

ICS 29.240
CCS K45

T/CEC

中 国 电 力 企 业 联 合 会 标 准

T/CECXXXXX—202X

直流控制保护元器件技术要求

Technical requirements for components of HVDC control and protection
system

（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 总体要求..... 1

5 元器件选型要求..... 2

6 元器件范围..... 3

7 集成电路技术要求..... 3

8 分立器件技术要求..... 5

9 互感器技术要求..... 7

10 继电器技术要求..... 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）。

直流控制保护元器件技术要求

1 范围

本文件规定了直流控制保护设备（包含国产芯片设备）的总体要求、元器件选型要求、元器件范围、集成电路技术要求、分立器件技术要求、互感器技术要求和继电器技术要求。

本文件适用于采用晶闸管换流器的（特）高压直流输电工程、采用模块化多电平换流器的柔性直流输电系统和混合直流输电系统。

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 7261—2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法

GB/T 13498—2017 高压直流输电术语

GB/T 19001《质量管理体系要求》

GB/T 26216.1《高压直流输电系统直流电流测量装置 第1部分：电子式直流电流测量装置》

GB/T 26216.2《高压直流输电系统直流电流测量装置 第2部分：电磁式直流电流测量装置》

GB/T 26217《高压直流输电系统直流电压测量装置》

GJB 597B《半导体集成电路总规范》

DL/T 624《继电保护微机试验装置技术条件》

DL/T 1087—2008 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流换流站二次设备抗扰度要求

DL/T 1193《电测技术监督规程》

3 术语和定义

GB/T 7261、GB/T 13498、GB/T 26216.1、GB/T 26216.2、GB/T 26217、DL/T 624、DL/T 1193 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。

4 总体要求

4.1 设备范围及总体要求

4.1.1 换流站直流控制保护系统设备范围包括交直流站控系统、直流极控系统、换流器控制系统、直流保护系统、交流滤波器小组保护（如有）、交流滤波器大组母线保护（如有）、与远方调度中心通信系统的接口、直流控制保护的辅助系统。以上设备中使用的元器件均纳入本技术要求范围。

4.1.2 直流控制保护系统在满足直流控制、保护功能基础上，相关设备的软硬件应符合要求，具备良好的可靠性、可维护性、可扩展性，电磁兼容能力符合相关标准要求。直流控制保护设备所使用的元器件应满足长期安全稳定运行的可靠性要求。

4.2 可靠性要求

芯片应满足以下可靠性要求：

- a) 芯片制造商或芯片产品通过 GB/T 19001 认证；
- b) 满足本标准提出的管理体系认证；
- c) 产品应经过国家认可的第三方实验室可靠性试验验证；
- d) 除 c)外，产品还应通过以下测试或者试验：
 - 1) 质量一致性检验或鉴定检验；
 - 2) 元器件验收试验；
 - 3) 静电放电敏感度试验；
 - 4) 可靠性评估测试；
 - 5) 失效测试。

注：所有测试项目及条件必须符合 GJB597B-2012《半导体集成电路通用规范》的相关要求。

4.3 可维护性、可扩展性和电磁兼容要求

设备应考虑可维护性和可扩展性要求，并适当留有裕量。可维护性指各层和各冗余设备宜独立配置，能够方便更换设备内部故障板卡或外部接口部件。可扩展性指设备应采用模块化设计，具备开放式结构，具备通过内部总线进行硬件或外部接口进行扩展。

直流控制与保护设备的元器件应具有完备的、良好的抗干扰性能，满足标准 DL/T 1087 规定的抗扰度要求。控制与保护设备元器件应能但不限于抵御来自诸如以下干扰源的干扰及干扰过程：

- a) 因换流站内的接地故障引发的流过母线和接地网的异常工频电流；
- b) 由操作交直流开关场中的隔离刀闸或断路器，包括投切大的容性及感性负荷而产生的，辐射频率高达数十万赫兹的电压及电流瞬变过程；
- c) 由于阀厅换流单元中的晶闸管元件的开通与关断引起的暂态过程；
- d) 由于感性负荷相连的触点或继电器开闭所引起的，辐射频率高达兆赫兹范围的电压及电流瞬变过程；
- e) 来自多路传输通信设备及微波通信设备的辐射信号；
- f) 来自用于站内话音通信，发射功率高达 5 W 的步话机的辐射信号；
- g) 来自换流站控制楼外面的汽车或飞机上的无线电辐射信号，其输出功率高达 100 W、工作在特高频（VHF）或超高频（UHF）频带范围；
- h) 由于电源的投切和电源之间的转换引起的干扰。

4.4 硬件设计原则

直流控制保护硬件设计应满足以下原则：

- a) 直流控制保护设备的硬件应采用成熟分布式架构体系进行设计，硬件抗干扰能力、计算能力、稳定性、可靠性、接口数量及种类、接口扩展性、运行维护便利性等方面应能满足直流工程具体要求；
- b) 直流控制保护设备应使用的芯片、元器件、组部件等硬件应当尽可能的少，提高系统稳定性；
- c) 直流控制保护设备应具有良好的扩展性，满足不同应用场景下的接口种类和数量需求。

5 元器件选型要求

应用于直流控制保护系统中的元器件选型应满足以下要求：

- a) 芯片应选用工业级及以上等级芯片，工作温度范围为-40℃～+85℃；
- b) 芯片应是被广泛使用验证过的，可预见的时间内不会停产的芯片，优选生命周期处于成长期、成熟期的芯片，尽量少使用冷门、偏门物料，降低供应链风险；
- c) 芯片潮湿敏感度等级不能大于 5 级（含）；
- d) 芯片应满足抗静电、阻燃、防锈蚀、抗氧化以及安规等要求。

6 元器件范围

直流控制保护设备使用的元器件分为以下几类，具体汇总见表 1。

表 1 直流控制保护元器件汇总分类

类型	类型	对应章节
集成电路	逻辑芯片	详见 7.1 节
	存储芯片	详见 7.2 节
	模拟芯片	详见 7.3 节
	通信芯片	详见 7.4 节
	电源芯片	详见 7.5 节
分立器件	电阻	详见 8.1 节
	电容	详见 8.2 节
	电感	详见 8.3 节
	晶体管	详见 8.4 节
光电器件	光模块	详见 8.5 节
	光耦	详见 8.6 节
传感器件	互感器	详见 9.1 节
其他	继电器	详见 10.1 节
	连接器	/
	线路板	/

7 集成电路技术要求

7.1 逻辑芯片要求

CPU 器件选型应满足以下要求：

- a) 应选用主流厂家、主流型号的控制器的；
- b) 应选择自主知识产权或 ARM 构架的芯片；
- c) 优先选用成熟稳定、应用广泛的工业级 CPU 或 MCU，有较长的生命周期（生命周期处于成长、成熟的器件，禁止选用生命周期处于衰落、停产的器件）；
- d) 器件的静电防护等级 ESD 需高于 250V（HBM），潮湿敏感等级 MSL 应小于等于 4 级；
- e) 新选的器件量产时间必须大于一年，厂家必须提供相关测试数据及器件可靠性测试报告；

- f) 选择的 CPU 需符合业界 CPU 的发展方向，确保 15 年内不停产；
- g) 主频应不低于 1GHz；
- h) 支持单精度、双精度浮点运算指令；
- i) 宜选用支持硬件 ECC 功能的 CPU 芯片。

FPGA 选型应满足以下要求：

- a) 应选用主流厂家、主流型号的 FPGA；
- b) 优先选择无铅型号；
- c) 在满足应用需求的情况下，尽量选用速度等级低的器件；
- d) 硬件资源：器件选型时最好能预留 20% 以上的逻辑资源、15% 以上的 I/O 资源和 20% 以上的布线资源；
- e) 开发工具必须功能强大、界面友好，而且有很多第三方合作伙伴提供相应的技术支持，能使器件获得更高的性能；
- f) 器件的静电防护等级 ESD 需高于 250V，潮湿敏感等级 MSL 应小于 4 级；
- g) 具备 DDR 控制器 IP 核，速度不低于 800MHz；
- h) 具备高速 Serdes，速率达到不低于 5.0Gb/s；
- i) 具备 10/100/1000Mhz 的以太网控制器 IP 核。

7.2 存储芯片要求

存储器件选型应满足以下要求：

- a) 应选用主流厂家、主流型号的存储器；
- b) 器件的静电防护等级 ESD 需高于 250V（HBM），潮湿敏感等级 MSL 应小于 4 级；
- c) 存储器量产时间必须大于一年，厂家必须提供经过实际产品应用考验的测试数据及器件可靠性测试报告；
- d) 应选用支持硬件 ECC 功能的存储器；
- e) DDR 芯片选型时，宜选择 DDR3 以上速度的芯片；
- f) 芯片具备预加载（prefetch）功能；
- g) 芯片具备不低于 8 位突发长度（Burst Lengths）。

7.3 模拟芯片要求

模拟量采集 ADC 选型应满足以下要求：

- a) 应选用 16 位及以上分辨率的 ADC 芯片；
- b) 宜选用支持同步采样的 ADC。对于非同步采样 ADC，要考虑通道间的时延对于采样结果的影响；
- c) ADC 转换速率不低于 100 kSPS；
- d) 器件的静电防护等级 ESD 需高于 1000V（HBM），潮湿敏感等级 MSL 应小于 5 级；
- e) 具备内置二阶抗混叠滤波器；
- f) 具备内置跟踪保持放大器；
- g) 具备可配置±10V 和 5V 真双极性输入信号；
- h) 所有通道具备不低于 200kSPS 的吞吐速率采样；
- i) 模拟输入阻抗不低于 1MΩ；
- j) 信噪比 SNR 不低于 87.5db。

7.4 通信芯片要求

以太网 PHY 芯片选型应满足以下要求：

- a) 器件的静电防护等级 ESD 需高于 1000V (HBM)，潮湿敏感等级 MSL 应小于 5 级；
- b) 优选具备 RGMII/SGMII 接口；
- c) 具备 10/100/1000Mhz 自适应协商功能；
- d) 具备同步以太网功能 (Synchronous Ethernet)；
- e) 具备平行检测 (Parallel Detection) 功能；
- f) 具备自动极性调整功能；
- g) 具备内置电源输出；
- h) 具备 SGMII 与 RGMII 接口桥接功能。

7.5 电源芯片要求

电源芯片选型应满足以下要求：

- a) 具备电阻可配置输出电压值；
- b) 具备宽电压范围输入 (2.4V -16V)；
- c) 具备可调节开关频率；
- d) 全工作区间工作效率不低于 90%；
- e) 具备可编程开关电流限制值；
- f) 具备 -40°C~+125°C 宽温度工作范围；
- g) 具备预偏压启动功能；
- h) 具备差分远端遥测功能；
- i) 具备输出电压跟踪和保护功能。

8 分立器件技术要求

8.1 电阻要求

电阻选型应满足以下要求：

- a) 根据电路特点选择合适类型电阻，如碳膜、金属膜、金属氧化膜、金属釉、碳质等电阻和绕线电阻；
- b) 电阻的使用考虑板卡上温升情况；
- c) 电阻的使用考虑降额。

8.2 电容要求

电容选型应满足以下要求：

- a) 选择电容器一般需要确定：工作电压、电容量、电容量变化范围、工作频率、功率损耗、安装方式等参数；
- b) 不选用各分类电容器的极限规格，如 1uF 以下的电解电容器或电容器具体系列中的最大最小值的边缘规格；
- c) 容值和耐压值尽量选用标准系列；
- d) 对温度特性要求（精度和温漂）比较高的场合，选用 NPO 材质的电容；
- e) 禁止使用高压电容代替安规电容，因为失效模式不一样；
- f) 选择主流厂家的器件，不选非主流厂家的器件。

8.3 电感要求

电感选型应满足以下要求：

- a) 额定工作温度的考虑，各种具体型号的电感器都有规定的额定环境工作温度范围，在实际使用中不应超过规定的环境工作温度，这是电感器正常工作的保证。如果额定电流超额使用，则要注意器件工作时自身温度不超过材料额定温度；
- b) 设计裕量考虑，由于电感器的各种参数都是在特定频率、电流等环境条件下定义的，考虑到器件的离散性、设计和布板因素和环境因素等，在设计时，器件的 Q 值、电感精度都应留有一定的裕量；
- c) 封装考虑，小电流电感优选表面贴装的电感器，尤其是高频电感。表面贴装不仅生产效率高，体积小，且分布电容小，可靠性高。对器件密度高的单板尤其有利。考虑到成本相差悬殊，功率型电感优选插装电感器，尽量不使用表面贴装；
- d) 选择主流厂家的器件，不选非主流厂家的器件；
- e) 选择有直接或板级替代的器件，尽可能不选独家供货的器件。

8.4 晶体管要求

晶体管选型应满足以下要求：

- a) 二极管的种类众多，稳压管，TVS，肖特基，发光二极管等针对不同的应用，需要关注的参数也是不同的，例如有的关注正向压降，有的关注工作速度等；
- b) 在满足降额要求的前提下，三极管要考虑输出电流和相应的耗散功率、击穿电压大小、放大倍数等参数。同时，应尽量选用热阻小，允许结温高的器件；
- c) 使用条件不要超过 MOS 管手册上所列出的极限工作条件的限制；
- d) 所选晶体管的最大可允许结温 T_{jmax} 应该大于实际工作结温；
- e) 选择主流厂家的器件，不选非主流厂家的器件；
- f) 选择有直接或板级替代的器件，尽可能不选独家供货的器件。

8.5 光模块要求

光模块选型应满足以下要求：

- a) 光模块的接口优选 LC，SC；其它常用接口有 FC、ST 等；
- b) 光模块尽量选用 ESFP/SFP/XFP；
- c) 小型化光收发一体模块选用供电电源为+3.3V 的模块，不宜选用+5V 模块；
- d) 光模块、光器件选型首先要区分单模、多模；注意传输距离、传输速率（带宽）。单模传输速率高，传输距离远（几十公里），器件通常为 LD、PIN 组件，稳定可靠，平均寿命长，价格较高；多模传输距离短（小于 2 公里），传输速率低，通常为 LED、PIN 组件，平均寿命短，价格低；
- e) 具备 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 温度工作范围；
- f) 选用 SFP 光模块时，需要支持热插拔。

8.6 光耦要求

光耦选型应满足以下要求：

- a) 根据实际需要确定基本参数：
 - 1) 输入电流；
 - 2) 最大电流输出；

- 3) 输出侧能承受的最大电压;
- 4) 隔离电压;
- 5) CTR;
- 6) 响应速度。
- b) 优选单路;
- c) 同一类器件, 会有功能兼容的多个型号分别对应不同的电流传输比时, 优选 CTR 值较大的;
- d) 选用的各类光耦需要通过相应的国际标准安规认证;
- e) 重点关注封装, 要求光耦的封装质量合格, 光耦的耐焊接热、抗高温、抗振动的性能要满足相应的安规标准要求;
- f) 所选用的光耦必须是量产一年以上的产品;
- g) 选择有直接或板级替代的器件, 尽可能不选独家供货的器件;
- h) 选择主流厂家的器件, 不选非主流厂家的器件。

9 互感器技术要求

互感器选型应满足以下要求:

- a) 互感器的额定工作电压应与线路额定电压相符合;
- b) 电流互感器的额定电流 \geq 线路负载电流;
- c) 互感器所接二次负载(包括电工仪表和继电器)不应超过相应准确等级下的额定容量, 否则准确等级会下降;
- d) 根据电气测量和继电保护的要求, 选择电流互感器的适当准确等级;
- e) 主要技术指标: 线性范围、连续过载能力、10s 过载能力、1s 过载能力、精度要求;
- f) 绝缘可靠、足够高的测量精度、当被测线路发生故障出现的大电流时互感器应在适当的量程内饱和以保护测量仪表。

10 继电器技术要求

继电器选型应满足以下要求:

- a) 继电器选型主要考虑: 外形及安装方式、线圈参数、触点参数、时间参数、环境条件、安全要求、电磁兼容、安装使用要求等。另外, 对于射频继电器, 还需考虑其高频特性;
- b) 优选主流厂家的器件。优先产品生命周期长、处于产品成熟期、兼容替代性强的器件。