

团体标准

CET

CET

高压有源电力滤波器装置技术规范

Technical specifications of high voltage active power filter

(意见征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国电力技术市场协会 发布

目 次

引 言	III
前 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 使用条件	2
5 通用技术条件	2
6 技术要求	4
6.2 结构与外观	5
6.3 测控与保护	5
6.4 通信	6
6.5 防护等级	7
6.6 绝缘性能	7
6.7 电磁兼容	7
6.8 性能指标	8
6.9 系统适应性	9
6.10 噪声	9
6.11 温升	9
6.12 损耗	10
6.13 安全防护	10
7 试验项目	10
7.1 型式试验	10
7.2 例行试验	10
7.3 现场试验	10
7.4 其他试验	10
7.5 试验项目	10
8 试验方法	12
8.1 外观与结构检查	12
8.2 测控与保护试验	12
8.3 通信试验	14
8.4 防护等级试验	14
8.5 绝缘性能试验	14
8.6 电磁兼容试验	14
8.7 性能试验	15
8.8 适应性试验	17

8.9 噪声试验17

8.10 温升试验 18

8.11 损耗试验18

8.12 安全防护试验 18

8.13 功率单元耐久性试验（特殊试验） 18

9 标志和资料附件 18

 9.1 标志标识18

 9.2 资料18

10 包装和运输要求 19

 10.1 包装19

 10.2 运输19

附录 A 编制说明 20

引 言

1. 标准起源

本标准起源于有源电力滤波器的设计、研发、制造等过程的技术规范。

2. 依托工程

本标准依托嘉兴禾海风电工程，该工程在嘉兴禾海风电场陆上计量站建设一套 35 千伏有源电力滤波器，结合有源电力滤波器的设计、研发、制造和投产运行，制定本标准。

3. 应用场景

本标准提到的有源电力滤波器主要应用于风电、光伏电源等新能源电站，换流站，轨道交通，以及化工、炼钢等非线性电力用户的谐波治理。

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准文件的结构和起草规则》的规定起草。

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

本文件由中国电力技术市场协会提出并归口。

本文件由中国电力技术市场协会标准化技术委员会负责解释。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件是首次制定。

高压有源电力滤波器装置技术规范

1 范围

本文件规定了高压有源电力滤波器装置的使用条件、通用技术条件、技术要求、试验项目、试验方法、标志、包装和运输等。

本文件适用于标称电压 10kV 及以上，额定频率 50Hz 的交流电力系统中，用于改善电能质量的有源电力滤波器装置。

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 156-2017 标准电压

GB311.1 绝缘配合 第1部分定义、原则和规则

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB 4824 工业、科学和医疗（ISM）射频设备 骚扰特性 限值和测量方法

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 4026—2019 人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子、导体终端和导体的标识

GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第一部分：总则

GB/T 10233—2016 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法

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—2020 低压成套无功功率补偿装置

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—2018 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 射频磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4—2018 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—2019 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 13306-2011 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 22582—2008 电力电容器 低压功率因数补偿装置

GB/T 32507—2016 电能质量术语

GB 50260—2013 电力设施抗震设计规范

NB/T 42057—2015 低压静止无功发生器

DL/T 379—2010 低压晶闸管投切滤波装置技术规范

DL/T1796-2017 低压有源电力滤波器技术规范

3 术语和定义

3.1 有源电力滤波器 active power filter

有源电力滤波器，是通过采集系统谐波电流，快速计算并提取各次谐波电流的含量，产生谐波电流指令，通过功率器件产生与谐波电流幅值相等、方向相反的补偿电流，实现对系统谐波电流的动态补偿。

3.2 接口电抗器 interface reactor

连接于滤波装置与交流电网之间，为滤波装置与交流电网间电能传输提供通路的电抗器。

3.3 接口变压器 interface transformer

连接于滤波装置与交流电网之间，为滤波装置与交流电网间传输电能的电抗器。

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

装置接入点处，接入装置后电网侧倍补偿的总谐波电流量于接入装置前电网侧的总谐波电流量之比，用百分数表示。

4 使用条件

4.1 通用使用条件

安装环境主要包含以下指标：

- a) 大气压力与海拔：大气压力 80kPa~110kPa；海拔 1000m 及以下（海拔超过 1000m 时，与之相关的温升限值、绝缘要求应予以修正，由用户与制造商协商确定）。
- b) 环境温度：户内装置为-5℃~+40℃；户外装置为-25℃~+55℃。
- c) 相对湿度：月平均湿度 15%~90%。
- d) 抗污秽能力：在污秽度不超过 D1 级的环境中使用。
- e) 抗震其他：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，应无有害气体及蒸汽，装置不应暴露在强电场和强磁场中。

4.2 特殊使用条件

特殊条件下使用时，由制造方和购货方协商确定。

5 通用技术条件

5.1 装置命名

装置的命名型号由类别代号、特征代号、设计序号、额定电流、额定电压共五部分组成。其具体组成形式如图 5.1 所示。

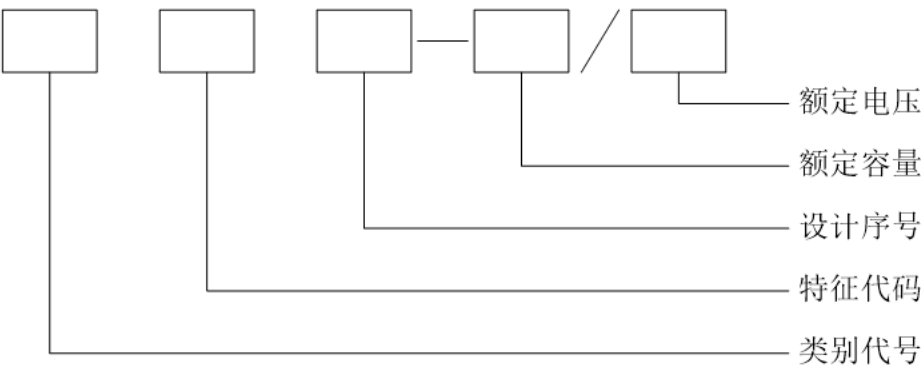


图 5.1 装置命名型号组成形式

类别代号用三个字母 APF 组成，表示本装置为有源电力滤波器装置。
特征代号用三个字母组成，表示装置的有关特征。具体内容见表 5.1。

表 5.1 装置的特征代码

第一个字母				第二个字母					第三个字母	
S	D	Y	Δ	N	A	W	M	O	N	W
单相	两相	三相星型	三相三角型	自然冷却	强迫风冷	水-水冷却	水-风冷却	风-水冷却	户内	户外

5.2 装置规格、接线方式与功能结构

5.2.1 装置规格

按照额定电压、额定电流、安装场所（户内/户外）、冷却方式（风冷/水冷）等确定装置规格。

5.2.2 接线方式

装置电路原理如图 5.2 所示，主要由滤波装置、接口电抗器、接口变压器(可选)及其他辅助设备（如并网开关、控制与监测设备、冷却装置）等组成。

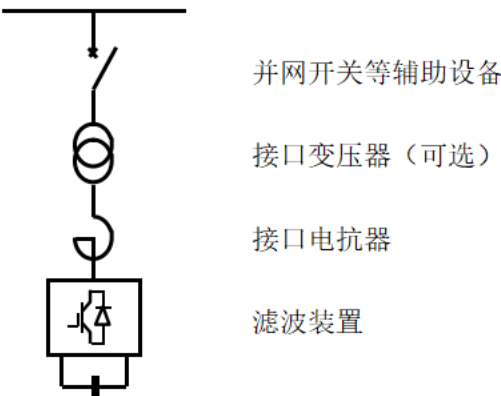


图 5.2 装置电路原理图

5.2.3 功能结构

装置功能结构主要包括：控制部分、功率部分、充电部分和冷却部分（水冷设备包括水冷机组和散热器，风冷设备包括冷却风机）等。

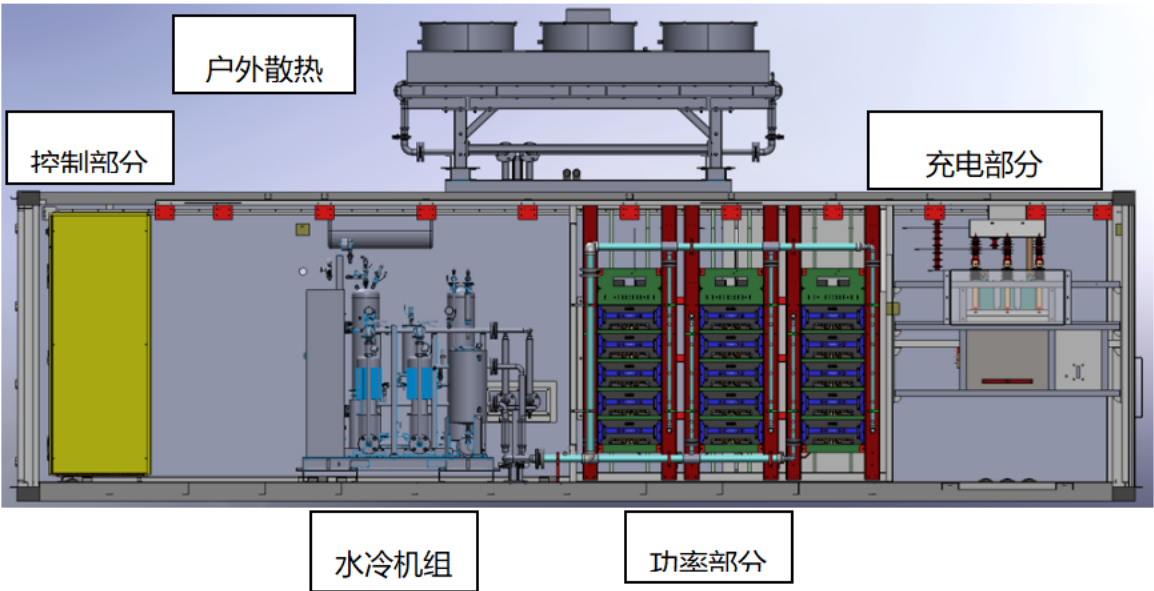


图 5.3 装置功能结构图

功率部分内部电路主要由 H 桥功率模块串联构成。

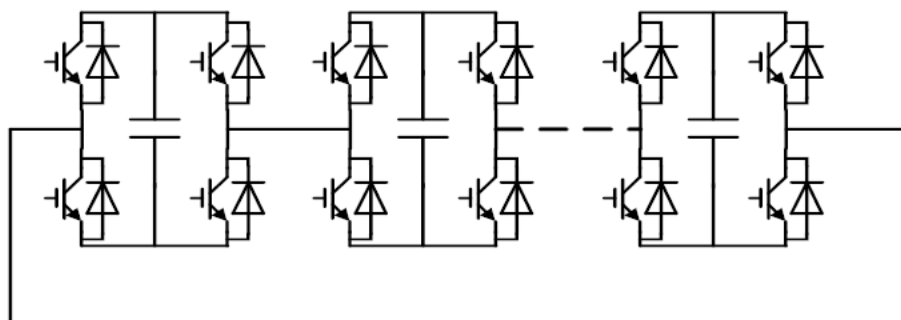


图 5.4 装置内部电路图

5.3 装置额定值

5.3.1 额定电压

装置额定电压优选值为：10kV、20kV、35kV、110kV、220kV。

电压波动范围在额定电压的 90%~110%。

特殊要求由制造方和购货方协商确定。

5.3.2 额定电流

装置额定电流优选值为：400A、600A、1000A、1600A、2000A。

特殊要求由制造方和购货方协商确定。

5.3.3 额定频率

装置额定频率为 50Hz，频率偏差：±2.5Hz。

5.3.4 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。

5.3.5 采样精度

电压和电流采样相对误差均不大于 0.5%。

6 技术要求

6.1 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：

- 装置接入点的标称电压、频率及其变化范围。
- 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。
- 接入点电网过电压保护水平。
- 接入点的系统中性点接地方式。
- 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反射光、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。

6.2 结构与外观

装置的结构设计、电气安装、电路布置应满足如下要求：

- a) 功率单元应采用模块化设计、散热良好。
- b) 导线连接应考虑电磁干扰影响，符合 GB/T 16895.10—2021 中的 444.4 要求。
- c) 装置控制部分应配置便于运维的操作、显示部件。
- d) 电阻、接触器等易损件的拆装应满足运维要求。
- 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和条件，并附有产品合格证明，所有部件应具备第三方型式试验报告。
- f) 装置应具备可靠的接地端子、明确的接地标志及合适的安全告警标志。
- 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 中的 8.6 的规定。

6.3 测控与保护

6.3.1 遥测、遥信、遥控、故障录波功能

- a) 遥测功能：测量显示装置补偿点的工频电压、电流，谐波电压、电流等。
- b) 遥信功能：显示装置运行状态，开关位置等信号。
- c) 遥控功能：可远方控制装置启动、停机、紧急停机等。
- d) 设备应具备故障自动录波功能，能够对设备故障前后电网电压和输出电流等重要信号进行自动录波，便于故障分析判断。
- e) 设备应具备运行事件和数据自动存储记录功能，能够自动存储一年以上运行数据，便于查询设备历史运行情况。

6.3.2 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。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。

6.3.3 直流过/欠压保护

当装置的直流侧电压高于允许值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。

6.3.4 交流过欠压保护

当装置的交流侧电压高于允许值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。

6.3.5 掉电与缺相保护

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。

6.3.6 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。

6.3.7 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时，保护应动作，装置停止输出，并发出故障提示信号。

6.3.8 一次设备故障保护

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) 主回路故障。
- b) 功率器件损坏。
- c) 充电部分故障。
- d) 散热系统故障。

6.3.9 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。

装置的二次设备故障保护典型配置参数如表 6.1 所示：

表 6.1 装置二次设备故障保护典型配置参数表

保护名称	保护阈值	保护延时
输入 I 段过压报警	1.15pu	3min
输入 II 端过压保护	1.35pu	10s
输入 III 段过压保护	1.4pu	20ms
输入 I 段欠压报警	0.7pu	3s
输入 II 段欠压保护	0.5pu	1s
输入 III 段欠压保护	0.2pu	650ms
输入电压不平衡保护	0.2pu	3s
输出 I 段过流报警	1.1pu	3min
输出 II 段过流保护	1.2pu	100ms
输出瞬时值闭锁保护	2.3pu	—
输出瞬时值跳闸保护	2.5pu	—

6.4 通信

装置应具备通过 RS232、RS485 或网线通讯方式，以 Modbus_RTU、Modbus_TCP/IP 或 IEC104 等协议标准对外通讯。

6.5 防护等级

户内装置的防护等级不应低于 GB/T 4208 规定的 IP31 要求，户外装置的防护等级不应低于 GB/T 4208 规定的 IP43 要求，沿海地区防盐雾等级应达到 II 级以上盐雾防护要求。

6.6 绝缘性能

6.6.1 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的绝缘测量仪器测量。测得的绝缘电阻按标称电压应不小于 $50M\Omega$ 。

6.6.2 工频耐压

相对地绝缘、相间绝缘的工频耐受电压应符合 GB311.1 的规定。开展耐压试验时，功率模组应连接成等电位。

6.6.3 雷电冲击耐压

装置内的元器件应符合产品标准规定，正常使用条件下，应保持电气间隙和爬电距离。

装置内不同极性 or 不同相的裸露带电体之间以及与地之间的电气间隙和爬电距离，装置应符合 GB/T 110221 的规定。

6.7 电磁兼容

6.7.1 发射水平

装置发射水平应满足 GB/T17799.4 的规定。

6.7.2 承受射频电磁场辐射干扰的能力

装置应能承受 GB/T 17626.3 中第 5 章规定的试验等级为 III 级的射频电磁场辐射干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

6.7.3 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 中第 5 章规定的严酷等级为 IV 级的电快速瞬变脉冲群干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

6.7.4 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 中第 5 章规定的严酷等级为 IV 级的静电放电干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

6.7.5 承受浪涌干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 17626.5 中第 5 章规定的严酷等级为 IV 级的浪涌干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

6.7.6 承受射频场感应的传导骚扰干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 17626.6 中第 5 章规定的严酷等级为 III 级的射频场感应的传导骚扰干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

6.7.7 承受电压暂降干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 17626.11 中第 5 章规定的严酷等级为 IV 级的

静电放电干扰试验，抗干扰能力为A级。

6.7.8 承受阻尼振荡波干扰的能力

装置应能承受GB/T 17626.18中第5章规定的严酷等级为III级的阻尼振荡波干扰试验，抗干扰能力为A级。

6.7.9 承受工频磁场干扰的能力

装置应能承受GB/T 17626.8中第5章规定的严酷等级为V级的工频磁场干扰试验，抗干扰能力为A级。

6.7.10 承受脉冲磁场干扰的能力

装置应能承受GB/T 17626.9中第5章规定的严酷等级为V级的脉冲磁场干扰试验，抗干扰能力为A级。

6.7.11 承受阻尼振荡磁场干扰的能力

装置应能承受GB/T 17626.10中第5章规定的严酷等级为V级的阻尼振荡磁场干扰试验，抗干扰能力为A级。

6.7.12 承受振铃波干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受GB/T 17626.12中第5章规定的严酷等级为IV级的电快速瞬变脉冲群干扰试验，抗干扰能力为A级。

6.8 性能指标

6.8.1 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) ≤ 2.5 时，装置需补偿输出电流在(20~100%) I_N 范围内，装置的谐波电流补偿率应满足表 6.2 要求，有特殊要求时，由用户与制造商协商。

表 6.2 高压有源电力滤波器谐波电流补偿率

谐波次数	谐波电流补偿率 (K_T)
$H \leq 13$	$K_T \geq 80\%$
$13 < H \leq 25$	$K_T \geq 70\%$

6.8.2 负载能力

装置的负载能力应满足：

a) 连续运行

装置在额定电流下能够长期连续运行。

b) 过载运行

装置在 1.1 倍额定电流下能够连续运行 2 小时，在 1.2 倍额定电流下运行时间不低于 100ms。

6.8.3 自动限流

装置应具备如下自动限流能力：

a) 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。

b) 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。

6.8.4 自恢复

装置应具备如下自恢复功能：

- a) 当产生 6.3.2~6.3.7 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。
b) 当产生 6.8.3 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。

6.9 系统适应性

在表 6.3 所示的电网运行工况范围内, 装置应能保持并网运行。

表 6.3 装置的电网适应性范围

电网参数	运行范围
频率	50±2.5Hz
电压不平衡度	0~20%
电压偏差	(90%~110%) U_N
电压波动	90%~110%额定电压范围内随机波动

6.10 噪声

装置正常运行时, 距离装置表面各方向水平位置 1 米处, 测得的噪声不应大于 80dB (声压级)。

6.11 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 6.4。控制部分、功率部分、充电部分和冷却部分。

表 6.4 装置温升限值

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 (如有的话) 根据制造厂的说 明书, 考虑装置内的温度
油浸变压器 (字母代号为 O) 绕组		65
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
干式变压器 (电抗器)	绕组 A 级绝缘	60
	绕组 B 级绝缘	80
	绕组 C 级绝缘	100
	绕组 D 级绝缘	125
	铁芯	在任何情况下不出现使铁芯本身、其他部件或与其相邻的材 料受到损害的程度
操作手柄	金属的	15
	绝缘材料	25
可接近的外壳和覆板	金属表面	30
	绝缘表面	40

功率器件	按各自元件标准规定
------	-----------

6.12 损耗

装置输出额定电流时，其有功功率损耗应不大于装置额定视在功率的 3%。

6.13 安全防护

- a) 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、尺寸和高度参照 GB 2894 的相关要求。
- b) 装置的防护与接地应满足 GB/T 15576—2020 中 6.9 的相关要求。

7 试验项目

7.1 型式试验

当装置具有下列情况之一时，应委托具有资质的机构进行型式试验，并出具型式试验报告，型式试验项目见表 7.1。

- 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。

7.2 例行试验

由制造商对生产的每个产品进行质量检测，产品合格后出厂并发给质量合格证明书，例行试验项目见表 7.1。

7.3 现场试验

新安装的装置在投运前应进行现场性能试验，验收项目见表 7.1。

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性能检测，当装置出现异常、大修、技改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

表 7.1 试验项目

序号	试验项目		例行 试验	型式 试验	现场 试验	本标准条款	
						要求	试验
1	结构与外观检查		●	●	●	6.2	8.1
2	保护功 能试验	输出过流保护	●	●	○	6.3.2	8.2.2.1
3		直流过欠压保护	●	●	○	6.3.3	8.2.2.2
4		交流过欠压保护	●	●	○	6.3.4	8.2.2.3
5		掉电或缺相保护	●	●	○	6.3.5	8.2.2.4

6		超温保护	●	●	○	6.3.6	8.2.2.5
7		不平衡电压超限保护	●	●	○	6.3.7	8.2.2.6
8		一次设备故障切除保护	●	●	○	6.3.8	8.2.2.7
9		二次设备故障保护	●	●	○	6.3.9	8.2.2.8
10	通信功能试验		●	●	○	6.4	8.3
11	防护等级试验		○	●	○	6.5	8.4
12	绝缘性能试验	绝缘电阻测试	●	●	●	6.6.1	8.5
13		工频耐受电压	●	●	○	6.6.2	8.5
14		雷电冲击耐受电压	○	●	○	6.6.3	8.5
15	电磁兼容试验	发射水平	○	●	○	6.7.1	8.6.1
16		承受射频电磁场辐射干扰的能力	○	●	○	6.7.2	8.6.2
17		承受电快速瞬变脉冲群干扰的能力	○	●	○	6.7.3	8.6.3
18		承受静电放电干扰的能力	○	●	○	6.7.4	8.6.4
19		承受浪涌干扰的能力	○	●	○	6.7.5	8.6.5
20		承受射频场感应的传导骚扰干扰的能力	○	●	○	6.7.6	8.6.6
21		承受电压暂降干扰的能力	○	●	○	6.7.7	8.6.7
22		承受阻尼振荡波干扰的能力	○	●	○	6.7.8	8.6.8
23		承受工频磁场干扰的能力	○	●	○	6.7.9	8.6.9
24		承受脉冲磁场干扰的能力	○	●	○	6.7.10	8.6.10
25		承受阻尼振荡磁场干扰的能力	○	●	○	6.7.11	8.6.11
26		承受振铃波干扰的能力	○	●	○	6.7.12	8.6.12
27	性能试验	谐波电流补偿率	○	●	○	6.8.1	8.7.2
28		负载能力	○	●	○	6.8.2	8.7.3
29		自动限流	○	●	○	6.8.3	8.7.4
30		自恢复	○	●	○	6.8.4	8.7.5
31	系统适应性	谐波补偿特性适应性试验	○	●	●	6.9	8.8.1
32		电能质量适应性试验	○	●	●	6.9	8.8.2
33		运行频率范围试验	○	●	●	6.9	8.8.3
34		电压不平衡运行范围试验	○	●	●	6.9	8.8.4
35		运行电压范围试验	○	●	●	6.9	8.8.5
36		电压波动运行范围试验	○	●	●	6.9	8.8.6
37	噪声		○	●	○	6.10	8.9
38	温升		○	●	○	6.11	8.10
39	损耗		○	●	○	6.12	8.11
40	安全防护与接地		○	●	●	6.13	8.12
注：●为应做项目，○为可选做项目。							

8 试验方法

8.1 外观与结构检查

按照 6.2 的要求，目测或仪器测量进行检查。

不满足外观检查要求的内容包括：

- a) 设备锈蚀；
- b) 一次连接松动；
- c) 外观变形；
- d) 部件损坏；
- e) 设备没有可靠接地点。

8.2 测控与保护试验

8.2.1 遥测、遥信、遥控、故障录波功能

装置的遥测、遥信、遥控功能试验如下：

使用装置配套后台对装置进行远程控制，完成各项试验，主要包括：

- a) 装置工频电压、电流，谐波电压、电流等遥测信号量上传与核对。
- b) 装置运行状态、开关位置等信号遥信量上传。
- c) 验证装置启动、停机、紧急停机等遥控功能。

8.2.2 保护功能

8.2.2.1 过流保护

8.2.2.1.1 器件过流保护

装置的器件过流保护试验如下：

- a) 试验方法：
 - 1) 第一步：通过接入功率源，模拟器件 1、1.1、1.2 倍额定电流等典型运行工况，测试器件过流保护功能。功率源主要是用于建立测试环境，通过产生各类电压、电流电能质量扰动模拟实际运行工况的装置，包括电压源和电流源，下同。
 - 2) 第二步：通过模拟保护动作环境，开展保护功能测试试验。
- b) 判断依据：
 - 1) 保护是否可靠动作；
 - 2) 保护时是否发出故障提示信号。

8.2.2.1.2 装置过流保护

装置的过流保护试验如下：

- a) 试验方法：
 - 1) 第一步：通过接入功率源，模拟装置 1、1.1、1.2、2.3、2.5 倍额定电流等典型运行工况，测试装置过电流保护功能。
 - 2) 第二步：通过模拟保护动作环境，开展保护功能测试试验。
- b) 判断依据：
 - 1) 保护是否可靠动作；
 - 2) 保护时是否发出故障提示信号。

8.2.2.2 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：

- 1) 第一步：通过接入功率源，模拟装置直流过压/欠压的运行工况，测试装置直流过/欠压保护功能。
- 2) 第二步：通过模拟保护动作环境，开展保护功能测试试验。

b) 判断依据：

- 1) 保护是否可靠动作；
- 2) 保护时是否发出故障提示信号。

8.2.2.3 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：

- 1) 第一步：通过接入功率源，模拟装置 0.2、0.5、0.7、1、1.15、1.35、1.4 倍额定电压等典型运行工况，测试装置交流过/欠压保护功能。
- 2) 第二步：通过模拟保护动作环境，开展保护功能测试试验。

b) 判断依据：

- 1) 保护是否可靠动作；
- 2) 保护时是否发出故障提示信号；
- 3) 保护恢复后是否能自动恢复运行；
- 4) 是否有回差。

8.2.2.4 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：

- 1) 第一步：通过接入功率源，模拟装置任一相电压低于 0.2、0.5、0.7 倍额定电压等典型运行工况，测试装置掉电或缺相保护功能。
- 2) 第二步：通过模拟保护动作环境，开展保护功能测试试验。

b) 判断依据：

- 1) 保护是否可靠动作；
- 2) 保护时是否发出故障提示信号；
- 3) 保护恢复后是否能自动恢复运行；
- 4) 是否有回差。

8.2.2.5 超温保护

装置的超温保护试验如下：

a) 试验方法：

通过模拟保护动作环境，测试装置超温保护功能。

b) 判断依据：

- 1) 保护是否可靠动作；
- 2) 保护时是否发出故障提示信号；
- 3) 保护恢复后是否能自动恢复运行。

8.2.2.6 不平衡电压超限保护（该试验项目可选，适用于星形接线装置）

装置的不平衡电压超限保护试验如下：

a) 试验方法:

- 1) 第一步: 通过接入功率源, 模拟装置三相不平衡电压为 0.15、0.2、0.25 倍额定电压等典型运行工况, 测试装置不平衡电压超限保护功能。
- 2) 第二步: 通过模拟保护动作环境, 开展保护功能测试试验。

b) 判断依据:

- 1) 保护是否可靠动作;
- 2) 保护时是否发出故障提示信号;
- 3) 保护恢复后是否能自动恢复运行;
- 4) 是否有回差。

8.2.2.7 一次回路故障切除保护

通过模拟装置主回路故障、功率器件损坏、充电部分故障、散热系统故障等故障状态, 测试一次回路故障切除保护功能。

8.2.2.8 二次设备故障保护

通过模拟控制系统故障、驱动电路故障、通信错误或断开等二次设备故障状态, 测试二次设备故障保护功能。

8.3 通信试验

根据装置的 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 6.4 的要求。

8.4 防护等级试验

按照 GB/T4208 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 6.5 的规定。

8.5 绝缘性能试验

按照 6.6 的要求进行绝缘电阻、工频耐压、雷电冲击耐压试验。

8.6 电磁兼容试验

8.6.1 发射水平试验

根据 6.7.1 的要求, 按 GB/T 17799.4 的规定, 对装置进行发射水平试验。

8.6.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

根据 6.7.2 的要求, 按 GB/T 17626.3 的规定, 对装置进行射频电磁场辐射抗扰度试验。

8.6.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

根据 6.7.3 的要求, 按 GB/T 17626.4 的规定, 对装置进行电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

8.6.4 静电放电抗扰度试验

根据 6.7.4 的要求, 按 GB/T 17626.2 的规定, 对装置进行静电放电抗扰度试验。

8.6.5 浪涌抗扰度试验

根据 6.7.5 的要求, 按 GB/T 17626.5 的规定, 对装置进行浪涌抗扰度试验。

8.6.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

根据6.7.6的要求，按GB/T 17626.6的规定，对装置进行射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。

8.6.7 电压暂降抗扰度试验

根据6.7.7的要求，按GB/T 17626.11的规定，对装置进行电压暂降抗扰度试验。

8.6.8 阻尼振荡波抗扰度试验

根据6.7.8的要求，按GB/T 17626.12的规定，对装置进行阻尼振荡波抗扰度试验。

8.6.9 工频磁场抗扰度试验

根据6.7.9的要求，按GB/T 17626.8的规定，对装置进行工频磁场抗扰度试验。

8.6.10 脉冲磁场抗扰度试验

根据6.7.10的要求，按GB/T 17626.9的规定，对装置进行脉冲磁场抗扰度试验。

8.6.11 阻尼振荡磁场抗扰度试验

根据6.7.11的要求，按GB/T 17626.10的规定，对装置进行阻尼振荡磁场抗扰度试验。

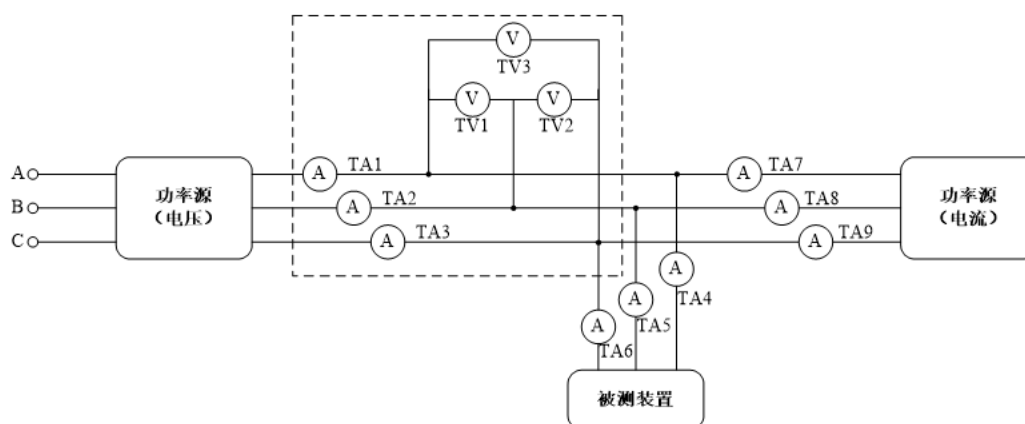
8.6.12 振铃波抗扰度试验

根据6.7.12的要求，按GB/T 17626.18的规定，对装置进行振铃波抗扰度试验。

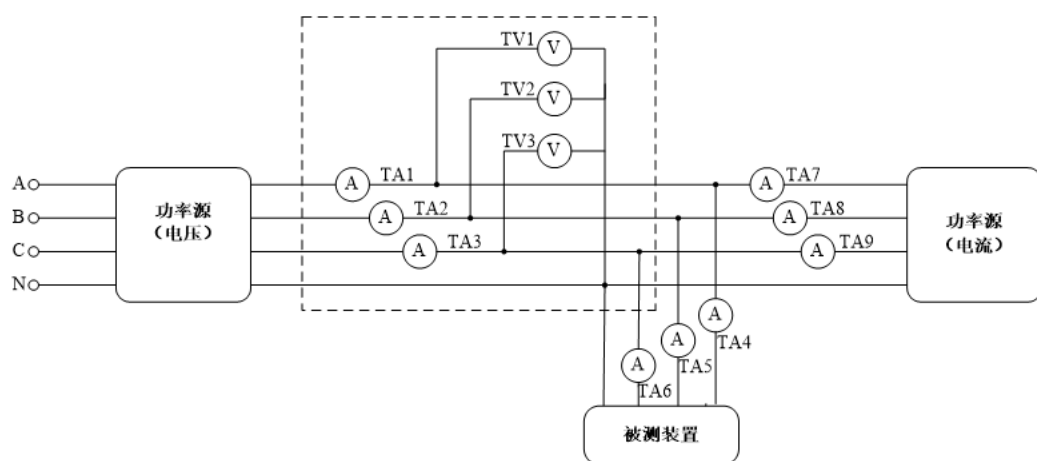
8.7 性能试验

8.7.1 试验接线示意图

装置的性能测试试验接线示意图见图 8.1。



a) 三相三线制测试接线示意图



b) 三相四线制测试接线示意图

图 8.1 性能试验电气接线示意图

8.7.2 谐波电流补偿率试验

装置的谐波电流补偿率试验如下：

a) 试验方法：装置在自动运行模式下，测试分为单谐波补偿和混合谐波补偿进行，参考试验电路图 8.1：

- 1) 单谐波测试至少选择 3 次、5 次、最大次数谐波，每次谐波电流有效值不少于 3 个点，优先选择 20%、40%、80%、100%装置额定谐波补偿电流。
- 2) 混合谐波测试选择不少于 5 种次数谐波，5 次谐波应包含两种情况：5 种最主要谐波和 5 种最低谐波成分。总谐波电流有效值不少于 3 个点，优先选择 20%、40%、80%、100%装置额定谐波补偿电流。

b) 试验判据：按 6.8.1 表 6.2 内容考核。

8.7.3 负载能力试验

装置的负载能力试验如下：

a) 试验方法：

- 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 8 小时。
- 2) 过载运行。装置在自动运行模式下，调整功率源至装置 1.1 倍额定输出电流，连续运行 8 小时；调整功率源至 1.2 倍额定输出电流，运行 30s。

b) 试验判据：装置在此过程中应正常运行。

8.7.4 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，按照 10%、30%、60%、90%、100%、110%、120%的装置额定输出电流递增。

b) 试验判据：

当功率源输出小于装置额定容量时，装置自动跟踪补偿；当功率源输出超过装置额定容量时，装置应自动按照最大额定容量输出。

8.7.5 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，调整功率源输出，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 5 分钟，检查装置是否恢复到自动运行模式。

b) 试验判据：按照 6.8.4 相关要求检验装置的保护自动恢复能力。

8.8 适应性试验

8.8.1 谐波补偿特性适应性试验

谐波补偿特性适应性试验如下：

a) 试验方法：装置在自动运行模式下，通过调整功率源输出来调整谐波电流大小，观察装置的谐波补偿率，并测定装置的谐波电流总畸变率水平。

b) 试验判据：检验装置的谐波补偿能力是否满足要求。

8.8.2 电能质量适应性试验

电能质量适应性试验如下：

a) 试验方法：在装置投入前、后分别测试装置接入点的电能质量水平，检测参考点谐波电压、电压闪变、三相电压不平衡、频率等电能质量指标。

b) 试验判据：检验装置电能质量适应特性。

8.8.3 运行频率范围试验

装置的运行频率范围试验如下：

a) 试验方法：调整功率源输出频率，在 47.5Hz~52.5Hz 范围内随机波动。

b) 试验判据：检验装置在频率波动时能否正常运行。

8.8.4 电压不平衡运行范围试验

装置的电压不平衡运行范围试验如下：

a) 试验方法：调整功率源输出电压不平衡度，在 0~20%范围变化。

b) 试验判据：检验装置在电压不平衡情况下能否正常运行。

8.8.5 运行电压范围试验

装置的运行电压范围试验如下：

a) 试验方法：调整功率源输出电压在 GB/T 15543 规定的限制范围内，在 80%~120%装置额定电压范围内选择 5 个电压点进行测量，优先选取 80%、85%、90%、110%、120%装置额定电压。

b) 试验判据：检验装置在偏离装置额定电压情况下能否正常运行。

8.8.6 电压波动运行范围试验

装置的电压波动运行范围试验如下：

a) 试验方法：调整功率源输出电压偏差在 GB/T 12325 规定的限制范围内，在 80%~120%装置额定电压范围内随机波动。

b) 试验判据：检验装置在电压波动时是否能正常运行。

8.9 噪声试验

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 6.10 的要求。

8.10 温升试验

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，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 6.11 的要求。

8.11 损耗试验

a) 试验方法：装置输出额定电流时，测量装置有功功率损耗。

b) 试验判据：试验结果应满足 6.12 的要求。

8.12 安全防护试验

8.12.1 安全标识

按照 GB 2894—2008 中 5 的要求，现场检查相关的安全标志。

8.12.2 防护与接地

按照 GB/T 15576—2020 中 7.6 的方法试验测试。

8.13 功率单元耐久性试验（特殊试验）

在最严酷的运行条件下对功率器件重现下列参数。以模块化多电平单元为例，考核以下指标：

——IGBT/二极管的最高持续结温；

——阻尼部件最高持续温度；

——连续开通和关断最大电压和电流。

试验电压应基于最大持续直流电压，试验的开关频率应基于最大持续开关频率，同时调制比应是实际运行中采用的典型值。

试验电流应考虑谐波电流和其他流过装置的电流。

试验电流应乘以 1.05 的试验安全因数。

在出口冷却液/散热器温度达到稳定后试验的持续时间应不少于 96h。

9 标志和资料附件

9.1 标志标识

装置应由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) 装置型号和名称；

c) 装置额定值（额定电压、额定频率、额定电流、防护等级等）；

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。

9.2 资料

产品应提供如下资料：

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

10 包装和运输要求

10.1 包装

装置包装应符合 GB/T 13384 的要求，重点做好以下方面要求：

- a) 装置在包装前，应将其可动部分固定；控制、功率、充电和冷却等重量较大的部件宜单独包装运输。
- b) 每台装置或单独包装的部件应用防水材料包好，再装入具有一定防振能力的包装箱内。按设备特点，按需要分别加上防潮、防霉、防锈、防腐蚀、防冻的保护措施。应在包装箱的两个侧面以国际通用的标记和图案标明重心及吊点。按照不同要求，包装箱上应用中文或英文明显地标注“小心轻放”、“向上”、“防潮”、“起吊点”、“小心搬运”、“防火”等字样，并标注适当的国际标志。
- c) 装置附件及易损件应按装置标准和说明书的规定一并包装和供应。装置应提供运输、贮存、安装、运行和维护说明书。

10.2 运输

装置运输应符合 GB/T 13384 的要求。包装好的装置在运输过程中的贮存温度为 $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 95%。装置应承受在此环境中的短时贮存。

