户与制造商协商确定。

5.4 防护等级

户内装置的防护等级不应低于 GB/T 4208 规定的 IP20 要求，户外装置的防护等级不应低于 GB/T 4208 规定的 IP44 要求。特殊情况下可按照 GB/T 4208 的相关要求选取。

5.5 绝缘

5.5.1 绝缘电阻

装置中带电回路之间、带电回路与裸露导电部件以及带电回路与地之间的绝缘，应采用相应绝缘电压等级（至少 500V）的绝缘测量仪器测量。测得的绝缘电阻按标称电压应至少为 $50\text{M}\Omega$ 。

5.5.2 工频耐受电压

对主电路及与主电路连接的辅助电路，其工频耐压试验值应符合表 3 的规定；不接至主电路的控制电路和辅助电路，其工频耐压的试验值应符合表 4 的规定。

表 3 主电路及与主电路连接的辅助电路工频耐受电压值

额定绝缘电压 U_i V	工频耐压试验值（交流方均根值） V
$U_i \leq 60$	1000
$60 < U_i \leq 300$	2000
$300 < U_i \leq 690$	2500
$690 < U_i \leq 800$	3000
$800 < U_i \leq 1000$ （含 1140）	3500

表4 不接至主电路的控制电路和辅助电路工频耐受电压值

额定绝缘电压 U_i V	工频耐压试验值 (交流方均根值) V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	$2U_i + 1000$, 但不小于 1500

5.5.3 冲击耐受电压

装置应能承受表5中冲击耐受试验电压值的冲击耐受电压试验。表5给出了装置标称电压与相应的额定冲击耐受电压值之间的关系 (海拔2000m), 表6给出了不同海拔下的冲击耐受试验电压值。

表5 额定冲击耐受电压值

交流或直流标称电压 导出线对中性点电压 (≤) V	标称电压 V		额定冲击耐受电压值 V
	三相四线中性点接地系统 (相电压/线电压)	三相三线系统	
100	66/115	66	2500
150	127/220	115, 120, 127	4000
300	220/380, 230/400, 240/415, 260/440, 277/480	220, 230, 240, 260, 277	6000
600	347/600, 380/660, 400/690, 415/720, 480/830	347, 380, 400, 415, 440, 480, 500, 577, 600	8000
1000		660, 690, 720, 830, 1000	12000

表6 不同海拔下的冲击耐受试验电压值

额定冲击耐受电压 U_{imp} V	不同海拔下的 $U_{1.2/50\mu s}$ 峰值 ^a kV				
	海平面	200m	500m	1000m	2000m
2500	2.919	2.874	2.808	2.785	2.500
4000	4.924	4.824	4.675	4.623	4.000
6000	7.386	7.236	7.013	6.935	6.000
8000	9.848	9.648	9.351	9.247	8.000
12000	14.772	14.473	14.026	13.870	12.000

^a 1.2/50 μs 的定义参考 GB/T 16927.1—2011 中 7.2.1: 波前时间 T_1 为 1.2 μs , 半峰值时间 T_2 为 50 μs 的标准雷电冲击全波。

5.5.4 电气间隙与爬电距离

装置内裸露带电体之间, 以及它们与外壳或对地之间的电气间隙和爬电距离不应小于表7中的规定值。

表7 额定绝缘电压 1kV 及以下的电气间隙与爬电距离

额定绝缘电压 U_i V	最小电气间隙 mm	最小爬电距离 mm
$U_i \leq 60$	5	5
$60 < U_i \leq 300$	6	10

表 7 (续)

额定绝缘电压 U_i V	最小电气间隙 mm	最小爬电距离 mm
$300 < U_i \leq 690$	10	14
$690 < U_i \leq 800$	16	20
$800 < U_i \leq 1000$ (或 1140)	18	24

5.6 电磁兼容

5.6.1 抗扰度水平

5.6.1.1 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 第 5 章中规定的试验等级为 3 级的空气放电试验。

5.6.1.2 承受射频电磁场辐射干扰的能力

装置应能承受不低于 GB/T 17626.3—2016 第 5 章中规定的试验等级为 3 级的射频电磁场辐射干扰试验。

5.6.1.3 承受电快速瞬变脉冲群干扰的能力

装置的电源、接地、信号和控制端口应能承受不低于 GB/T 17626.4—2008 第 5 章中规定的试验等级为 4 级的电快速瞬变脉冲群干扰试验。

5.6.1.4 承受浪涌（冲击）干扰的能力

装置的电源、接地、信号和控制端口应能承受 GB/T 17626.5—2008 第 5 章中规定的试验等级为 4 级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

5.6.1.5 承受振铃波干扰的能力

装置应能承受 GB/T 17626.12—2013 中规定的试验等级为 4 级的 100kHz 振铃波抗扰度试验。

5.6.2 电磁发射

5.6.2.1 传导骚扰限值

装置运行过程中，电源线及端子所产生的传导电压骚扰应符合 GB 4824—2013 第 6 章中规定的限值要求。

5.6.2.2 辐射骚扰限值

装置运行过程中，产生的电磁辐射骚扰应符合 GB 4824—2013 第 6 章中规定的限值要求。

5.7 性能指标

5.7.1 谐波电流补偿率

在装置的补偿能力范围内，负载电流峰值系数 $CF \leq 2.5$ 时，装置需补偿输出电流在 $(20\% \sim 100\%) I_N$ 范围内，装置的谐波电流补偿率应满足表 8 的要求。有特殊要求时，由用户与制造商协商确定。

表 8 低压有源电力滤波器谐波电流补偿率

补偿前电流总谐波畸变率 THD_i	总谐波电流补偿率 K_T	拟补偿的单次谐波电流补偿率 K_h
$THD_i \leq 30\%$	$K_T \geq 80\%$	$K_h \geq 80\%$
$30\% < THD_i \leq 50\%$	$K_T \geq 85\%$	
$THD_i > 50\%$	$K_T \geq 90\%$	
注：三相三线制有源电力滤波器应对 50 次以内的非零序性谐波电流进行补偿，三相四线制有源电力滤波器应对 50 次以内的各次谐波电流进行补偿。		

5.7.2 响应时间

装置的响应时间应满足：

- 补偿响应时间应不大于 20ms。有特殊要求时，由用户与制造商协商确定。
- 镇定时间应不大于 40ms。有特殊要求时，由用户与制造商协商确定。

5.7.3 负载能力

装置的负载能力应满足：

- 连续运行：装置在额定电流下能够长期连续运行。
- 过载运行：装置在 1.1 倍额定电流下能够连续运行 2h，在 1.15 倍额定电流下运行时间不少于 30s。

5.7.4 自动限流

装置应具备如下自动限流能力：

- 输出限流：当需要补偿电流大于装置额定电流时，装置的输出电流应自动限制在额定值内。
- 超温限流：装置内部功率单元温度达到告警设定值时，装置应自动调整输出电流。

5.7.5 自恢复功能

装置应具备如下自恢复功能：

- 当产生 5.2.2.1~5.2.2.6 保护功能的条件消除后，装置应能自动恢复至正常运行状态。
- 当产生 5.7.4 自动限流功能的条件消除后，装置应能自动恢复至正常运行状态。

5.7.6 输出电流的谐波控制能力

装置运行在基波无功运行模式，大于 20%额定容量稳定运行，装置的输出电流总谐波畸变率应不大于 5%。

注：装置输出电流的总谐波电流畸变率计算应包含 2 次~50 次谐波。

5.8 电网适应性

在表 9 所示的电网运行工况范围内，装置应能保持额定容量并网运行。

表 9 装置的电网适应性范围

电网参数	运行范围
频率	(50 ± 1) Hz
电压不平衡度	0~20%
电压偏差	$(90\% \sim 110\%) U_N$
电压波动	90%~110%额定电压范围内随机波动

5.9 噪声

装置正常运行时，距离装置表面各方向水平位置 1m 处测得的噪声不应大于 70dB（声压级）。

5.10 温升

装置输出额定电流下长期运行，装置各部位的极限温升见表 10。

表 10 温 升 限 值

部位名称		温升限值 K
内装元件		根据不同元件的有关要求，或根据制造厂的说明书（如有），考虑装置内的温度
用于连接外部绝缘导线的端子、内装元件与母线连接处		70
母线固定连接处	裸铜—裸铜	60
	铜搪锡—铜搪锡	65
	铜镀银—铜镀银	70
操作手柄	金属材料	15
	绝缘材料	25
可接近的外壳和覆板	金属材料	30
	绝缘表面	40
功率半导体器件		按各自元件标准规定

5.11 损耗

装置在额定电压下按基波无功模式运行，当输出额定电流时，其有功功率损耗应不大于装置额定视在功率的 3%。

5.12 安全防护

5.12.1 安全标识

连接装置和配电网的专用开关装置应有醒目标识。标识应标明“警告”“双电源”等提示性文字和符号。标识的形状、颜色、尺寸和高度按照 GB 2894 的相关要求执行。

5.12.2 防护与接地

装置的防护与接地应满足 GB/T 15576—2008 中 6.9 的相关要求。

6 试验

6.1 结构与外观检查

按照 5.1 的要求，用目测和仪器测量的方法进行检查。

6.2 告警与保护功能试验

6.2.1 告警功能

装置的告警功能试验如下：

- a) 根据厂家提供信息, 设定装置为自检不通过状态, 将装置上电, 检查是否具备自检告警功能。
- b) 将装置输入电压按照负序接入装置, 检查装置是否具备相序错误告警功能。

6.2.2 保护功能

6.2.2.1 过流保护

6.2.2.1.1 器件过流保护

装置的器件过流保护试验如下:

- a) 试验方法: 分为直接试验和间接试验两种:

- 1) 直接试验: 通过直接接入电网或功率源, 模拟装置实际运行工况, 测试装置的器件过流保护功能。

注: 功率源主要是用于建立装置的测试环境, 通过产生各类电压、电流的电能质量扰动, 实现装置实际运行工况的模拟, 包括电压源和电流源, 下同。

- 2) 间接试验: 通过模拟保护动作环境, 测试装置的器件过流保护功能。

- b) 试验判据: 保护应可靠动作并发出故障提示信号。

6.2.2.1.2 装置过流保护

装置过流保护试验如下:

- a) 试验方法: 分为直接试验和间接试验两种:

- 1) 直接试验: 通过直接接入电网或功率源, 模拟装置实际运行工况, 测试装置的过流保护功能。

- 2) 间接试验: 通过模拟保护动作环境, 测试装置的过流保护功能。

- b) 试验判据: 保护应可靠动作并发出故障提示信号。

6.2.2.2 直流过压/欠压保护

装置的直流过压/欠压保护试验如下:

- a) 试验方法: 分为直接试验和间接试验两种:

- 1) 直接试验: 通过直接接入电网或功率源, 模拟装置实际运行工况, 测试装置的直流过压/欠压保护功能。

- 2) 间接试验: 通过模拟保护动作环境, 测试装置的直流过压/欠压保护功能。

- b) 试验判据: 保护应可靠动作并发出故障提示信号。

6.2.2.3 交流过压/欠压保护

装置的交流过压/欠压保护试验如下:

- a) 试验方法: 分为直接试验和间接试验两种:

- 1) 直接试验: 通过直接接入电网或功率源, 模拟装置实际运行工况, 测试装置的交流过压/欠压保护功能。

- 2) 间接试验: 通过模拟保护动作环境, 测试装置的交流过压/欠压保护功能。

- b) 试验判据: 保护应可靠动作并发出故障提示信号, 保护恢复后应能自动恢复运行, 且不应有回差。

6.2.2.4 掉电或缺相保护

装置的掉电或缺相保护试验如下：

a) 试验方法：分为直接试验和间接试验两种：

- 1) 直接试验：通过直接接入电网或功率源，模拟装置实际运行工况，测试装置的掉电或缺相保护功能。
- 2) 间接试验：通过模拟保护动作环境，测试装置的掉电或缺相保护功能。

b) 试验判据：保护应可靠动作并发出故障提示信号，保护恢复后应能自动恢复运行，且不应有回差。

6.2.2.5 超温保护

装置的超温保护试验如下：

a) 试验方法：分为直接试验和间接试验两种：

- 1) 直接试验：通过直接接入电网或功率源，模拟装置实际运行工况，测试装置的超温保护功能。
- 2) 间接试验：通过模拟保护动作环境，测试装置的超温保护功能。

b) 试验判据：保护应可靠动作并发出故障提示信号，保护恢复后应能自动恢复运行。

6.2.2.6 不平衡电压超限保护

装置的不平衡电压超限保护试验如下：

a) 试验方法：分为直接试验和间接试验两种：

- 1) 直接试验：通过直接接入电网或功率源，模拟装置实际运行工况，测试装置的不平衡电压超限保护功能。
- 2) 间接试验：通过模拟保护动作环境，测试装置的不平衡电压超限保护功能。

b) 试验判据：保护应可靠动作并发出故障提示信号，保护恢复后应能自动恢复运行，且不应有回差。

6.2.2.7 二次设备故障保护

与制造商协商，模拟故障状态，测试二次设备故障保护功能。

6.2.2.8 一次回路故障切除保护

与制造商协商，模拟故障状态，测试一次回路故障切除保护功能。

6.2.2.9 熔断保护

检查熔断器的规格是否符合装置的设计要求。

6.3 通信功能试验

针对装置的 RS232 或 RS485/422 通信协议，检查通信内容是否准确下发和上传，验证通信功能是否满足 5.3 的要求。

6.4 防护等级试验

按照 GB/T 4208 的试验要求和规定的方法进行验证，装置的防护等级应不低于 5.4 的规定。

6.5 绝缘性能试验

6.5.1 绝缘电阻测试

按照 5.5.1 的要求进行绝缘电阻测量。

6.5.2 工频耐受电压试验

装置的工频耐受电压试验如下：

- a) 试验方法：装置进行工频耐压试验时，试验电压波形应近似正弦波，频率在 45Hz~65Hz 之间。应将功率模块断开后进行，按照 5.5.2 的规定施加试验电压，试验电压施加部位及要求如下：
 - 1) 主电路的所有带电部分（包括连接至主电路的控制电路和辅助电路）与外露可导电部分之间；
 - 2) 主电路不同电位的每个带电部分与连接在一起的外露可导电部分之间；
 - 3) 不接至主电路的控制电路和辅助电路与主电路、其他电路、外露可导电部分之间；
 - 4) 从 0.3 倍~0.5 倍全试验电压开始，在 10s~30s 内均匀地升高至全试验电压，并在该电压下保持 1min。
- b) 试验判据：试验过程中不发生击穿或放电现象，试验后装置应正常运行。

6.5.3 冲击耐受电压试验

装置的冲击耐受电压试验如下：

- a) 试验方法：装置进行冲击耐受电压试验时，试验电压为 1.2/50 μ s 的标准雷电冲击全波，试验电压施加部位及要求如下：
 - 1) 主电路的所有带电部分（包括连接至主电路的控制电路和辅助电路）与外露可导电部分之间；
 - 2) 主电路不同电位的每个带电部分与连接在一起的外露可导电部分之间；
 - 3) 不接至主电路的控制电路和辅助电路与主电路、其他电路、外露可导电部分之间。
 - 4) 试验过程中，不与主电路连接的辅助电路应接地。每极性至少各施压 3 次，两次试验间隔时间至少为 1s。
- b) 试验判据：试验后装置应无绝缘破坏，并应正常运行。

6.5.4 电气间隙与爬电距离测量

测量装置内裸露带电体之间，以及它们与外壳或对地之间的电气间隙和爬电距离应符合 5.5.4 的要求。

6.6 电磁兼容试验

6.6.1 抗扰度水平试验

6.6.1.1 静电放电抗扰度试验

装置的静电放电抗扰度试验如下：

- a) 试验方法：按照 GB/T 17626.2—2006 第 5 章中的规定，在正常工作条件下，按 1b 空气放电严酷等级 3 级的要求进行试验，正负极性放电各 10 次，放电保持时间至少为 5s，每次放电间隔至少为 1s。
- b) 试验判据：试验中装置人机界面不出现死机，控制按键、控制系统不出现损坏。试验后装置各项性能应符合 5.7 的要求。

6.6.1.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

装置的射频电磁场辐射抗扰度试验如下：

- a) 试验方法：按照 GB/T 17626.3—2016 中 5.2 的规定，在正常工作条件下，装置于射频电磁场

中,按严酷等级3级的要求进行试验。

- b) 试验判据: 试验中装置人机界面不出现死机, 控制按键、控制系统不出现损坏。试验后装置各项性能应符合 5.7 的要求。

6.6.1.3 电快速瞬变脉冲抗扰度试验

装置的电快速瞬变脉冲抗扰度试验如下:

- a) 试验方法: 按照 GB/T 17626.4—2008 第 5 章中的规定, 在正常工作条件下, 按下述要求进行试验:

- 1) 供电电源端口和保护接地端之间、信号输入输出端口之间、数据和控制端口与保护接地端之间按严酷等级 4 级, 施加试验电压峰值 4kV;
- 2) 通信线路施加试验电压峰值 2kV (耦合)。

脉冲群重复频率 5kHz, 每一极性试验时间 60s, 正负极各 3 次, 对上述两种情况同时有效。

- b) 试验判据: 试验中装置人机界面不出现死机, 控制按键、控制系统不出现损坏。试验后装置各项性能应符合 5.7 的要求。

6.6.1.4 浪涌(冲击)抗扰度试验

装置的浪涌(冲击)抗扰度试验如下:

- a) 试验方法: 按照 GB/T 17626.5—2008 中 5.2 的规定, 在正常工作条件下, 按下述要求进行试验:

- 1) 供电电源端口之间、供电电源端口和地之间、信号输入回路之间按严酷等级 4 级, 施加试验电压 4kV (共模)、2kV (差模);
- 2) 浪涌波形 1.2/50 μ s, 正负极各 5 次, 重复速率不超过 1 次/min。

- b) 试验判据: 试验中装置人机界面不出现死机, 控制按键、控制系统不出现损坏。试验后装置的各项性能应符合 5.7 的要求。

6.6.1.5 振铃波抗扰度试验

装置的振铃波抗扰度试验如下:

- a) 试验方法: 按照 GB/T 17626.12—2013 的规定开展相关试验。

- b) 试验判据: 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, 且试验后装置的各项性能应符合 5.7 的要求。

6.6.2 发射水平试验

6.6.2.1 传导发射试验

装置在额定电压和频率下正常工作, 试验频率为 9kHz~150kHz、150kHz~30MHz, 按照 GB 4824—2013 第 7 章中的规定进行发射水平试验。

6.6.2.2 辐射发射试验

装置在额定电压和频率下正常工作, 试验频率为 30MHz~1000MHz, 按照 GB 4824—2013 第 7 章中的规定进行发射水平试验。

6.7 性能试验

6.7.1 试验接线示意图

装置的性能测试试验接线示意图见图 3。

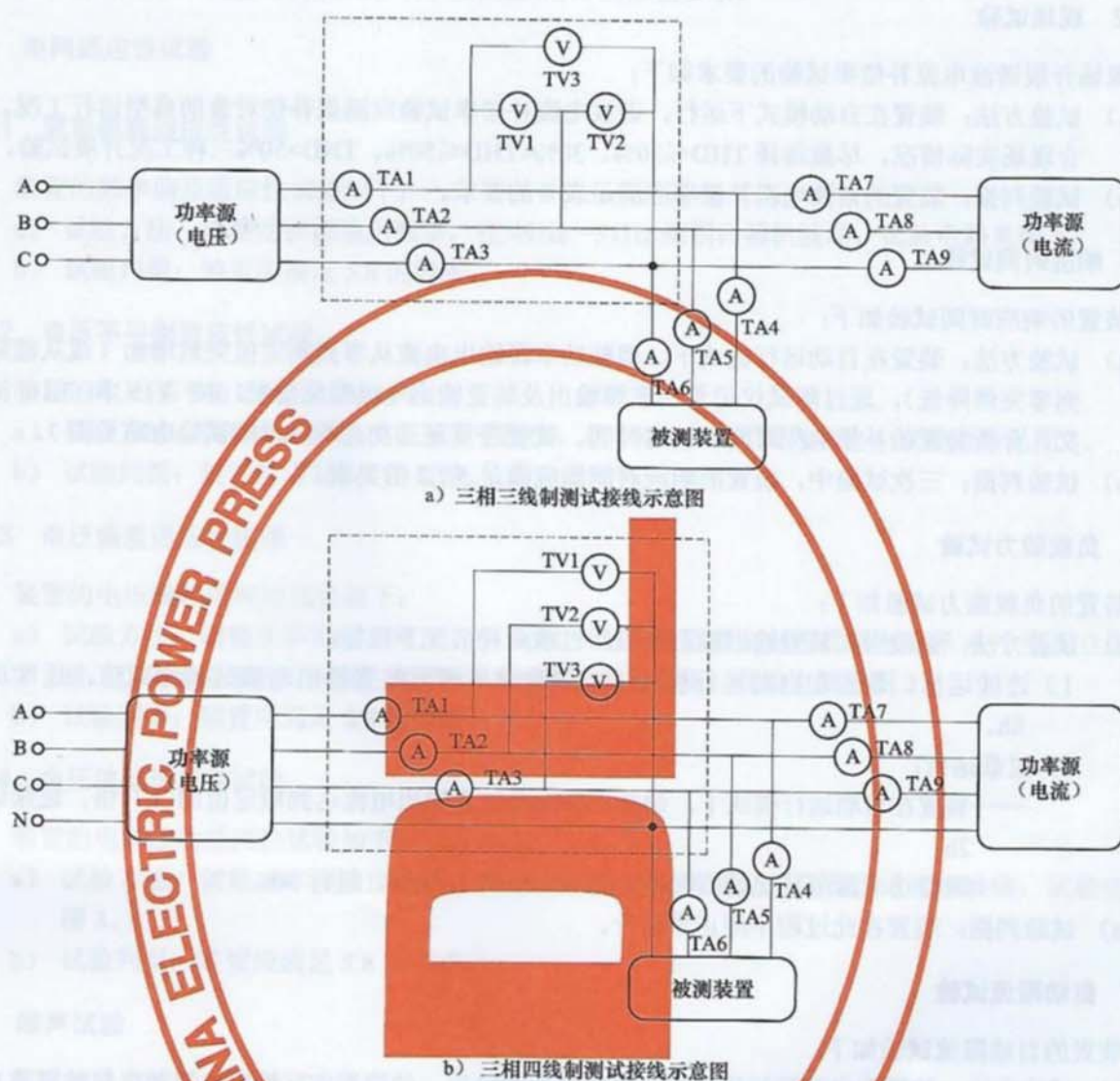


图3 谐波补偿性能试验电气接线示意图

6.7.2 谐波电流补偿率试验

6.7.2.1 实验室试验

实验室开展谐波电流补偿率试验的要求如下：

a) 试验方法：实验室开展谐波电流补偿率试验应包含单次谐波电流补偿试验和谐波电流叠加补偿试验，试验要求如下：

- 1) 试验电路如图3所示，装置在自动模式下运行，手动控制功率源输出谐波电流；
- 2) 单次谐波电流补偿试验至少选择奇次、偶次和最大补偿次数谐波，每一单次谐波电流补偿试验的谐波电流值分别按 $20\%I_N$ 、 $40\%I_N$ 、 $60\%I_N$ 开展三次试验；
- 3) 谐波电流叠加补偿试验应选择不少于5种不同次数谐波电流进行叠加，且总谐波电流有效值不少于三种情况。

b) 试验判据：装置的谐波电流补偿率应满足表8的要求。

6.7.2.2 现场试验

现场开展谐波电流补偿率试验的要求如下：

- a) 试验方法：装置在自动模式下运行，谐波电流补偿率试验应涵盖补偿对象的典型运行工况。结合现场实际情况，尽量选择 $\text{THD} \leq 30\%$ 、 $30\% < \text{THD} \leq 50\%$ 、 $\text{THD} > 50\%$ 三种工况开展试验。
- b) 试验判据：装置的谐波电流补偿率应满足表 8 的要求。

6.7.3 响应时间试验

装置的响应时间试验如下：

- a) 试验方法：装置在自动运行模式下，调整功率源输出电流从零到额定值突然增加（或从额定值到零突然降低），通过测试仪记录功率源输出及装置输出电流变化情况，按 3.15 和 3.16 的定义，分析装置的补偿响应时间和锁定时间。试验应重复三次，响应时间试验电路见图 3。
- b) 试验判据：三次试验中，装置的响应时间均应满足 5.7.2 的要求。

6.7.4 负载能力试验

装置的负载能力试验如下：

- a) 试验方法：试验应在装置输出额定电流和过载两种情况下进行：
 - 1) 连续运行：装置在自动运行模式下，调整功率源至装置输出电流达到额定值，连续运行 8h。
 - 2) 过载运行：
 - 装置在自动运行模式下，调整功率源至装置输出电流达到额定值的 1.1 倍，连续运行 2h；
 - 调整功率源至装置输出电流达到额定值的 1.15 倍，运行 30s。
- b) 试验判据：装置在此过程中应正常运行。

6.7.5 自动限流试验

装置的自动限流试验如下：

- a) 试验方法：装置在自动运行模式下，调整功率源输出，使装置实际输出电流超出自动限流功能的限定值，试验电路见图 3。
- b) 试验判据：当功率源输出电流超出装置自动限流功能的限定值时，装置应自动按照限定值输出。

6.7.6 自恢复功能试验

装置的自恢复功能试验如下：

- a) 试验方法：装置在自动运行模式下，改变功率源输出，模拟过压、欠压或不平衡等故障，等待装置进入保护状态；改变功率源输出，恢复到正常状态，等待 5min，检查装置是否自动恢复到自动运行模式，试验电路见图 3。
- b) 试验判据：按照 5.7.5 的相关要求检验装置的保护自动恢复能力。

6.7.7 输出电流的谐波控制能力试验

装置的输出电流的谐波控制能力试验如下：

- a) 试验方法：装置在额定电压下，大于 20% 额定容量，工频稳定运行，测定装置的谐波电流总畸变率水平。

b) 试验判据：装置的谐波发射水平应满足 5.7.6 的限值要求。

6.8 电网适应性试验

6.8.1 频率偏差适应性试验

装置的频率偏差适应性试验如下：

- a) 试验方法：调整功率源输出频率，在 49Hz~51Hz 范围内随机波动，试验电路见图 3。
- b) 试验判据：装置应满足 5.8 的要求。

6.8.2 电压不平衡适应性试验

装置的电压不平衡适应性试验如下：

- a) 试验方法：调整功率源输出电压不平衡度，在 0%~20% 范围内变化，试验电路见图 3。
- b) 试验判据：装置应满足 5.8 的要求。

6.8.3 电压偏差适应性试验

装置的电压偏差适应性试验如下：

- a) 试验方法：调整功率源输出电压，在 90%~110% 装置额定电压范围内选择 4 个电压点进行测量，优先选取 90%、95%、105%、110% 装置额定电压，试验电路见图 3。
- b) 试验判据：装置应满足 5.8 的要求。

6.8.4 电压波动适应性试验

装置的电压波动适应性试验如下：

- a) 试验方法：调整功率源输出电压，在 90%~110% 装置额定电压范围内随机波动，试验电路见图 3。
- b) 试验判据：装置应满足 5.8 的要求。

6.9 噪声试验

装置的噪声试验如下：

- a) 试验方法：装置在额定电压、额定容量下正常运行，分别在其前、后、左、右各 1m，距地面高度 1.5m 处用声级计测量（A 声级分贝）装置的噪声。
- b) 试验判据：测试结果应满足 5.9 的要求。

6.10 温升试验

装置的温升试验如下：

- a) 试验方法：分别设定装置在工频条件下感性额定容量和容性额定容量运行，检测装置内部及连接点的温度（按表 10 中内容设置测温点），当温度变化连续 2h 不超过 1K/h 时，认为温度达到稳定。
- b) 试验判据：最大温升应满足 5.10 的要求。

6.11 损耗试验

装置的损耗试验如下：

- a) 试验方法：分别设定装置在工频条件下感性额定容量和容性额定容量运行，试验电路见图 3。测量装置的有功功率、无功功率，装置损耗取两种运行工况下的平均值。

b) 试验判据：试验结果应满足 5.11 的要求。

6.12 安全防护试验

6.12.1 安全标识

通过现场检查的方式，按照 GB 2894 的要求检查相关的安全标识。

6.12.2 防护与接地

按照 GB/T 15576—2008 中 7.6 的方法开展试验测试。

7 检验规则

7.1 出厂试验

由制造商对生产的每个产品进行产品质量检测，产品合格后出厂并发给质量合格证明书。出厂试验项目见表 11。

7.2 型式试验

当装置具有下列情况之一时，应委托有资质的检测机构进行型式试验，并出具型式试验报告，型式试验项目见表 11：

- a) 新产品的定型；
- b) 已定型产品转厂生产；
- c) 正式生产后，设计、结构、工艺、材料或元器件有较大改变，可能影响产品性能；
- d) 出厂试验结果与上次型式试验有较大的差异；
- e) 连续生产的产品距上次型式试验满 5 年应重新开展型式试验；
- f) 国家质量监督部门提出型式试验要求。

7.3 验收试验

新安装的装置在正式投运前应进行现场性能试验，验收试验项目见表 11。

7.4 其他试验

已投运的装置，用户根据实际情况可开展周期性能检测，当装置出现异常、在大修、改造或更换设备后可开展其他补充试验，相关试验项目可参考型式试验。

7.5 试验项目

试验项目见表 11。

表 11 试 验 项 目

序号	试验项目		出厂 试验	型式 试验	验收 试验	本标准条款	
						要求	试验
1	结构与外观检查		●	●	●	5.1	6.1
2	告警与保护 功能试验	告警功能	●	●	○	5.2.1	6.2.1
3		过流保护	●	●	○	5.2.2.1	6.2.2.1
4		直流过压/欠压保护	●	●	○	5.2.2.2	6.2.2.2

表 11 (续)

序号	试验项目	出厂 试验	型式 试验	验收 试验	本标准条款	
					要求	试验
5	告警与保护 功能试验	●	●	○	5.2.2.3	6.2.2.3
6		●	●	○	5.2.2.4	6.2.2.4
7		●	●	○	5.2.2.5	6.2.2.5
8		●	●	○	5.2.2.6	6.2.2.6
9		●	●	○	5.2.2.7	6.2.2.7
10		●	●	○	5.2.2.8	6.2.2.8
11		●	●	○	5.2.2.9	6.2.2.9
12	通信功能试验	●	●	○	5.3	6.3
13	防护等级试验	○	●	○	5.4	6.4
14	绝缘性能试验	●	●	●	5.5.1	6.5.1
15		●	●	○	5.5.2	6.5.2
16		○	●	○	5.5.3	6.5.3
17		○	●	○	5.5.4	6.5.4
18	电磁兼容试验	○	●	○	5.6.1.1	6.6.1.1
19		○	●	○	5.6.1.2	6.6.1.2
20		○	●	○	5.6.1.3	6.6.1.3
21		○	●	○	5.6.1.4	6.6.1.4
22		○	●	○	5.6.1.5	6.6.1.5
23		○	●	○	5.6.2.1	6.6.2.1
24		○	●	○	5.6.2.2	6.6.2.2
25	性能试验	●	●	●	5.7.1	6.7.2
26		●	●	○	5.7.2	6.7.3
27		●	●	○	5.7.3	6.7.4
28		●	●	○	5.7.4	6.7.5
29		●	●	○	5.7.5	6.7.6
30		○	●	○	5.7.6	6.7.7
31	电网适应性 试验	○	●	○	5.8	6.8.1
32		○	●	○	5.8	6.8.2
33		○	●	○	5.8	6.8.3
34		○	●	○	5.8	6.8.4
35	噪声试验	○	●	○	5.9	6.9
36	温升试验	●	●	○	5.10	6.10
37	损耗试验	○	●	○	5.11	6.11
38	安全防护试验	○	●	●	5.12.1	6.12.1
39		○	●	●	5.12.2	6.12.2

注：●为应做项目，○为可选做项目。

8 标志、包装、运输、贮存等要求

8.1 标志

产品应有铭牌或相当于铭牌的标志，铭牌应符合 GB/T 13306 的要求，且铭牌应包含以下内容：

- a) 制造厂名称和（或）商标；
- b) 产品型号和名称；
- c) 产品额定值（应包括额定电压、额定频率、额定电流、防护等级等项目）；
- d) 制造日期；
- e) 出厂编号；
- f) 外观尺寸，其顺序为高度、宽度（或长度）、深度；
- g) 质量。

8.2 随机成套件

8.2.1 随产品供应的文件

产品应配套供应以下文件：

- a) 产品合格证；
- b) 安装与使用说明书，说明书应符合 GB/T 9969 的要求；
- c) 装箱清单。

8.2.2 随产品供应的配套件

随产品供应的配套件应在相关文件中注明，一般包括：

- a) 易损零部件及易损元器件；
- b) 产品附件；
- c) 合同中规定的备品、备件。

8.3 包装与运输

装置包装与运输应符合 GB/T 13384 的要求。

产品运输、装卸过程中，不应有剧烈振动、冲击，不应倾倒放置。

8.4 贮存

装置不得曝晒或淋雨，应存放在空气流通，周围介质温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ ，空气最大相对湿度不超过 90%（空气温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 时），无腐蚀性气体、火灾及爆炸性物质的室内。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
低压有源电力滤波器技术规范
DL/T 1796—2017

*

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>)
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

*

2019年5月第一版 2019年5月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 45千字
印数 001—500册

*

统一书号 155198.1389 定价 27.00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



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 **最及时、最准确、最权威** 的电力标准信息



155198.1389