

ICS 29.240.99

CCS K 44

团 体 标 准

T/CSEE 0323—2022

配电系统用级联三电平换流器成套装置

Cascaded three-level converter assembly for distribution system



2022-12-05 发布

2023-03-01 实施

中国电机工程学会 发布

团 体 标 准
配电系统用级联三电平换流器成套装置

T/CSEE 0323—2022

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2023年6月第一版 2023年6月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 53千字

*

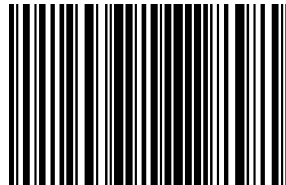
统一书号 155198·4803 定价 **44.00** 元

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



155198.4803

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号和缩略语	2
5 型号与分类	3
6 典型结构及组成设备	3
7 使用条件	9
8 功能和性能	10
9 试验	16
10 检验规则	20
11 标志、铭牌	21
12 包装、运输与贮存	22

前 言

本文件按照《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—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。

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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件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。

本文件起草单位：中电普瑞电力工程有限公司、中电普瑞科技有限公司、南瑞集团有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院。

本文件主要起草人：查鲲鹏、杨岳峰、王宇红、郭文明、张加林、张皎、孙继军、王轩、李芳灵、杨立、鹿洪刚、薛飞、屈海涛、陆翌、于芑、安靖、朱欢、王玮、张佃青、张焱。

本文件为首次发布。

本文件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）。

配电系统用级联三电平换流器成套装置

1 范围

本文件规定了配电系统用级联三电平换流器成套装置的型号与分类、典型结构及设备组成、使用条件、功能和性能要求、试验、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本文件适用于交流端与 3 kV~35 kV 交流配电系统、直流端与±1.5 kV~±35 kV 直流配电系统连接，50 MVA 及以下容量的级联中点钳位三电平换流器成套装置（以下简称 CNPC 装置）。其他级联三电平换流器成套装置可参照执行。

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 311.1 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则
- GB/T 1984 高压交流断路器
- GB/T 1985 高压交流隔离开关和接地开关
- GB/T 2424.25 电工电子产品环境试验 第 3 部分：试验导则 地震试验方法
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 4026 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 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 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 10233 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法
- GB/T 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求
- 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 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.18 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验
- GB/T 20840.1 互感器 第 1 部分：通用技术要求
- GB/T 20840.2 互感器 第 2 部分：电流互感器的补充技术要求
- GB/T 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 20990.1 高压直流输电晶闸管阀 第 1 部分：电气试验
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多绕组联接变压器 multi-winding connecting transformer

换流器侧由多个独立绕组构成且绕组间具备与级联三电平换流器（3.2）直流电压等级匹配的全绝缘能力，支持多个三电平子模块并联接入的联接变压器。

3.2

级联三电平换流器 cascaded three-level converter

交流侧通过多绕组联接变压器（3.1）或多个变压器并联接入电网，直流侧通过三电平子模块直接级联构成的电压源换流器。

3.3

中点钳位三电平子模块 neutral point clamped three-level submodule; NPC

钳位器件采用快恢复二极管或内部含快恢复二极管的可关断功率器件，桥臂输出相对于直流电容中点电压具有三个不同电平的换流模块。

3.4

级联中点钳位三电平换流器 cascaded neutral point clamped three-level converter; CNPC

由中点钳位三电平子模块（3.3）直流侧级联构成的换流器。

3.5

子模块旁路单元 bypass unit of submodule

由电力电子器件、机械开关构成的，子模块故障时快速导通，实现子模块快速旁路退出功能的快速复合旁路单元。

3.6

级联三电平换流器成套装置 cascaded three-level converter assembly

由级联三电平换流器（3.2）、多绕组联接变压器（3.1）或多个变压器、软启动装置、开关、控制保护装置及其他辅助设备构成的换流器成套装置。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

4.1 符号

P_t : 热稳定值

k_1 : 试验安全系数

k_t : 大气修正因数

NPC_x : 第 x 个中点钳位三电平换流器子模块

U_{den} : 级联三电平换流器的直流负极对中性极电压

U_{dcp} : 级联三电平换流器的直流正极对中性极电压

U_{dms} : 阀支架稳态运行电压直流分量的最大值

U_{tds} : 阀支架直流试验电压

4.2 缩略语

CNPC: 级联中点钳位三电平换流器 (cascaded neutral point clamped three-level converter)

IEGT: 注入增强栅型晶体管 (injection enhanced gate transistor)

IGBT: 绝缘栅双极型晶体管 (insulated gate bipolar transistor)
 IGCT: 集成门极换流晶闸管 (integrated gate commutated thyristor)
 SVPWM: 空间矢量脉冲宽度调制 (space vector pulse width modulation)
 UPS: 不间断电源 (uninterruptible power supply)

5 型号与分类

5.1 型号

型号命名应符合下列规定:

a) 型号命名应符合图 1 的规定。

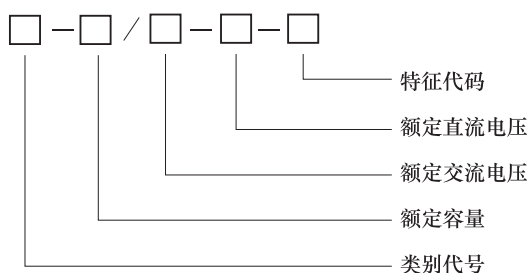


图 1 型号命名

- b) 类别代号应由 4 个字母 CNPC 组成，表示级联中点钳位三电平换流器。
 c) 额定容量应以兆伏安 (MVA) 为单位，额定电压应以千伏 (kV) 为单位。
 d) 特征代码应由 3 个字母组成，按表 1 确定。

表 1 特征代码

第一个字母		第二个字母			第三个字母	
M	B	A	W	N	R	F
对称单极	对称双极	强迫风冷	水冷	自冷	移动式	固定式

5.2 分类

5.2.1 按安装方式分类

按安装方式可分为移动式、固定式。

5.2.2 按电气接线方式分类

按电气接线方式可分为对称单极、对称双极接线方式。

5.2.3 按散热方式分类

按散热方式可分为强迫风冷、水冷、自冷等。

6 典型结构及组成设备

6.1 典型结构

CNPC 装置构成的系统宜由级联三电平换流器、多绕组联接变压器或多个变压器、软启动装置，

极线电抗器、中性线电抗器等直流侧电抗器，以及接地装置、开关设备、控制保护装置及其他设备组成。典型结构如图 2 和图 3 所示，中点钳位三电平子模块典型结构如图 4 所示。

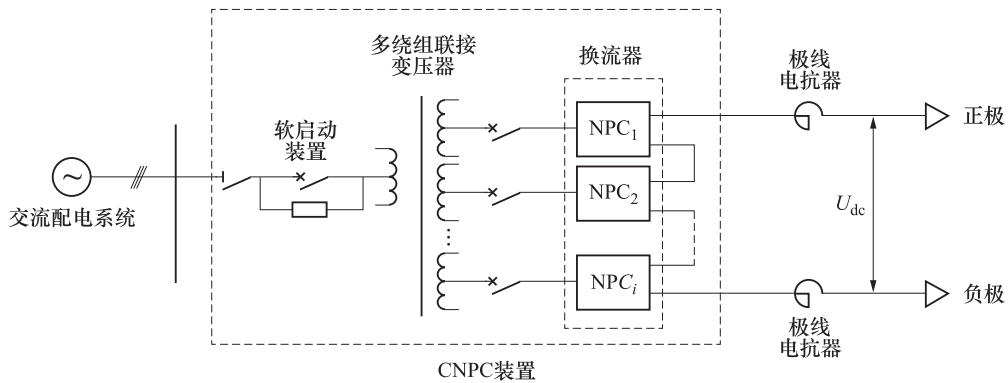


图 2 对称单极接线 CNPC 装置构成的系统示意图

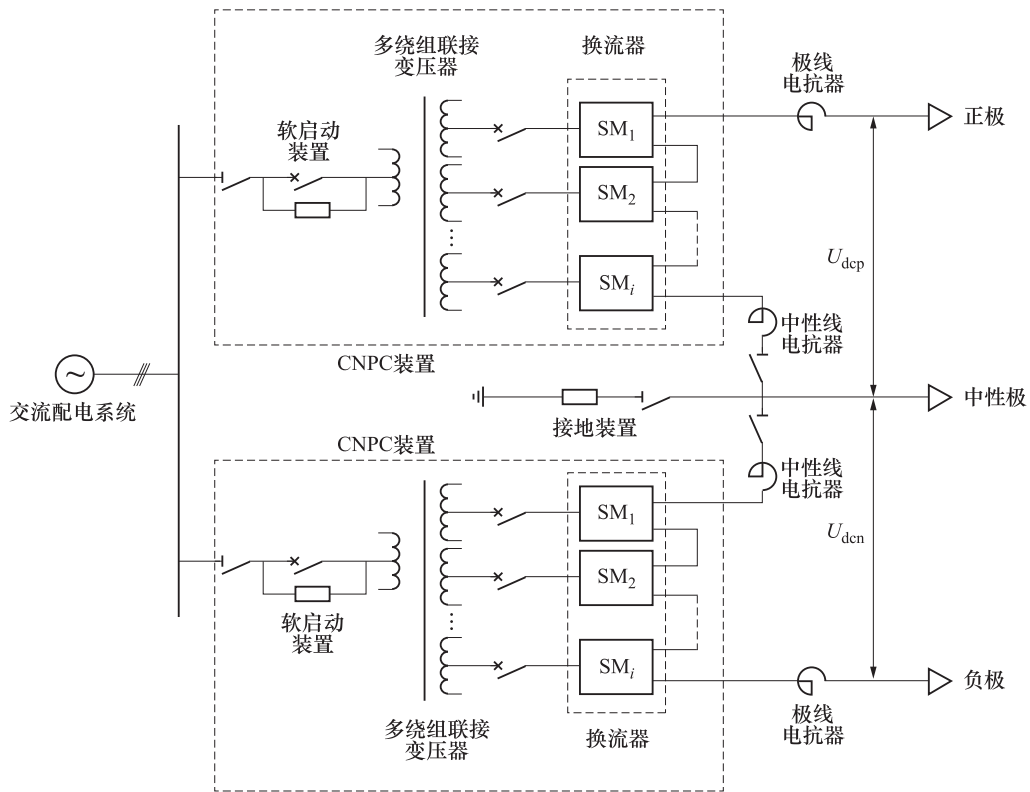


图 3 对称双极接线 CNPC 装置构成的系统示意图

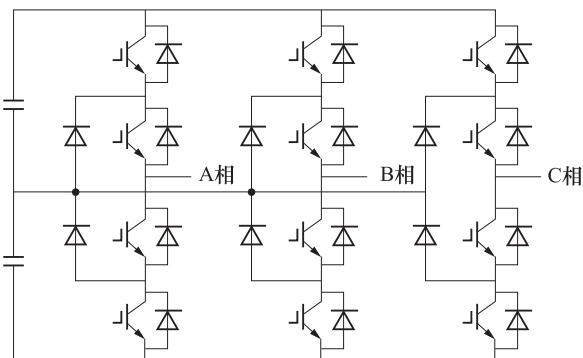


图 4 中点钳位三电平子模块典型结构

6.2 设计准则

6.2.1 换流器

6.2.1.1 一般要求

换流器设计应满足下列要求：

- a) 应满足配电系统工程技术规范要求，应承受系统正常运行、系统故障或设备故障引起的应力。
- b) 在规定的运行周期内，应保证换流器在子模块部件发生故障或损坏时，仍具有正常运行能力。
- c) 换流器设计应根据下列因素确定：
 - 1) 环境耐受；
 - 2) 安装方式；
 - 3) 设计裕度；
 - 4) 保护配置；
 - 5) 电气耐受；
 - 6) 散热方式。

6.2.1.2 中点钳位三电平子模块

6.2.1.2.1 全控型功率半导体器件及驱动

全控型功率半导体器件及驱动应满足下列要求：

- a) IGBT、IEGT、IGCT 等全控型功率半导体器件选型应根据集电极-发射极直流电压、集电极连续电流、集电极重复峰值电流、最大开关频率、最高允许结温、封装形式、安全工作区等技术参数和技术成熟度因素确定；
- b) 驱动选型应根据驱动能力，光纤、电等驱动接口类别，隔离电压、器件保护配置等要求并适配功率半导体器件确定。

6.2.1.2.2 钳位二极管

钳位二极管选型应根据反向恢复时间、正向直流电流、正向重复峰值电压、正向重复峰值电流、 I^2t 、最高允许结温、封装形式、安全工作区等参数确定，应选择快恢复二极管。

6.2.1.2.3 直流支撑电容

直流支撑电容选型应满足下列要求：

- a) 类型：宜采用耐高频纹波能力的金属膜电容；
- b) 容值：应满足子模块电压波动限值要求；
- c) 额定电压：冗余模块退出时，不应小于 1.1 倍的子模块额定工作电压；
- d) 额定电流：应根据设计需求，按不低于 1.1 倍的裕度计算选取。

6.2.1.2.4 取能电源

取能电源选型应符合下列规定：

- a) 取能电源类别：应选宽范围输入电源，应在最低启动电压到最高工作电压内正常带载工作；
- b) 最低启动电压：不应高于子模块额定工作电压的 25%；
- c) 最高工作电压：不应低于子模块额定工作电压的 150%；

- d) 绝缘电压：输入对输出、输入对地、输出对地的绝缘电压应耐受 300%子模块额定工作电压下持续 1 min 的要求，漏电流不应高于 10 mA；
- e) 应符合带载能力、温升、局部放电、抗电磁干扰能力等要求。

6.2.1.2.5 子模块旁路单元

子模块旁路单元选型应符合下列规定：

- a) 子模块旁路单元应由电力电子器件、机械开关构成，子模块端并接在子模块的直流正负母排之间，输出端与相邻子模块级联；
- b) 当子模块内部故障时，旁路单元内部电力电子器件应快速导通，随后机械开关动作，将故障子模块退出；
- c) 子模块旁路单元应耐受稳态和暂态工况下的电压、电流和热应力；
- d) 旁路单元动作时间应小于 5 ms；
- e) 机械开关操作电源应独立供电，电压值应满足开关动作时间要求。

6.2.1.2.6 子模块控制器

子模块控制器应具备对子模块控制、保护、状态监测等功能，并具备与换流器控制保护装置通信的能力，通信接口应采用抗干扰能力强的光接口。

6.2.1.2.7 子模块交流滤波器

子模块交流滤波器设计应满足下列要求：

- a) 子模块交流侧应配置交流滤波器，CNPC 装置交流侧接入点谐波应符合 GB/T 14549 的有关规定；
- b) 子模块交流滤波器绝缘配合设计应基于 CNPC 装置的额定电压确定；
- c) 子模块交流滤波器应选干式、高阻燃等级材料；
- d) 宜通过阻抗扫描方式完成子模块交流滤波器设计参数校验，应避免与系统发生谐振；
- e) 必要时应配置交流滤波器保护装置，应对过电流、失谐、谐波过载、差动等保护动作进行监视。

6.2.1.2.8 其他要求

子模块还应满足下列规定：

- a) 子模块内部应配置交流电压、直流电压、交流电流、直流电流、温度等传感器，准确度及精度应满足子模块控制和保护要求；
- b) 子模块内部应设置均压回路；
- c) 宜采用复合母排降低子模块内部直流链路杂散电感。

6.2.1.3 电气设计

6.2.1.3.1 电压耐受能力

换流器电压耐受能力应满足下列要求：

- a) 换流器应承受正常运行电压以及过电压而不发生损坏。换流器绝缘性能应根据换流器和换流器支架耐受交直流电压、雷击过电压、陡波前冲击电压的能力确定，并应满足局部放电要求。
- b) 换流器设计应考虑子模块电路电压分布的不均匀性，根据各种工况下的子模块电压分布系数确定。
- c) 绝缘裕度系数应根据冗余子模块退出运行、电压不均匀分布、过电压保护水平分散性，以及其他换流器内非线性因素对换流器耐压能力的影响确定。
- d) 对称单极接线方式的换流器应按全绝缘设计。

- e) 换流器应耐受冲击过电压干扰，不应发生误动作、拒动作情况，且功能正常。

6.2.1.3.2 电流耐受能力

换流器电流耐受能力应满足下列要求：

- a) 换流器应承受正常运行电流、预先约定的长期过负荷电流/短时过负荷电流，在与保护配合情况下承受暂态冲击电流、多周期故障电流而不发生损坏；换流器电流耐受能力设计时应分析换流器关键部件承受正常运行电流、长期过负荷电流、暂时过负荷电流、暂态冲击电流、多周期故障电流的幅值、持续时间、周期数、电流上升率等水平，还应分析冗余子模块退出运行、换流器损耗、冷却条件、环境条件、功率器件等部件的温度限值。
- b) 换流器应分析子模块间环流问题。换流器应设计均流控制策略，抑制子模块等效阻抗差异引起的模块间环流。
- c) 换流器暂态冲击电流耐受能力设计应分析故障类型、交流系统短路容量、滤波支路参数、子模块数量、子模块电容放电等因素的影响。故障类型应分析三相短路、相间短路及接地故障等交流系统故障和极间短路、子模块正负母排短路及接地故障等直流系统故障的影响。

6.2.1.4 热设计

换流器热设计应满足下列要求：

- a) 换流器应根据需要配有散热系统、加热系统；
- b) 散热方式应根据散热能力、设备尺寸、运维要求等确定；
- c) 散热控制保护装置应在各种运行条件下确保散热系统安全、正确、可靠运行；
- d) 散热控制保护装置宜采用基于温度反馈的闭环控制模式；
- e) 散热控制保护装置应实时监测散热系统状态，准确识别故障，及时上报告警、故障信号。

6.2.1.5 冗余设计

换流器冗余设计应符合下列规定：

- a) 换流器子模块冗余量不宜低于 10%，在两次计划检修之间运行周期内，冗余模块应保证可靠性符合系统设计的要求；
- b) 冗余模块退出时，控制保护装置应动态调整子模块直流电压、输出功率等参数，满足系统运行要求。

6.2.1.6 结构设计

换流器结构设计应满足下列要求：

- a) 换流器应具备抗震能力。关键部件应采用柔性设计。
- b) 换流器结构应承受故障、控制保护装置动作或误动作产生的电动力。
- c) 换流器应采用模块化设计，易损部件应便捷维护、更换。
- d) 采用屏柜安装时，柜内应有防止操作人员碰触带电部分的安全措施。
- e) 采用风冷散热的换流器，结构设计应分析子模块散热风道布局，在保证密闭性和可维护性的前提下，宜保障子模块风阻的一致性。对于采用水冷散热的换流器，在保证可维护性的前提下，宜保障子模块散热水路一致性。
- f) 换流器通信光纤布置应便于维护、更换，宜采用光纤走线槽。

6.2.2 联接变压器

联接变压器设计应满足下列要求：

- a) 联接变压器宜采用多绕组、干式形式，宜采用环氧树脂整体浇筑工艺，铜绕组材质设计，并配置独立强迫风冷散热系统；
- b) 联接变压器设计应与 CNPC 装置整体布局配合，在满足性能的同时，应便于一次、二次走线，维护便捷；
- c) 联接变压器容量设计应分析无功补偿、谐波、过载要求及自身损耗等因素的影响；
- d) 联接变压器设计时换流器侧应考虑绕组间的绝缘与系统电压匹配；
- e) 变压器设计时一次、二次间短路阻抗应根据系统保护、变压器容量、滤波电路参数、系统阻抗、变压器制造水平选定。

6.2.3 软启动装置

软启动装置设计应满足下列要求：

- a) CNPC 装置应通过软启动装置接入交流系统，该装置仅在换流器启动时投入，正常运行时应旁路退出；
- b) 软启动电阻选型应分析器件耐受能力、充电时间等因素的影响，应满足限流、能量耐受、变压器涌流等要求；
- c) 软启动装置旁路开关宜选取电动隔离开关或断路器，并应满足相应设备规范。

6.2.4 断路器

断路器设计选型应符合下列要求：

- a) CNPC 装置主断路器宜采用真空断路器，应具有开断 CNPC 装置额定电流、过载电流和短路电流的能力；
- b) CNPC 装置主断路器应校验操作时的过电压倍数，并采取限制过电压措施；
- c) 应符合 GB/T 1984 的有关规定，特殊要求应由制造方和购货方协商确定。

6.2.5 隔离开关与接地开关

隔离开关与接地开关设计选型应满足下列要求：

- a) CNPC 装置应配置隔离开关和接地开关；
- b) 隔离开关应按电压等级、最大稳态电流和故障暂态电流选择；
- c) 应符合 GB/T 1985 的有关规定，特殊要求应由制造方和购货方协商确定。

6.2.6 控制保护装置

控制保护装置宜由远动系统、能量管理系统等后台监控，正/负极极控制保护器、正/负极阀控制保护器构成，并应满足下列要求：

- a) 控制保护装置宜采用分层、分布设计；
- b) 后台监控应有对调度及集控和正/负极极控制保护器的通信接口；
- c) 正/负极极控制保护器应对系统级控制和系统级保护，应实现锁相、外环控制，并根据目标生成正/负极阀控制保护器的内环电流指令值；
- d) 正/负极阀控制保护器应对子模块级控制和子模块级保护，应根据正/负极极控制保护器下发的目标结合自身采集的信息实现内环控制，生成功率器件驱动指令；
- e) 正/负极阀控制保护器调制宜采用 SVPWM 方式。

6.2.7 其他部件

其他部件应按下列标准执行：

- a) 避雷器应符合 GB/T 11032 的有关规定；
- b) 电流互感器应符合 GB/T 20840.1、GB/T 20840.2 的有关规定；
- c) 电压互感器应符合 GB/T 20840.1、GB/T 20840.3 的有关规定。

7 使用条件

7.1 正常使用环境条件

7.1.1 周围空气温度

CNPC 装置应在户内周围空气温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中正常使用，户外应用时应由制造方和购货方协商确定。

7.1.2 相对湿度

相对湿度为 $5\%\sim95\%$ 时，CNPC 装置内部不应凝露，也不应结冰。

7.1.3 污秽等级

CNPC 装置应在不超过污秽度 C 级的环境中正常使用。

7.1.4 海拔

CNPC 装置应在海拔 1000 m 及以下正常使用。

7.1.5 地震烈度

设备安装场地地震烈度不应超过 GB/T 2424.25 规定的 8 度。

7.1.6 安装场所条件

安装场所条件应包括下列内容：

- a) 安装场所应无剧烈机械振动和冲击，应无引起火灾、爆炸危险的介质，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，不允许有严重的霉菌存在，安装倾斜度不应大于 5° ，安装场所应无强电场和强磁场；
- b) 应保证安全、利于通风散热、便于运行巡视和维护检修，并应设置消防设施及消防通道；
- c) 对于固定安装方式，安装场所宜根据电气设备要求设置采暖和空调系统；
- d) 对于固定安装方式，安装场所进风口、排风口应有防小动物进入的设施，应有防御雨、雪、风、沙、粉尘及排涝设施；
- e) 对于移动式安装方式，应配备吊装机构、固定支撑系统，设备与固定支撑连接件拆装方便。

7.2 电网连接点电气条件

CNPC 装置设计和制造前宜了解连接点的下列系统电气条件：

- a) 连接点标称电压及变化范围；
- b) 电网过电压保护水平；
- c) 连接点系统背景电能质量水平，包括电压变化范围或曲线、谐波和间谐波电压、电压波动和闪变、三相电压不平衡等；
- d) 连接点系统短路水平，包括大方式和小方式下的三相、单相短路电流或短路容量；
- e) 系统中性点接地方式；

T/CSEE 0323—2022

- f) 电气主接线和主电气设备参数以及运行方式、无功补偿装置及参数；
- g) 相关继电保护配置、保护定值及故障切除时间、重合闸策略。

7.3 辅助电源

7.3.1 一般要求

辅助电源宜分为交流电源和直流电源，可根据控制保护装置、散热系统、开关设备操作机构等硬件要求选择。对于关键部件宜采用双冗余供电方式，或额外配置 UPS，任一辅助电源中断不应影响装置的稳定运行。

7.3.2 参数要求

辅助电源参数应符合下列规定：

- a) 电源容量：应满足需求，并应保持不低于 20% 的裕度。
- b) 交流额定电压：应为 220 V/380 V；交流电压偏差：应为 $\pm 20\%$ 。
- c) 直流额定电压：应为 110 V/220 V；直流电压偏差：应为 $-20\% \sim 15\%$ 。
- d) UPS 带载能力不应低于 15 min，输出电压总谐波畸变率不应大于 3%。

7.4 特殊使用条件

在不符合 7.1、7.3 的条件下使用时，制造方与购货方之间应协商确定。

8 功能和性能

8.1 外观与结构

- 8.1.1 CNPC 装置结构、布局设计合理，换流器应采用模块化设计，应散热良好，便于运维检修。
- 8.1.2 壳体外表面防腐处理，应根据使用环境、工艺要求确定，可采用喷涂、镀锌、钝化等工艺，应选用无炫目反光涂层，表面不应有气泡、裂纹等缺陷。
- 8.1.3 子模块、控制板卡等可能更换的部件，应便于安装、更换。
- 8.1.4 CNPC 装置内部印刷电路板、插接件应采用防潮湿、防霉变、防盐雾处理。
- 8.1.5 铭牌宜应采用不锈钢材质，铆钉固定，参数标志应清晰、正确。
- 8.1.6 CNPC 装置接地端子应设有明显的接地标志。
- 8.1.7 CNPC 装置警告标识和符号应根据 GB 2894 及组成器件要求确定。

8.2 安全与防护

8.2.1 防护等级

户内柜式 CNPC 装置外壳防护等级不应低于 IP20；户外 CNPC 装置外壳防护等级不应低于 IP44。

8.2.2 防护与接地

防护与接地应满足下列要求：

- a) 对直接接触的防护可采取 CNPC 装置结构措施，也可采取 CNPC 装置附加措施，制造方应在安装使用说明书中提供相关信息。
- b) 对间接接触的防护应采用 CNPC 装置内的保护电路。保护电路可单独装设保护导体，也可利用 CNPC 装置结构外壳、框架等部件。

- c) 直接接触的金属壳体、可能带电的金属件及要求接地的电器元件金属底座、可能带电的金属件和装有电器元件的门、板、支架与主接地间应保证具有可靠的电气连接，装置接地应符合 GB/T 50065 对接地的要求。
- d) CNPC 装置柜体、集装箱门、围栏应配置“五防”¹⁾联/闭锁设备。
- e) 保护导体颜色应符合 GB/T 4026 的有关规定，设备端子、导体终端和导体标识应采用黄绿色。
- f) CNPC 装置应装设直流支撑电容防残余电荷触电警告标识。

8.3 电气间隙与爬电距离

装置内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，并应符合下列规定：

- a) 装置内不同极性 or 不同相的裸露带电体之间及其与地之间的电气间隙和爬电比距不应小于表 2 的规定；
- b) 承受直流电压的设备，爬电距离计算基准电压应采用设备承受的最高持续直流电压值；
- c) 承受直流、基频和谐波叠加电压波形的设备，爬电距离计算基准电压应采用叠加电压峰值，爬电比距宜按直流爬电比距选取；
- d) 用于海拔超过 1000 m 的装置，电气间隙和爬电距离应按 GB/T 311.1 的规定修正。

表 2 装置电气间隙与爬电比距

系统标称电压 kV	户内	
	最小电气间隙 mm	最小爬电比距 mm/kV
3	75	20
6	100	
10	125	
20	180	
35	300	

8.4 装置绝缘水平

8.4.1 绝缘电阻

带电体之间、带电体与裸露导电部件之间、带电体对地的绝缘电阻不应小于工频耐受电压值×1000 (Ω)。

8.4.2 装置耐压水平

装置耐压水平应符合下列规定：

- a) 主电路对地、与主电路直接连接的辅助电路对地、多绕组变压器一次绕组、开关设备断口间的工频电压耐受水平、局部放电试验电压、雷电冲击耐受水平应符合表 3 的规定，局部放电值不应超过 200 pC；
- b) 多绕组变压器二次低压侧绕组应按全绝缘设计，耐压要求可参照级联三电平换流阀系统耐压水平取值。

1) “五防”指：①防止误分、误合断路器；②防止带负荷分、合隔离开关；③防止带电挂合接地线（合接地开关）；④防止带地线（接地开关），合闸送电；⑤防止误入带电间隔。

表 3 装置耐受电压水平

系统标称电压 kV	设备最高电压 kV	雷电冲击耐受电压 kV	短时（1 min）工频耐受电压 kV	局部放电试验电压 kV
3	3.6	40（20）	18	5
6	7.2	60（40）	25	10
10	12	75（60）	42	17
20	24	125（95）	70	33
35	40.5	185	95	58

注 1：括号内和括号外数据分别对应低电阻接地系统和非低电阻接地系统。
注 2：海拔超过 1000 m 的装置，耐受电压水平按 GB/T 311.1 的规定修正。

8.5 测量精度

CNPC 装置测量精度应符合下列规定：

- 标幺值为 0.2~1.5 时，交流电流有效值测量相对误差不应大于 1%；
- 标幺值为 0.2~1.2 时，交流电压有效值测量相对误差不应大于 1%；
- 标幺值为 0.2~1.5 时，直流电流瞬时值测量相对误差不应大于 1%；
- 标幺值为 0.2~1.2 时，直流电压瞬时值测量相对误差不应大于 1%。

8.6 控制功能

8.6.1 稳态控制功能

CNPC 控制保护装置应具备下列控制功能：

- 定直流电压控制，换流器输出直流电压和设定值之间的偏差不应大于 1%；
- 定有功功率控制，换流器输出功率和设定值之间的偏差应符合表 4 的规定；
- 定无功功率控制，换流器输出功率和设定值之间的偏差应符合表 4 的规定；
- 定交流电压控制，换流器输出交流电压和设定值之间的偏差不应大于 1%；
- 定频率控制，换流器输出频率和设定值之间的偏差不应大于 1%。

表 4 定有功/无功功率模式下稳态控制精度

输出功率/额定功率	输出功率和设定值之间偏差的绝对值
20%~50%	不大于（5%×设定值）
50%~110%	不大于（2.5%×设定值）

8.6.2 暂态控制功能

8.6.2.1 交流系统故障

交流系统故障时，CNPC 装置控制应满足下列要求：

- CNPC 装置可具备下列控制策略：
 - 暂态功率控制；
 - 暂态电压控制；
 - 暂态电流控制。
- CNPC 装置应具备故障穿越能力，极限穿越可参照新能源发电用换流器标准执行。

- c) 系统暂态恢复时，CNPC 装置应在交流母线电压恢复后 200 ms 完成功率的快速恢复。

8.6.2.2 直流侧故障

直流侧故障时，CNPC 装置控制应符合下列规定：

- a) 对于对称双极系统，当直流系统发生单极接地故障不要求停止运行时，从故障发生到故障清除的时间内，CNPC 装置应承受规定范围内的故障电流和暂态电压，不退出运行，故障清除后 100 ms 应完成功率的快速恢复；
- b) 对于对称单极系统，当直流系统发生单极接地故障时，CNPC 装置应持续运行。

8.7 保护功能

CNPC 控制保护装置应具备下列保护功能：

- a) 装置级保护应具备下列功能：
 - 1) 交流侧过电压保护；
 - 2) 交流侧零序过电压保护；
 - 3) 交流侧过电流保护；
 - 4) 交流侧过频率保护；
 - 5) 交流侧欠频率报告；
 - 6) 直流侧过电压保护；
 - 7) 直流侧欠电压保护；
 - 8) 直流侧过电流保护；
 - 9) 接地极线开路保护；
 - 10) 极差动保护；
 - 11) 双极中性母线差动保护；
 - 12) 子模块冗余不足保护；
 - 13) 子模块旁路单元拒动作保护；
 - 14) 子模块旁路单元误动作保护；
 - 15) 冷却系统故障保护。
- b) 子模块级保护应具备下列功能：
 - 1) 子模块交流侧过电压保护；
 - 2) 子模块交流侧过电流保护；
 - 3) 子模块直流侧过电压保护；
 - 4) 子模块直流侧过电流保护；
 - 5) 功率半导体器件故障保护；
 - 6) 子模块过温保护；
 - 7) 子模块中点不平衡保护。

8.8 监测功能

8.8.1 CNPC 装置应配置就地操作的监控人机界面，应至少支持开关分合操作、装置启停。

8.8.2 CNPC 装置监控人机界面应具备下列功能：

- a) 主接线图显示；
- b) 交流电压、交流电流、频率、功率因数、谐波含量、三相不平衡度、直流电压、直流电流、输送功率、子模块交流电压、子模块交流电流、子模块直流电压、子模块直流电流等运行电气量显示；

- c) 联接变压器温度、空气温度等运行非电气量显示;
- d) 换流器、断路器、隔离开关状态显示;
- e) 应具备内部和外部事件监测与顺序事件记录功能, 分辨率不应低于 1 ms。

8.8.3 CNPC 装置应具备手动录波、自动故障录波功能。录波应包括下列功能:

- a) 应具备暂态故障录波功能, 采样频率不应低于 5 kHz;
- b) 记录模拟量应包括接入点电压、接入点电流、极线电压、极线电流、子模块交流电压、子模块交流电流、子模块直流电压、子模块直流电流;
- c) 记录开关量应包括断路器、隔离开关、接地开关等位置信号, 以及控制保护装置故障录波启动信号等。

8.8.4 CNPC 装置应具备报警信号输出接口和工业标准通信接口。

8.9 响应特性

8.9.1 电压阶跃

CNPC 装置对于直流系统运行方式, 在系统允许的电压工作范围内, 直流控制电压指令阶跃变化后, 直流电压变化量首次达到 90%时的响应时间不应大于 30 ms。

8.9.2 功率阶跃

当直流功率输送水平处于相应的最小功率至额定功率之间、直流有功功率指令阶跃变化后, CNPC 装置直流功率变化量首次达到功率指令值的 90%时, 响应时间不应大于 40 ms。

8.10 过负荷耐受能力

CNPC 装置应承受过负荷电流以及暂态冲击电流的能力, 并应符合下列规定:

- a) 1.1 (标幺值), 2 h;
- b) 1.2 (标幺值), 10 s。
- c) 有特殊要求时, 应由制造方与购货方协商确定。

8.11 最小运行电流

CNPC 装置稳定运行的最小电流不应超过额定电流的 10%。

8.12 最小直流运行电压

换流器子模块最小直流运行电压不应高于额定电压的 25%。

8.13 转换效率

8.13.1 CNPC 装置转换效率计算应包括子模块损耗、多绕组联接变压器或多个变压器损耗、散热系统损耗、控制保护装置损耗等。

8.13.2 CNPC 装置的最大转换效率不应低于 96%。

8.14 谐波

CNPC 装置交流接入点注入的谐波电流分量不应超过 GB/T 14549 的有关规定。

8.15 纹波

CNPC 装置直流侧输出电压纹波系数不宜大于 10%, 特殊情况应由制造方与购货方协商确定。

8.16 三相输出电压不平衡

CNPC 装置工作在离网模式下，无载输出时交流电压不平衡度不应超过 2%。

8.17 直流电压偏差

CNPC 装置直流电压偏差应符合下列规定：

- a) $\pm 10\text{ kV} \sim \pm 35\text{ kV}$ 等级的直流供电电压偏差宜为标称电压的 $-10\% \sim +5\%$ ；
- b) $\pm 1500\text{ V} \sim \pm 6\text{ kV}$ 等级的直流供电电压偏差宜为标称电压的 $-15\% \sim +5\%$ 。

8.18 温升

CNPC 装置额定容量下应具备长期连续运行能力，内部发热元器件及各部位温升不应超过表 5 的规定。

表 5 装置部件或器件温升限值

部位名称		温升限值 K	
干式变压器或电抗器	绕组	A 级绝缘	60
		B 级绝缘	80
		F 级绝缘	100
		H 级绝缘	125
	铁心	在任何情况下不出现使铁心、其他部件或与其相邻材料受到损害的程度	
油浸变压器绕组		65	
铜母线		35	
铜母线连接处	无保护层	45	
	有锡和铜保护层	55	
	有银保护层	70	
铝母线		25	
铝母线连接处		30	
电阻元件	距电阻表面 30 mm 处的空气	25	
	印刷电路板上电阻表面	30	
塑料、橡皮、漆膜绝缘导线		20	
功率半导体器件		按元件标准执行	

8.19 噪声

在周围环境噪声不大于 40 dB 的条件下，距离噪声源水平位置 1 m、垂直高度 1.5 m 处测量，CNPC 装置的运行噪声不应大于 80 dB。

8.20 电磁兼容

8.20.1 静电放电抗扰度

CNPC 控制保护装置的人机界面、控制按键及控制系统开门把柄应承受不低于 GB/T 17626.2 规定

的试验等级为 3 级的接触/空气放电试验。

8.20.2 射频电磁场辐射抗扰度

CNPC 控制保护装置应承受不低于 GB/T 17626.3 规定的试验等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

8.20.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

CNPC 装置控制保护装置的电源、接地、信号和控制端口应承受不低于 GB/T 17626.4 规定的试验等级为 4 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

8.20.4 浪涌（冲击）抗扰度

CNPC 控制保护装置的电源、接地、信号和控制端口应承受不低于 GB/T 17626.5 规定的试验等级为 4 级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

8.20.5 射频场感应传导骚扰抗扰度

CNPC 控制保护装置应承受不低于 GB/T 17626.6 规定的试验等级为 3 级的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。

8.20.6 电压暂降抗扰度

CNPC 控制保护装置应承受不低于 GB/T 17626.11 规定的严酷等级为 3 类的电压暂降抗扰度试验。

8.20.7 阻尼振荡波抗扰度

CNPC 控制保护装置应承受不低于 GB/T 17626.18 规定的试验等级为 3 级的 100 kHz 或 1 MHz 的慢速阻尼振荡波抗扰度试验。

8.21 电磁发射

8.21.1 传导骚扰限值

CNPC 装置运行过程中，电源线及端子产生的传导电压骚扰应符合 GB 4824 的有关规定。

8.21.2 辐射骚扰限值

CNPC 装置运行过程中，装置产生的电磁辐射骚扰应符合 GB 4824 的有关规定。

8.22 可靠性

CNPC 装置年可用率和（或）年强迫停运次数应根据运行需求和设备技术水平，由制造方和用户协商确定。

9 试验

9.1 试验条件

9.1.1 概述

装置试验和测量，除另有规定外，均应在 9.1.2 和 9.1.3 规定的条件下试验。

9.1.2 试验电源条件

试验和测量交流电压频率宜为 (50 ± 2.5) Hz，波形应为近似正弦波，且正半波峰值与负半波峰值的差应小于 2%，正弦波峰值与有效值之比不应大于 $\sqrt{2} \pm 0.07$ ，且电压波形总畸变率不应超过 5%。

9.1.3 试验标准大气条件

试验标准大气条件应符合下列规定：

- a) 海拔：不应大于 1000 m；
- b) 周围空气温度：宜为 $5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 相对湿度：宜为 45%~75%；
- d) 大气压力：宜为 86 kPa~106 kPa。

9.2 试验方法

9.2.1 外观及结构检查

外观及结构应按 8.1 的要求检查，可采用目测和仪器测量方法。

9.2.2 安全与防护检验

9.2.2.1 防护等级检验

按 GB/T 4208 的规定检验，装置防护等级不应低于 8.2.1 的规定。

9.2.2.2 防护与接地检验

按 8.2.2 的要求检验，接地有效性检验应采用电阻电桥测量接地点与主接地点间的电阻，电阻值应满足 8.2.2 的要求。

9.2.3 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及其与地之间的电气间隙和爬电距离，测量值应符合 8.3 的要求。

9.2.4 绝缘性能试验

9.2.4.1 绝缘电阻测试

用电压不低于 2500 V 的绝缘测量仪器对带电体之间、带电体与裸露导电部件之间、带电体对地之间进行绝缘电阻测量，绝缘电阻大于额定电压值乘以 $1000\ \Omega$ ，试验通过。

9.2.4.2 耐压试验

9.2.4.2.1 直流电压试验

直流电压试验时，电压施加在阀两个连接在一起的主端子与公共地之间，从不超过规定的 1 min 试验电压的 50% 开始，电压宜在 10 s 内升至规定的 1 min 试验电压，保持 1 min 恒定，再降至规定的 3 h 试验电压，保持 3 h 恒定，然后降到零，并应符合下列规定：

- a) 在规定的 3 h 试验的最后 1 h，超过 300 pC 的局部放电数量，应按 GB/T 20990.1 的规定记录。

- b) 记录期间, 300 pC 以上的脉冲数平均每分钟不应超过 15 次; 500 pC 以上的脉冲数平均每分钟不应超过 7 次; 1000 pC 以上的脉冲数平均每分钟不应超过 3 次; 2000 pC 以上的脉冲数平均每分钟不应超过 1 次。
- c) 观察到局部放电数量或等级有增加趋势时, 可延长试验时间。
- d) 此后, 用相反极性电压重复上述试验。
- e) 试验前, 阀支架应短路并接地最少 2 h。
- f) 阀支架直流试验电压 U_{tds} 可按公式 (1) 计算:

$$U_{tds} = \pm U_{dms} \times k_1 \times k_t \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- U_{dms} —— 阀支架稳态运行电压直流分量的最大值;
- k_1 —— 试验安全系数, 1 min 试验取 1.6, 3 h 试验取 1.1;
- k_t —— 大气修正因数, 1 min 试验按 GB/T 16927.1 计算取值, 3 h 试验取 1.0。

9.2.4.2.2 工频耐压试验

工频耐压试验应符合下列规定:

- a) 主电路对地、与主电路直接连接的辅助电路对地、多绕组变压器绕组间、开关设备断口间应承受表 3 规定的工频电压, 持续时间 1 min, 试验中无击穿和闪络现象, 试验通过。
- b) 试验前应将不承受试验电压的避雷器等器件拆除。试验时, 应使电压从试验电压的 30%~50% 开始, 在 10 s~30 s 时间内平稳将电压升高到规定的试验电压值, 并保持 1 min, 随后试验电压降压至局部放电电压并维持 10 min, 记录最后 1 min 的局部放电值, 不超过限值试验通过。现场试验时, 工频耐压应取 80% 试验电压。

9.2.4.2.3 雷电冲击试验

试验应采用 1.2/50 μ s 波形, 试验电压应按表 3 执行。试验应分别施加 3 次正极性和 3 次负极性雷电冲击。试验中无击穿和闪络现象, 试验通过。

9.2.5 测量精度测试

给装置测量回路输入标准电流、电压信号, 根据装置显示值与输入标准值误差相对于额定值的百分比判断相对误差, 应符合 8.5 的要求。

9.2.6 控制功能试验

9.2.6.1 稳态控制功能试验

通过物理动模试验、实时数字仿真方式或现场试验, CNPC 控制保护装置分别工作在定直流电压控制、定有功功率控制、定无功功率控制、定交流电压控制、定频率控制模式, 实现控制功能, 控制精度应符合 8.6.1 的规定。

9.2.6.2 暂态控制功能试验

通过物理动模试验、实时数字仿真方式或现场试验, 验证 CNPC 控制保护装置暂态控制功能, 应符合 8.6.2 的规定。

9.2.7 保护功能试验

保护功能试验应符合下列规定:

- a) 保护和告警功能验证试验时，应在主电路上模拟被保护设备异常状态，或在二次回路上设定等价故障信号。
- b) 保护装置在整定范围内应正常动作且保护动作值与保护定值间误差在 $\pm 5\%$ 之内。试验次数不应少于3次。
- c) 保护和告警功能应符合8.7的规定。

9.2.8 监测功能试验

CNPC 装置控制保护监测功能应符合8.8的规定。

9.2.9 响应特性试验

当输入阶跃控制信号后，CNPC 装置输出电气量从当前目标值达到设定目标值的90%，且未产生过冲，测试所用时间。阶跃响应时间均应满足8.9的规定。

9.2.10 过负荷耐受能力试验

在定有功或定无功控制方式下，CNPC 装置在8.10规定的过载运行条件下恢复至额定运行状态，装置应正常运行，部件不应出现故障或告警。

9.2.11 最小运行电流试验

在定功率运行模式下，CNPC 装置在8.11规定的最小运行电流条件下装置应正常运行，不应出现故障或告警。

9.2.12 最小直流运行电压试验

CNPC 装置在8.12规定的最小直流运行电压下应正常解锁、闭锁，回报信号正常。

9.2.13 转换效率测试

取 CNPC 装置不同有功、无功运行条件下转换效率的最高值，结果应满足8.13规定。

9.2.14 谐波测试

CNPC 装置可采用双极或双子模块背靠背对拖方式，也可采用单极或单子模块定无功功率模式，测量接入点输出电流谐波含量，试验结果应符合8.14的规定。输出电流谐波也可通过实时数字仿真试验评估。

9.2.15 纹波测试

CNPC 装置可采用双极或双子模块背靠背对拖方式，也可采用单极或单子模块定无功功率模式，测量直流母线电压纹波，试验结果应符合8.15的规定。输出电压纹波也可通过实时数字仿真试验评估。

9.2.16 三相输出电压不平衡测试

CNPC 装置工作在离网模式下，测量无载输出时负序电压不平衡度，应符合8.16的规定。

9.2.17 直流电压偏差测试

CNPC 装置可采用双极背靠背对拖方式，定直流电压控制端直流电压偏差应符合8.17的规定。直流电压偏差也可采用双子模块背靠背对拖等效试验、实时数字仿真试验评估。

9.2.18 温升试验

温升试验应符合下列规定：

- a) CNPC 装置在额定电流运行条件下，监测系统部件、设备内部及连接点温度以及周围空气温度，当温度变化不超过 1 K/h 时，认为温度达到稳定，温升应满足 8.18 的规定。测温点设置应按表 5 确定。
- b) 测量 CNPC 装置的周围空气温度时，应至少用两个温度计或热电偶均匀布置在装置周围，在高度为装置的 1/2，距装置 1 m 远的位置测量，然后取读数的平均值为装置的周围空气温度。
- c) 测量时应防止空气流动和热辐射对测量仪器的影响。

9.2.19 噪声测试

按 GB/T 10233 执行，测试结果应符合 8.19 的要求。

9.2.20 电磁兼容试验

试验结果应符合 8.20 的要求。

9.2.21 电磁发射试验

试验结果应符合 8.21 的要求。

9.2.22 可靠性验证

在现场运行的 1 个公历年的周期内，设备原因引起的强迫停运次数应符合 8.22 的规定。

10 检验规则

10.1 概述

装置试验应分为型式试验、例行试验、现场试验。试验项目应符合表 6 的规定。

表 6 试验项目

序号	试验项目	型式试验	例行试验	现场试验	技术要求	试验方法
1	外观与结构检查	√	√	√	8.1	9.2.1
2	安全与防护检验	√	—	—	8.2	9.2.2
3	电气间隙与爬电距离检验	√	√	√	8.3	9.2.3
4	绝缘性能试验	—	—	—	—	—
4.1	绝缘电阻测试	√	√	√	8.4.1	9.2.4.1
4.2	耐压试验	—	—	—	—	—
4.2.1	直流耐压试验	√	√	—	8.4.2	9.2.4.2.1
4.2.2	交流耐压试验	√	√	√	8.4.2	9.2.4.2.2
4.2.3	雷电冲击试验	√	√	—	8.4.2	9.2.4.2.3
5	测量精度测试	√	√	—	8.5	9.2.5
6	控制功能试验	—	—	—	—	—
6.1	稳态控制功能试验	√	√	√	8.6.1	9.2.6.1

表 6（续）

序号	试验项目	型式试验	例行试验	现场试验	技术要求	试验方法
6.2	暂态控制功能试验	√	√	*	8.6.2	9.2.6.2
7	保护功能试验	√	√	√	8.7	9.2.7
8	监测功能试验	√	√	√	8.8	9.2.8
9	响应特性试验	√	√	√	8.9	9.2.9
10	过负荷耐受能力试验	√	√	—	8.10	9.2.10
11	最小运行电流试验	√	—	√	8.11	9.2.11
12	最小直流运行电压试验	√	√	—	8.12	9.2.12
13	转换效率测试	√	—	—	8.13	9.2.13
14	谐波测试	√	—	√	8.14	9.2.14
15	纹波测试	√	—	√	8.15	9.2.15
16	三相输出电压不平衡测试	√	—	√	8.16	9.2.16
17	直流电压偏差测试	√	—	√	8.17	9.2.17
18	温升试验	√	—	—	8.18	9.2.18
19	噪声测试	√	—	√	8.19	9.2.19
20	电磁兼容试验	√	—	—	8.20	9.2.20
21	电磁发射试验	*	—	—	8.21	9.2.21
22	可靠性验证	—	—	√	8.22	9.2.22

注：标“√”的为必做试验；标“*”的为可选试验；标“—”的为非必要试验。

10.2 型式试验

型式试验应满足下列要求：

- 型式试验应在新产品定型时进行；材料、工艺或产品结构等的改变，可能影响装置性能时，也应进行型式试验，此时允许只进行与改变有关的试验项目。
- 进行型式试验的 CNPC 装置应为经出厂例行试验合格的装置。全部型式试验项目应在同一装置上进行，或在同一装置的多个部件上分别进行。
- 型式试验应委托具有资质的第三方机构进行。
- 型式试验报告在购货方有要求时应提供。

10.3 例行试验

例行试验应由制造方对出厂的每套装置进行。受试验条件限制时，经与购货方协商，例行试验可降容试验或在现场试验时考核。

10.4 现场试验

现场试验应检验装置在运输和安装后是否受到损伤，检验是否正确动作及是否满足技术要求。

11 标志、铭牌

11.1 标志

标志应满足下列要求：

- a) 装置内部应辨别出单元电路及主要器件。电器元件标志应与随同 CNPC 装置提供的电路图上的标志一致。
- b) 装置端子旁应标明端子号。
- c) 装置控制器内部继电器、集成电路、电阻器、直流支撑电容、电力电子器件等主要元器件，在安装印制电路板或安装板上应标明在原理接线图中的代号。
- d) 静电敏感部件应有防静电标志。
- e) 装置部位及说明书中应有安全标志。
- f) 装置外包装上应有收发货标志、包装贮运标志和安全警告标志。
- g) 装置使用说明书、质量证明文件或包装物上应标有装置执行的标准代号。
- h) 标志均应规范、清晰、持久。

11.2 铭牌

每台装置应有铭牌，并应包括下列内容：

- a) 名称和型号；
- b) 额定容量，MVA；
- c) 额定频率，Hz；
- d) 额定直流电压，kV；
- e) 额定交流电压，kV；
- f) 接线方式；
- g) 散热方式；
- h) 安装方式；
- i) 质量，kg；
- j) 外形尺寸：长×宽×高，mm；
- k) 执行标准；
- l) 制造日期；
- m) 出厂编号；
- n) 制造商名称或商标；
- o) 主接线图、接线方式可制作铭牌标示或在技术文件中说明。

12 包装、运输与贮存

12.1 包装

包装应满足下列要求：

- a) 装置包装前，应将可动部分固定；重量较大的元器件或部件应单独包装运输。
- b) 每台装置或单独包装的元器件或部件应按设备特点，分别采取防潮、防霉、防锈、防腐蚀、防冻、防倾倒的保护措施。应在包装箱两个侧面标明重心及吊点。
- c) 包装箱上应用中文或英文明显标注“小心轻放”“向上”“防潮”“起吊点”“小心搬运”和“防火”等字样。
- d) 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。
- e) 装置应提供运输、贮存、安装、运行和维护说明书。

12.2 运输

包装好的装置在运输过程中的贮存温度宜为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不应大于95%。

12.3 贮存

包装好的装置宜贮存在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于80%、周围空气中无腐蚀性、火灾及爆炸性物质的室内。

12.4 随机文件

装置应配套提供下列文件：

- a) 质量证明文件，必要时附出厂及其现场试验记录。
- b) 装置说明书，并应符合 GB/T 9969 的有关规定。文件应包括安装使用说明书、拆卸件一览表、铭牌图、备品备件明细表、外形尺寸等。
- c) 装置原理图和接线图，可含在说明书中。
- d) 外购件包装箱内应有外购件出厂质量合格证明书、技术说明书等。
- e) 装箱单。

12.5 配套件

随装置提供的配套件应在文件中注明，并应包括下列内容：

- a) 易损零部件及易损元器件；
 - b) 装置附件；
 - c) 规定的备品、备件。
-