

ICS 29.240
CCS K45

T/CEC

中国电力企业联合会标准

T/CECXXXXX—202X

直流控制保护装置试验技术要求

Technical specification of DC control and protection device test

（征求意见稿）

（在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上）

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国电力企业联合会发布

目 次

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 芯片检测要求..... 2

 4.1 封装工艺测试..... 2

 4.2 应力加速试验..... 2

 4.3 冲击试验..... 2

 4.4 寿命试验..... 2

 4.5 极限温度测试..... 2

5 板卡测试要求..... 2

 5.1 外观及安装检查..... 2

 5.2 板载电源测试..... 2

 5.3 高速通信信号质量测试..... 3

 5.4 晶振信号测试..... 3

 5.5 出口继电器回路参数测试..... 3

 5.6 模数转换芯片信号测试..... 3

6 装置测试要求..... 4

 6.1 通用性能测试..... 4

 6.2 静态功能测试..... 7

 6.3 代码安全性测试..... 7

 6.4 加速寿命测试..... 7

7 系统试验要求..... 7

前 言

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

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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业继电保护标准化技术委员会（DL/TC 15）归口。

本文件起草单位：XXXX、XXXX。

本文件主要起草人：XXX。

本文件为首次制定。

本文件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中心（北京市白广路二条一号，100761）。

直流控制保护装置试验技术要求

1 范围

本文件规定了直流控制保护装置的芯片检测要求、板卡测试要求、装置测试要求和系统试验要求。

本文件适用于采用晶闸管换流器的（特）高压直流输电工程和采用模块化多电平换流器的柔性直流输电系统，混合直流输电系统可参照执行。

注：芯片检测要求主要在器件选型阶段通过查阅数据手册来完成进行，板卡测试要求主要在样机生产阶段进行，装置测试要求主要在产品定型式试验阶段进行，系统测试要求主要在工程应用阶段进行。

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 2900.1—2008 电工术语 基本术语

GB/T 7261—2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法

GB/T 11287—2016 电气继电器 第 21 部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第 1 篇：振动试验(正弦)

GB/T 13498—2017 高压直流输电术语

GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验

GB/T 14598.26—2015 量度继电器和保护装置 第 26 部分：电磁兼容要求

GB/T 40865—2021 柔性直流输电术语

DL/T 478—2013 继电保护和安全自动装置通用技术条件

DLT 1087—2008 ±800kV 特高压直流换流站二次设备抗扰度要求

DL/T 1131—2019 ±800kV 高压直流输电工程系统试验规程

DL/T 1526—2016 柔性直流输电工程系统试验规程

DL/T 1780—2017 超（特）高压直流输电控制保护系统检验规范

DL/T 1794—2017 柔性直流输电控制保护系统联调试验技术规程

3 术语和定义

GB/T 2900.1—2008、GB/T 13498—2017、GB/T 40865—2021 界定的以及下列的术语和定义适用于本文件。

3.1

控制保护系统 control and protection system

以完成直流输电系统正常功率传输和一次设备控制为目标的控制和保护系统，包括运行人员控制设备、交直流站控设备、极/换流器控制设备、极/换流器保护设备、模拟量和开关量接口设备等。

3.2

主机 CPU 负荷率 load rate of host CPU

主机 CPU 在规定时间内（日、月、年）内的平均负荷与最大负荷之比的百分数。

3.3

安全防护技术 safety protection technology

有效进行介入控制，保证数据传输安全性的技术手段，主要包括物理安全分析技术、网络结构安全分析技术、系统安全分析技术、管理安全分析技术、及其它的安全服务和安全机制策略。

4 芯片检测要求

4.1 封装工艺测试

核心芯片封装工艺测试应进行以下测试内容：

- a) 焊球剪切，最小剪切力>906gf;
- b) 可焊性，至少 3 个器件的 22 焊球;
- c) 机械冲击，X、Y、Z 方向，加速度：500g;
- d) 扫频振动，加速度 20g，频率：20~2000Hz。

4.2 应力加速试验

核心芯片应力加速测试应进行以下试验内容：

- a) 高加速应力，130℃，85%RH，96h;
- b) 温度冲击，-55℃~+125℃，300 个循环，每次循环时间不低于 15min;
- c) 温度循环，-55℃~+125℃，700 个循环，每次循环时间不低于 15min。

4.3 冲击试验

核心芯片冲击测试应进行以下试验内容：

ESD(HBM)，±500V 打击。

4.4 寿命试验

核心芯片寿命测试应进行以下试验内容：

- a) 高温储存寿命，150℃，1000h;
- b) 高温工作寿命，85℃，1000h。

4.5 极限温度测试

核心芯片极限温度测试应进行以下试验内容：

- a) 高温电测试，+85℃，电特性测试，芯片工作正常;
- b) 低温电测试，-10℃，电特性测试，芯片工作正常。

5 板卡测试要求

5.1 外观及安装检查

5.1.1 测试方法

检查插件的型号、外观是否符合图样要求，检查元器件装焊的正确性，元件、芯片的安装方向是否正确；检查插件元器件边距是否满足安装要求。

5.1.2 技术要求

焊点无虚焊、假焊，引脚无短路；插件无割线、飞线现象。

5.2 板载电源测试

5.2.1 检验方法

开展板载电源精度测试、建立时序测试、纹波测试等。

具体方法：板卡单独加电源通过电源测点进行测试。

5.2.2 技术要求

应满足以下内容与要求：

- a) 电源电压输出精度 $\leq \pm 5\%$;
- b) 电源电压输出纹波：5V/3.3V 电压纹波 $\leq 100\text{mV}$ ，其它电压纹波 \leq 额定值的 1%;
- c) 上电时序应满足设计要求。

5.3 高速通信信号质量测试

5.3.1 检验方法

应对百兆以上速率的通信信号进行信号质量、时序测试和差分信号测试，包括但不限于以太网、PCIe、自定义通信形式等。主要测试项有：时钟恢复、数据单位间隔、差分输出电压峰峰值、跳位去加重、信号上升沿和下降沿、最小脉冲宽度、眼图等。

5.3.2 技术要求

应符合以下内容与要求：

- a) 以太网信号质量测试应满足 IEEE 802.3 和 ANSI X3.263-1995 的要求;
- b) PCIe 信号质量测试应满足 PCI Express® Base Specification 的要求。

5.4 晶振信号测试

5.4.1 检验方法

应对晶振信号进行工作电压、相位、温漂和起振条件进行测试，包括无源晶体、有源晶振及其附属电路。

5.4.2 技术要求

应符合以下内容与要求：

- a) 晶振温漂 $\leq \pm 50\text{ppm}$;
- b) 相位噪声 $\leq -160\text{dBc/Hz}$;
- c) 晶振应在额定电压的正常偏差范围（ $\pm 5\%$ ）内能够起振;
- d) 晶振应在外部干扰下正常起振。

5.5 出口继电器触点输出参数测试

5.5.1 检验方法

应对出口继电器触点输出回路的连续通过电流、开断电压与无故障开合次数进行测试。

5.5.2 技术要求

- a) 连续通过电流： $\geq 5\text{A}$;
- b) 开断电压： $\geq 250\text{V}$;
- c) 无故障开合次数： ≥ 1000 次，有载。

5.6 模数转换芯片信号测试

5.6.1 检验方法

应对模拟量采集回路的采样速率、采样分辨率、输入信号范围和工作电压进行测试

5.6.2 技术要求

应满足以下内容与要求：

- a) 采样速率： $\geq 200\text{Kps}$ ；
- b) 采样分辨率： $\geq 16\text{bit}$ ；
- c) 输入信号范围： $\leq \pm 10\text{V}$ ；
- d) 工作电压： $\leq 5\text{V}$ 。

6 装置测试要求

6.1 通用性能测试

6.1.1 机构外观及接口检查

a) 测试方法

检查机箱尺寸、接地点、安全标志、出厂铭牌、插件涂覆、交流输入、对时、通讯等接口。

b) 技术要求

具备可靠接地点、应有安全标志，涂覆均匀、金属结构件应有防锈蚀措施、接口类型及数量应符合相关保护技术要求

6.1.2 功率消耗及光功率试验

a) 测试方法

检查交流回路、电源回路的功率消耗；检查光口接收功率和发送功率，自主可控光电转换模块光强及灵敏度不得低于非自主可控产品平均水平。

b) 技术要求

- 1) 功率消耗应符合 DL/T 478 的要求。
- 2) 光功率试验应符合 GB/T 34871 的要求。

6.1.3 电源影响试验

a) 测试方法

电源电压变化时，测试装置的保护、测控、录波、上送事件、通信等功能。

b) 技术要求

当直流电源电压在 80%~115%额定值范围内变化时，装置应可靠工作。

6.1.4 连续通电试验

a) 测试方法

在常温条件下，装置连续通电 100h（或+40℃时 72h）。在试验期间及试验结束后检查装置工作状态。

b) 技术要求

通电试验期间及试验结束后，装置应工作稳定可靠，动作行为、信号指示灯应正确，无元器件损坏、软件运行异常或其他异常情况出现。

6.1.5 交变湿热试验

a) 测试方法

按 GB/T14598.2-2011 中 6.12.3.7 规定的试验程序和试验方法进行。

b) 技术要求

温度恢复到正常使用条件后，各部位的绝缘电阻应不小于 $10\text{M}\Omega$ ；并能承受介电强度试验，而无击穿或闪络现象。

6.1.6 高低温试验

a) 测试方法

- 1) 高温运行试验：装置上电运行，16h 高温运行后，复检设备运行状态。
- 2) 低温运行试验：装置上电运行，16h 低温运行后，复检设备运行状态。
- 3) 温度变化试验：装置上电运行，2 天温度变化后，复检设备运行状态。
- 4) 高温贮存试验：16h 高温贮存后，复检设备运行状态。
- 5) 低温贮存试验：16h 低温贮存后，复检设备运行状态。

b) 技术要求

- 1) 高温运行试验：装置上电运行，环境温度为 55℃，试验持续时间 16h，装置应可靠工作。
- 2) 低温运行试验：环境温度为-10℃（室内）或-25℃（室外控制柜），试验持续时间 16h，装置应可靠工作。
- 3) 温度变化试验：环境温度在-10℃~+55℃（室内）或-25℃~+55℃（室外控制柜）范围内变化，试验 5 次循环，温度恢复到正常使用条件后，装置应可靠工作。
- 4) 高温贮存试验：环境温度为 70℃，试验持续时间 16h，试验后，装置应可靠工作。
- 5) 低温贮存试验：环境温度为-25℃，试验持续时间 16h，试验后，装置应可靠工作。

6.1.7 电气安全试验

a) 测试方法

- 1) 外壳防护等级检查：测试装置前面板、背板、上下底板和侧板的防护等级。
- 2) 保护联结阻抗检查：检测装置保护联结阻抗值。
- 3) 绝缘电阻试验：检验正常试验大气条件下，各回路之间的绝缘电阻不低于规定值。
- 4) 介质强度试验：验证正常试验大气条件下，各回路之间耐受交流过电压的能力。试验后，复检设备运行状态。
- 5) 冲击电压试验：验证正常试验的大气条件下，各回路之间的固体绝缘。试验后，复检设备运行状态。

b) 技术要求

- 1) 外壳防护等级检查：面板不低于 IP40 要求，背板不低于 IP20 要求，侧板、上下底板不低于 IP30 要求。
- 2) 保护联结阻抗检查：导体端子和被试部件之间的电阻不应超过 0.1 Ω。
- 3) 绝缘电阻试验：开路试验电压 500V，绝缘电阻值应不小于 100M Ω。
- 4) 介质强度试验：装置应能承受介质强度检验。试验期间，装置不应发生击穿或闪络现象，装置元器件应无损坏。
- 5) 冲击电压试验：装置应能承受冲击电压检验。试验期间不应出现破坏性放电（火花、闪络或击穿），装置元器件应无损坏。

6.1.8 电磁兼容试验

a) 电快速瞬变试验

试验方法：按 GB/T14598.26—2015 中 7.2.5 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T14598.26—2015 中 7.2.5 规定的验收标准进行。

b) 浪涌抗扰度试验

试验方法：按 GB/T14598.26—2015 中 7.2.7 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T14598.26—2015 中 7.2.7 规定的验收标准进行。

c) 慢速阻尼振荡波抗扰度试验

试验方法：按 GB/T14598.26—2015 中 7.2.6 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T14598.26—2015 中 7.2.6 规定的验收标准进行。

d) 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.8 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.8 规定的验收标准进行。

e) 静电放电抗扰度试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.3 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.3 规定的验收标准进行。

f) 射频电磁场辐射抗扰度试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.4 中规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.4 规定的验收标准进行。

g) 工频抗扰度试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.9 中规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.9 规定的验收标准进行。

h) 工频磁场抗扰度试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.10 规定的方法进行。

技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.10 规定的验收标准进行。

i) 电源电压暂降和电压中断试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.11 规定的试验程序和试验方法进行。

j) 技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.11 规定的验收标准进行。直流电源电压的纹波

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.12 规定的试验程序和试验方法进行。

k) 技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.12 规定的验收标准进行。缓降和缓升试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.13 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.13 规定的验收标准进行。

l) 脉冲磁场抗扰度试验

试验方法：按照 GB/T 7261—2016 中 14.3.11 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 DL/T 1087—2008 中 5.2 与 5.3 规定的性能判据执行。

m) 阻尼振荡磁场抗扰度试验

试验方法：按照 GB/T 7261—2016 中 14.3.12 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 DL/T 1087—2008 中 5.2 与 5.3 规定的性能判据执行。

n) 辐射发射试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.1.2 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.1.2 规定的验收准则进行。

o) 传导发射试验

试验方法：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.1.3 规定的试验程序和试验方法进行。

技术要求：按 GB/T 14598.26—2015 中 7.1.3 规定的验收准则进行。

p) 电源极性颠倒检验

被试装置在规定限制内性能正常，或者制造厂明确规定的预定运行状况，如暂时功能丢失或停机，但电源恢复后装置功能可以自行恢复，无误动出现。装置各项性能指标符合标准要求。

6.1.9 机械性能试验

a) 振动试验

装置应能承受 GB/T 11287-2016 中规定的等级为 1 级的振动响应试验

b) 振动耐久试验

装置应能承受 GB/T 11287-2016 中等级为 1 级的振动耐久试验。

c) 冲击响应试验

装置应能承受 GB/T 14537-1993 中等级为 1 级的冲击响应试验。

d) 冲击耐久试验

装置应能承受 GB/T 14537-1993 中等级为 1 级的冲击耐久试验。

e) 碰撞试验

装置应能承受 GB/T 14537-1993 中等级为 1 级的碰撞试验。

6.1.10 过载能力试验

a) 保护用交流电流回路： $2I_n$ ，长期连续工作； $10 I_n$ ，允许 10s； $40 I_n$ ，允许 1s；

b) 测量用交流电流回路： $1.2 I_n$ ，长期连续工作； $40 I_n$ ，允许 1s；

c) 交流电压回路： $1.4U_n$ ，长期连续工作， $2U_n$ ，允许 10s；

d) 检验后，应无绝缘损坏，线圈及结构零件应无永久性机械变形，装置应可靠工作。

6.1.11 触点性能试验

装置应能承受 DL/T 478-2013 规定的触点性能检验，试验后，装置触点应无损坏，装置应可靠工作。

6.2 静态功能测试

6.2.1 时间同步功能及闰秒检查

支持 B 码对时，对时精度 $\leq 1\text{ms}$ ，对时消失后 24h 守时误差不大于 3s；

正负闰秒正确响应。

6.2.2 触发精度

触发脉冲不平衡度保持在 $\pm 0.02^\circ$ 之内、触发角精度 $\leq \pm 0.5\%$ 要求。

6.2.3 直流功率控制

保证直流功率测量值的精度在功率指令 $\pm 1\%$ 以内。

6.3 代码安全性测试

系统软件应通过第三方代码扫描工具的扫描，保证编译前的源代码安全和编译后的运行程序安全。

6.4 加速寿命测试

设备应按照阿伦纽斯温度单应力加速模型，选取环境温度为 25°C ，加速温度不低于 55°C ，加速因子为 0.59，开展加速寿命试验，每个产品定型阶段应抽样 2 台以上产品进行试验，试验结果应不小于 15 年。

7 系统试验要求

直流输电工程在投入商业运行之前，应进行系统试验，系统试验过程中应重点关注自主可控直流控制保护系统的性能指标不低于 DL/T 1131—2019 和 DL/T 1794-2017 的要求。