

ICS 29.240

K 45

备案号: 62408-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1778 — 2017

柔性直流保护和控制设备技术条件

Specification for protection and control equipment of VSC-HVDC

2017-12-27 发布

2018-06-01 实施

国家能源局 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 总则..... 1

5 保护功能..... 3

6 控制功能..... 7

7 接口与通信功能..... 14

8 装置其他要求..... 16

9 试验要求..... 16

10 标识、包装和运输要求..... 21

11 出厂随行文件..... 22

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业继电保护标准化技术委员会（DL/TC 15）归口。

本标准起草单位：南京南瑞继保电气有限公司、国网北京经济技术研究院、南方电网电力调度控制中心、南方电网科学研究院有限责任公司、国网浙江省电力公司调度控制中心、许继电气股份有限公司、北京四方继保自动化股份有限公司、国网浙江省电力公司电力科学研究院、中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司、中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、国网浙江省电力公司舟山供电公司。

本标准主要起草人：董云龙、马玉龙、朱韬析、李岩、裘愉涛、潘武略、张爱玲、司喆、张静、陆翌、谢瑞、伦振坚、厉璇、陈俊、陈波。

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）。

柔性直流保护和控制设备技术条件

1 范围

本标准规定了柔性直流输电系统保护和控制设备的功能、接口、试验方法、标识、包装、运输、贮存等。

本标准适用于柔性直流输电系统保护和控制设备（以下简称保护控制设备）的设计、制造、厂内测试和使用的依据。

2 规范性引用文件

下列文件的引用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 9361 计算机场地安全要求

GB/T 11287 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 高压直流输电术语

GB/T 13730—2002 地区电网调度自动化系统

GB/T 14537 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验

GB/T 14598.27 量度继电器和保护装置 第 27 部分：产品安全要求

GB/T 17742 中国地震烈度表

GB/T 18700 远动设备和系统

GB/T 22390.1—2008 高压直流输电系统控制与保护设备 第 1 部分：运行人员控制系统

DL/T 478—2013 继电保护和安全自动装置通用技术条件

DL/T 720—2013 电力系统继电保护及安全自动装置柜（屏）通用技术条件

DL/T 860（所有部分）电力自动化通信网络和系统

IEEE 802.3 信息技术标准 系统间的远方通信和信息交换 局域网和城域网 特殊要求 第 3 部分：载波监听多路访问 / 冲突检测(CSMA/CD)(Standard for information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements-Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection(CSMA/CD)access method and physical layer)

IEEE 1003.1 信息技术 可移植的操作系统接口 (POSIX) 第 1 卷：基本定义(Information technology-Portable operating system interface(POSIX)-Volume 1: Base definitions)

3 术语和定义

GB/T 13498 界定的术语和定义适用于本文件。

4 总则

4.1 一般要求

保护控制设备的体系结构、功能配置和总体性能应与工程的主回路结构和运行方式相适应，保证

柔性直流输电系统的安全稳定运行。

保护设备与直流控制的功能和参数应正确地协调配合，设备应首先借助直流控制系统的能力去抑制故障的发展，改善直流系统的暂态性能，减少直流系统的停运。

4.2 可靠性、安全性要求

保护控制设备应采用可靠的冗余结构，确保任何的单一元件故障（出口元件除外）不会引起设备的不正确动作。冗余保护和控制的任意一重设备因故障或其他原因退出运行及检修时，不应影响整个直流系统的正常运行。

保护控制设备应具备全面的自诊断功能，自诊断功能应覆盖设备的主机、电源、测量回路、输入输出回路、通信回路等所有硬件和软件模块，并提供足够的信息使故障定位到最小可更换单元。

保护控制设备的机箱、机柜以及电缆屏蔽层均应可靠接地。保护控制设备各子系统之间和不同接地点的设备之间的接口和通信连接应具有电气隔离措施。

4.3 可扩展性要求

柔性直流输电系统的保护控制设备的软硬件宜采用模块化设计，具备开放式结构和良好的可扩展性能。控制系统采用开放的网络结构，通信规约采用标准的国际通用协议。

4.4 环境条件

4.4.1 正常工作大气条件

保护控制设备正常工作大气条件应符合下列要求：

- a) 环境温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：5%~95%（产品内部不凝露，不结冰）；
- c) 大气压力：80kPa~110kPa。

4.4.2 试验的标准大气条件

保护控制设备正常试验大气条件应符合下列要求：

- a) 环境温度： $+15^{\circ}\text{C}\sim+35^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：45%~75%；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa。

4.4.3 周围环境

保护控制设备使用地点周围环境应符合下列要求：

- a) 场地应符合 GB/T 9361 中 B 类安全要求；
- b) 使用地点不出现超过 GB/T 11287 规定的严酷等级为 1 级的振动、GB/T 14537 规定的严酷等级为 1 级的冲击和碰撞；不发生超过 GB/T 17742 规定的烈度为 7 度的地震；
- c) 使用地点应无爆炸危险的物质，周围介质中不应含有能腐蚀金属、破坏绝缘和表面敷层的介质及导电介质，不应有严重的霉菌存在；
- d) 应有防御雨、雪、风、沙、尘埃的措施；
- e) 保护控制系统的屏柜接地应符合 DL/T 720—2013 的要求，装置接地应符合 DL/T 478—2013 的要求。

4.5 电源要求

4.5.1 交流电源

装置的交流电源应符合下列要求：

- a) 额定电压：220V，允许偏差 $-15\%\sim+15\%$ ；
- b) 频率：50Hz，允许偏差 $\pm 1\text{Hz}$ ；
- c) 波形：正弦，畸变因数不大于5%。

4.5.2 直流电源

装置应配置两路独立直流供电电源，电源应满足下列要求：

- a) 额定电压：220V、110V；
- b) 允许偏差： $-20\%\sim+15\%$ ；
- c) 纹波系数：不大于5%。

4.6 电磁兼容要求

保护控制设备应能但不限于抵御来自诸如以下干扰源的干扰：

- 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开关或断路器，包括投切大的容性或感性负荷，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) 由于阀厅换流阀单元可控器件的开通与关断引起的暂态过程；
- d) 由与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5W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100W、工作在特高频（UHF）或超高频（VHF）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。

4.7 绝缘性能

保护控制设备的绝缘性能应满足 DL/T 720—2013 中 3.11 的要求。

4.8 机械性能

保护控制设备的机械性能应满足 DL/T 720—2013 中 3.13 的要求。

4.9 连续通电

保护控制设备完成调试后，出厂前应进行连续通电试验。试验期间，保护控制系统工作应稳定可靠，动作行为、信号指示应正确，无元器件损坏、软件运行异常或其他异常情况出现。

5 保护功能

5.1 配置要求

5.1.1 保护范围及分区

直流保护的范围包括：换流器区域、直流场区域、联接变压器保护区域、站内交流连接母线保护

区域。直流保护必须对保护区的所有相关的直流设备进行保护。相邻保护区之间应重叠，不存在保护死区。保护功能应考虑与阀自身保护的配合。

直流保护宜按照下述分区进行配置：

- a) 换流器区域：指阀组、阀组与交流母线的部分连接线路及连接于该线路上的所有设备。
- b) 直流场区域：指从阀厅直流侧测点至对侧换流站之间串联的直流电抗器以及直流输电线路等设备。
- c) 联接变压器保护区：包括联接变压器、联接变压器网侧与交流开关场相连的交流断路器之间区域的所有设备。
- d) 站内交流连接母线保护区：包括联接变压器阀侧套管至桥臂电抗器网侧区域之间的所有设备。

5.1.2 保护系统冗余

保护应采用三重化配置、三取二出口，以保证其可靠性；应既能防止拒动，又能防止误动。保护的防误动措施应当在每一重保护的设计中完成，保护出口均应独立起动跳闸。

每重保护都应完整覆盖所规定的区域，并能独立地对所保护设备或区域进行全面、正确的保护。各重保护之间在物理上和电气上应完全独立，即有各自独立的电源回路、测量互感器的二次绕组、信号输入/输出回路、跳闸回路、通信回路、主机以及二次绕组与主机之间的所有相关通道、装置和接口。任意一重保护因故障、检修或其他原因而完全退出时，不应影响其他各重保护，并对整个直流系统的正常运行没有影响。

5.1.3 测量点及测量装置

保护测点配置必须满足相邻保护区之间重叠，不存在保护死区。直流测量设备的精度和动态测量范围应与保护功能相匹配。模拟量测量综合误差不大于1%，采样频率不小于10kHz。

5.1.4 动作出口

每一套保护提供两路跳闸出口，满足断路器两路跳闸要求。

每一套保护应提供一路闭锁出口，可以通过控制设备，实现闭锁直流系统的功能。

5.2 功能要求

5.2.1 一般要求

柔性直流输电系统保护功能和动作定值应根据柔性直流系统的运行方式，在运行过程中进行动态的配置和调整，自动适应工程确定的所有运行方式，并且不应在运行方式切换过程中出现保护误动。

5.2.2 保护功能配置

5.2.2.1 换流器区保护

对于柔性直流输电系统换流器区主设备，一般可根据工程需要选择配置以下保护功能。

- a) 桥臂过流保护：检测换流阀及直流接地短路故障。
- b) 桥臂电抗差动保护：检测电抗器及相连母线接地故障。
- c) 阀差动保护：检测阀组接地故障。
- d) 桥臂环流保护：检测控制或者桥臂电抗匝间短路故障引起桥臂环流过大。
- e) 交流过流保护：检测换流阀及直流接地短路故障。

5.2.2.2 直流场区保护

对于柔性直流输电系统直流场区主设备，一般可根据工程需要选择配置以下保护功能。

- a) 直流电压不平衡保护：检测直流线路或母线单极接地故障，交流接地故障。
- b) 直流欠压过流保护：检测直流线路双极短路故障。
- c) 直流低电压保护：检测直流线路异常电压故障，可作为直流欠压过流保护和交流欠压保护的后备保护。
- d) 直流过电压保护：保护直流设备免受直流过电压的损坏。
- e) 直流线路纵差保护：检测直流线路接地故障，作为直流欠压过流保护和直流电压不平衡保护的后备保护。
- f) 直流场接地过流保护：检测直流系统发生的接地故障。
- g) 谐波保护：检测因控制系统故障或线路碰线造成的谐波或低频分量。
- h) 直流过流保护：检测直流线路出现过流的故障。
- i) 直流母线差动保护：检测站内直流母线发生的接地故障。

5.2.2.3 联接变压器区保护

对于柔性直流输电系统联接变压器保护区主设备，一般可根据工程需要选择配置以下保护功能。

- a) 交流欠压保护：检测交流系统故障引起换流器交流电压长时间欠压的故障。
- b) 交流过压保护：检测交流系统故障引起换流器交流电压过压的故障。
- c) 交流频率保护：检测联接变压器网侧交流电压频率异常。
- d) 联接变压器阀侧中性点偏移保护：监测联接变压器阀侧交流引线出现的接地故障，作为解锁前的必要条件。
- e) 联接变压器中性点电阻过载保护：保护中性点电阻长期通流发热所导致的设备损坏。
- f) 联接变压器差动保护：
 - 1) 保护范围应包括联接变压器网侧和阀侧的电流互感器之间的区域。
 - 2) 保护应能正确检测保护范围内的接地和匝间短路故障。
 - 3) 保护应当设置 2 次谐波分量和 5 次谐波分量的制动特性，防止励磁涌流引起保护误动。
 - 4) 保护应具有穿越电流制动特性，在差动电流很高的情况下，保护配有差动速断实现快速跳闸。
- g) 联接变压器大差保护（包括换流母线和联接变压器）：
 - 1) 保护应通过测量联接变压器引线和联接变压器阀侧的电流，以检测联接变压器引线上或联接变压器的故障。
 - 2) 保护应当设置 2 次谐波分量和 5 次谐波分量的制动特性，防止励磁涌流引起保护误动。
 - 3) 保护应具有穿越电流制动特性，在差动电流很高的情况下，保护配有差动速断实现快速跳闸。
- h) 联接变压器绕组差动保护：保护应能检测联接变压器绕组接地故障，防止绕组损坏。
- i) 联接变压器引线差动保护：
 - 1) 保护范围应包括联接变压器引线电流互感器到联接变压器一次侧的电流互感器之间的区域。
 - 2) 保护应只对工频敏感，并且考虑穿越电流的制动特性。
- j) 联接变压器过流保护：保护应通过测量联接变压器一次侧的电流检测联接变压器的短路故障，推荐采用定时限特性。
- k) 联接变压器过压保护：保护应通过测量联接变压器引线上每相的电压，把相对地间的电压与电压定值比较来判断是否发生非正常过电压。

- l) 联接变压器过励磁保护：保护应根据电压和频率的比值来反映变压器的过励磁。
- m) 联接变压器零流保护：保护应测量联接变压器中性线上的电流，能够检测联接变压器 Y 型绕组的接地故障。
- n) 联接变压器零序差动保护。保护应能够检测联接变压器一次绕组的内部接地故障。
- o) 联接变压器过负荷。测量联接变压器网侧电流，用以检测变压器过负荷，当达到定值时报警。
- p) 变压器本体保护。本体保护应随变压器本体配套提供，制造商应为联接变压器本体保护提供合适的接口以便接入保护系统。当联接变压器发生了冷却器故障、油温过高、油压异常、油位过低、气体积聚和气体冲击等故障时，本体保护应根据故障严重程度及时发出报警或跳闸信号。
- q) 阻抗保护。保护应通过测量联接变压器网侧电压、电流（网侧套管电流或进线串和电流）以及阀侧电压、阀侧套管电流，检测变压器内部的相间短路及接地故障，保护范围为联接变压器网侧、阀侧模拟量测点之间的整个区域。
- r) 零序保护。保护应通过测量联接变压器各侧绕组的套管电流（网侧可取进线串和电流）自产零流以及 Y 型绕组的中性点零流，检测联接变压器内部接地故障，保护范围为联接变压器网侧、阀侧模拟量测点之间的整个区域。

5.2.2.4 站内交流连接母线区保护

对于柔性直流输电系统站内交流连接母线保护区主设备，一般可根据工程需要选择配置以下保护功能：

- a) 交流引线差动保护：检测联接变压器到阀之间的交流连接区的接地故障。
- b) 启动回路热过载保护：检测因启动时间过长或电流过大引起的启动电阻过热。
- c) 启动回路差动保护：检测启动回路中发生的接地故障。
- d) 阀侧零序分量保护：检测联接变压器阀侧交流连线的接地故障。

5.3 性能要求

直流保护应满足下列性能要求：

- a) 保护装置的技术性能在运行中所有可能遇到的情况下都应满足速动性、可靠性、灵敏性和选择性的要求。
- b) 所有设备应受到全面的保护而免受过应力，或所受应力在最短时间内降至最低。
- c) 保护系统应保证故障设备在最短时间内退出运行。
- d) 在所有可能的运行工况下，保护动作只切除故障区域，不应发生拒动和误动。
- e) 不应发生由保护装置本身故障而导致的直流系统停运。
- f) 当故障区域断电并隔离后，停运设备区的保护系统不应影响其他系统的正常运行。
- g) 直流保护装置自检覆盖率应达到 100%，即自检应能覆盖从测量二次绕组开始，包括信号输入、输出回路，通信回路，主机和其他所有相关设备。所有自检的报警、闭锁、退出运行等信号，应分别传送给运行人员控制系统和直流保护故障录波系统，并应定位发出信号的模块位置。
- h) 系统电磁兼容性能应满足本标准规定的要求，保护装置的带电可插拔器件在插拔过程中不应引起保护控制系统的误动或拒动。
- i) 在冗余配置的直流保护装置的其中一个系统上进行维护工作时，不应影响其他保护装置的运行，不应对该极的传输功率产生任何扰动。
- j) 设备平均无故障间隔时间 (MTBF)：不小于 10 0000h。
- k) 辅助电源：备用辅助电源馈电回路应彼此完全隔离，并应向各重保护供给独立的电源。任一

重保护或其中保护功能的电源发生单一故障，都不应导致丧失直流输送功率的能力或降低实际输送的直流功率，或使任何元件失去全部保护。应保证各电源模块在 5 年之内的输出纹波不超过 2%。

6 控制功能

6.1 配置要求

柔性直流输电系统的控制设备宜根据功能划分为 4 个子系统：远动通信系统、运行人员控制系统、交直流站控系统、直流控制系统，各子系统间通过标准接口通信，实现完整的控制功能。

6.2 功能和性能要求

6.2.1 远动通信系统

6.2.1.1 一般要求

远动通信系统的总体功能和性能要求可参考 GB/T 18700 的相关规定。

6.2.1.2 功能要求

远动通信系统应具备以下功能：

- a) 应能完成规定的信号传输要求。
- b) 应具有模拟量越限优先传送、开关量变位优先传送和全数据传输功能。
- c) 支持 IEEE 802 系列局域网协议，如 10/100Mbit/s 以太网。
- d) 支持 TCP/IP 协议。
- e) 采用 ATM 设备接入时支持 ATM 协议。
- f) 支持 SNMP 网管协议。
- g) 每个远动工作站除提供满足与远动 LAN 连接和实现点对点专线传输所必须的接口外，对不同类型的接口至少应提供 1 个备用接口。
- h) 对于需要事件顺序记录的远方调度中心，远动工作站应提供与换流站运行人员控制系统中事件顺序记录相同的内容，时标应为事件产生时的时刻。
- i) 应避免出现物理环网，具备抗网络风暴的能力。
- j) 远动工作站在软件故障后应能自动重新启动。
- k) 远动工作站应具备与站时钟系统对时的功能。
- l) 远动工作站应具备就地监视功能（如运行情况显示、记录及打印），方便设备运行和维护。
- m) 远动工作站应具备远方配置组态功能。
- n) 在失电后，电源重新恢复时系统应有自启动能力。
- o) 远动工作站应用软件应支持各调度中心以及本地运行人员工作站对换流站的分区控制，且同一控制区在同一时间内仅能被一个控制属主控制，不同控制属主可在同一时间内控制不同的控制区。
- p) 远动工作站对各调度中心的遥控操作应具有返送校核功能。
- q) 若采用交流电源，由 UPS 供电，AC 220V；若采用直流电源，DC 110V 或 DC 220V。

6.2.1.3 性能要求

远动通信系统应满足如下性能要求：

- a) 数据传输实时性要求为：从 I/O 测控单元监测到数据变化，到数据发送至远动 LAN 网的时延：模拟量小于 2s，状态量小于 1s；
- b) 系统可用率不小于 99.99%；
- c) 遥信正确率不小于 99.9%；
- d) 遥控正确率为 100%；
- e) 遥调正确率为 100%；
- f) 遥信变位传送时间不大于 2s；
- g) 遥测越死区传送时间不大于 3s；
- h) 遥控传送时间不大于 2s；
- i) SOE 分辨率不大于 1ms；
- j) 远动通道切换时间不大于 10s；
- k) 设备平均无故障间隔时间 MTBF 大于 17 000h。

6.2.2 运行人员控制系统

柔性直流工程的运行人员控制系统的基本功能可参考 GB/T 22390.1—2008 中 4.4 的规定。同时，功能配置应考虑柔性直流工程的特殊要求，与柔性直流输电系统的主回路结构以及运行方式相适应。柔性直流工程的运行人员控制系统应具备更高的信息容量和处理能力。

应采用纵向加密和横向隔离等措施，阻止外部非法信号和指令的侵入，确保保护和控制设备网络的安全，并具备高度的保密性。

6.2.3 交、直流站控系统

6.2.3.1 一般控制功能

交直流站控系统应能接收来自运行人员或远方调度的控制命令，完成交直流场断路器/隔离开关/接地开关的操作、联接变压器的控制、辅助系统的控制等操作。

6.2.3.2 控制位置

站控系统的所有控制功能应在远方调度中心、换流站主控室、就地控制位置和设备就地这 4 个级别来完成；设备控制功能的优先级应设计为：分层结构上越低的位置，其控制优先级越高；运行人员发出的手动操作命令，其控制优先级别应高于正在执行过程中的自动顺序控制操作。站控系统应具有可靠的逻辑，保证在任何时刻只能接收同一个控制位置发出的命令，并能够方便切换。

6.2.3.3 联锁功能

站控系统还应具备如下连锁功能：

- a) 所有控制操作，应设计有安全可靠的联锁功能，联锁功能应禁止任何可能引起不安全运行的控制操作的执行，以保证设备的正常运行和运行人员的安全。联锁包括硬件联锁和软件联锁，其中硬件联锁的种类包括机械联锁、电磁联锁和电气联锁。联锁范围包括：
 - 直流开关场；
 - 联接变压器、阀厅；
 - 交流开关场（包括交流滤波器场）；
 - 站用电系统（含 35kV、10kV、400V、UPS 和直流蓄电池系统等）。
- b) 联锁系统的设计应满足以下要求：
 - 不带负荷闭合隔离开关；

- 不带负荷拉开隔离开关；
- 接地开关合闸时，不闭合隔离开关；
- 当母线或设备带电时，不操作接地开关。
- c) 联锁系统的功能应在最低的控制层次完成，以保证即使设备处于继电器室内的就地控制或设备就地控制时，联锁也能有效地执行。
- d) 运行人员在任一控制层对设备进行操作时，联锁均应起作用。
- e) 为便于运行检修或紧急情况操作，应配置就地可以投/退联锁功能的手段。

6.2.3.4 系统同期功能

站控系统的同期功能需满足如下要求：

- a) 换流站内应配置同期功能，允许所有线路及主变压器进线实现同步联网。站内应设手动准同期功能和捕捉同期功能。同期操作可在换流站监控系统进行，也可在开关场继电器室进行。
- b) 为防止可能出现两个断路器同时进行同期操作的情况，应设计自动闭锁功能，确保同时只允许唯一地点进行同期操作。
- c) 设备应具有手动和自动同期检测功能，同期功能应能满足检无压、检同期等不同控制方式的要求，同期成功、失败应有信息给出。
- d) 同期检测应包括电压幅值、电压相角及频率检测，只有当这三者相同时才能实现联网操作，站内同期应为单相同期。换流站均为 A 相同期。
- e) 对于交流场，除母线上设有电压互感器外，每个线路或变压器间隔还有专用的电压互感器，供同期系统使用。

6.2.3.5 监视功能

6.2.3.5.1 一般监视功能

站控系统具备的一般监视功能包括：

- a) 交直流站控系统应对换流站内所有设备的运行状态与操作进行全面的监视，监视信号应能上传到运行人员控制系统和远动系统。
- b) 交直流站控系统采集的数据信号应满足运行人员监控系统和远方调度 SCADA 系统的要求。

6.2.3.5.2 数据采集功能

交直流站控系统通过数据采集（I/O）单元采集有关信息，检测出事件、故障、状态、变位信号及模拟量正常、越限信息等，进行包括对数据合理性校验在内的各种预处理，实时更新数据库，其范围包括模拟量、开关量等，具体如下：

- a) 模拟量。模拟量采用交/直流采样方式，对无法直接采集得到的数值，应能通过计算得到这些量的值。交流采样 A/D 分辨率及周期必须满足精度和同期要求。
- b) 开关量。开关量的采集应采用光电隔离，在接点抖动或外部干扰情况下不误发信。设备按扫描周期定时采集输入量，进行数据库更新，开关变位数据优先主动上传。当状态发生变化时，应进行设备异常报警。
- c) 串口或网络采集信号。应采用国际标准的串行通信接口或网络通信接口，通信协议应符合国际（国内）标准要求。

6.2.3.5.3 事件采集及上传功能

交直流站控系统应能够采集站控系统内部产生的和通过站控采集（I/O）单元采集到的其他系统和

设备产生的事件，并将这些事件即时上传至运行人员控制系统，刷新显示和系统数据库进行存贮。其事件时标的分辨率不应大于 1ms。

6.2.3.5.4 谐波监视功能

站控系统应具备的谐波监视功能包括：

- a) 交直流站控系统应具有对全站谐波的自动监视和分析功能。对所测谐波值，应按照标准进行数理分析，得出各次谐波的统计值。
- b) 监测和分析结果至少应包括交直流电压和电流中的从 1 次~50 次各次谐波含量、交流电压的总谐波畸变率、交流电流的总谐波畸变率。
- c) 谐波监测结果应送入运行人员控制系统监视和在系统数据库中存贮。

6.2.3.6 接口功能

交直流站控系统应提供与换流站内下列设备的接口功能：

- a) 与一次设备的接口。
- b) 与运行人员控制系统、极控、交流保护等其他二次设备的接口。
- c) 与辅助系统的接口。
- d) 与时钟系统的接口。

6.2.3.7 交直流站控系统的技术指标

交直流站控系统应满足如下技术指标：

- a) 模拟量测量综合误差不大于 0.5%；
- b) 电网频率测量误差不大于 0.01Hz；
- c) 事件顺序记录分辨率（SOE）不大于 1ms；
- d) 遥测信息响应时间（从 I/O 输入端至远动通信装置出口）不大于 3s；
- e) 遥信变化响应时间（从 I/O 输入端至远动通信装置出口）不大于 2s；
- f) 控制命令从生成到输出的时间不大于 1s；
- g) 实时数据更新周期模拟量不大于 3s；
- h) 实时数据更新周期开关量不大于 2s；
- i) 双机系统可用率不小于 99.98%；
- j) 遥信量年采集正确率不小于 99.99%；
- k) 设备平均无故障时间（MTBF）不小于 20 000h；
- l) 各工作站的 CPU 平均负荷率：
正常时（任意 30min 内）不大于 30%，
电力系统故障（10s 内）不大于 50%；
- m) 对时精度不大于 1ms。

6.2.4 直流控制系统

6.2.4.1 分层

直流极控系统应进行分层配置。依照功能应分为系统控制层、换流器控制层。

系统控制层应具备顺序控制、协调控制、空载加压试验控制、过负荷限制、联接变压器分接开关控制、附加控制、阀解锁/闭锁顺序、自诊断等功能。

换流器控制层应具备有功类外环控制、无功类外环控制、内环电流控制功能。

6.2.4.2 系统控制层

6.2.4.2.1 顺序控制

系统需满足顺序控制功能要求如下：

- a) 顺序控制主要是对换流站内一组断路器、隔离开关、接地开关的开/合操作、换流阀的解锁/闭锁、运行模式的转换、控制模式的转换等操作提供自动执行功能。顺序控制应能由运行人员在运行人员工作站通过站控系统或在站控主屏上手动启动，两者的优先级别为后者高于前者。
- b) 在直流系统正常顺序控制的动态过程中，联锁应避免除保护外的其他操作或顺序控制的可能性。当顺序控制失败而中止时，或系统处于非正常状态时，联锁应中止顺序控制，避免起动后续的顺序步骤。
- c) 换流站之间的自动顺序的协调配合，应经由站间通信系统以极为基础进行配置。
- d) 辅助电源瞬时丢失时或其他控制系统故障状态下，顺序控制程序不得发出改变状态的命令。

通过顺序控制功能，可以实现下述顺序操作：

- 极检修/隔离；
- 极连接/隔离；
- 联接变压器充电/断电；
- 换流阀充电/断电；
- 阀解锁/闭锁；
- 极的起动/停运；
- 定直流电压/定有功功率模式转换；
- 定有功功率/定频率模式转换；
- 定交流电压/定无功功率模式转换；
- 直流运行和 STATCOM 运行方式之间转换；
- 空载加压试验。

6.2.4.2.2 协调控制

两端或多端柔性直流输电系统的直流控制系统应配置站间协调控制，在正常状态下应能选择某一换流站作为唯一的定直流电压控制站为主站平衡直流网络的功率，保证直流系统的电压稳定性。

具有两个独立极的双极柔性直流输电系统的直流控制系统应配置极间协调控制，使得有功功率和无功功率在每个极之间正确分配。

6.2.4.2.3 过负荷限制

柔性直流换流站可以设置过负荷限制功能。过负荷限制包含短时过负荷限制和长期过负荷限制。

6.2.4.2.4 联接变压器分接开关控制

联接变压器分接开关控制应具有手动控制和自动控制两种模式。

如果选择了手动控制模式，应有报警信号送至 SCADA 系统。当运行在手动控制模式时，可单独调节单个联接变压器的分接头，也可同时调节所有联接变压器的分接头。如果选择了单独调节分接头，那么在切换回自动控制前，必须对所有联接变压器的分接头进行手动同步。手动控制应被视为一种保留的控制模式。应当在自动控制模式失效的情况下，才被起用。无论是在手动控制模式还是在自动控制模式，当分接头被升/降至最高/最低点时，极控系统应发出信号至 SCADA 系统，并禁止分接头继续升高/降低。

联接变压器为有载调压，自动模式下其分接头的控制策略为控制换流器的调制比或变压器阀侧交流电压，使调制比或交流电压位于死区范围内。

6.2.4.2.5 附加控制

可根据工程需要选择配置如下附加控制：

- a) 功率回降。
- b) 功率提升。
- c) 快速功率反转。
- d) 阻尼次同步振荡。
- e) 异常交流电压控制。
- f) 异常交流频率控制。
- g) 附加其他工程需要的调制信号。

6.2.4.2.6 阀解锁/闭锁顺序

解锁由运行人员手动启动。可以根据不同工程的实际需要，选择合适的解锁顺序。各换流器可独立选择需要的无功类控制模式。

换流阀的闭锁包括由直流保护启动的保护性闭锁和由运行人员启动的闭锁。

- a) 保护性闭锁。在某些故障工况下，直流保护启动保护性闭锁。保护性闭锁分为临时闭锁和永久闭锁。
 - 临时闭锁。当保护发出临时性闭锁信号时，将闭锁换流阀。临时性闭锁信号消失后，换流阀将重新解锁。
 - 永久闭锁。当保护发出永久性闭锁信号时，立即闭锁换流阀，不再重新解锁。
- b) 运行人员启动的闭锁。运行人员启动的闭锁分为紧急停运和正常停运两种。
 - 紧急停运（ESOF）。紧急停运的顺序应为：立即永久闭锁换流阀，跳交流和直流断路器，锁定交流和直流断路器，并执行极隔离。在直流系统各端换流站主控室侧面墙上应设置一个带盖子的手动按钮作为换流站的紧急停运按钮。只要运行人员按下紧急停运按钮，极控系统应自动执行紧急停运顺序控制。紧急停运的指令也可以从极控柜上启动，或从远方调度中心下达。紧急停运顺序控制的目的是为了在人身或设备安全受到威胁时使直流系统立即停运。紧急停运应保证直流在最短时间内停运。
 - 正常停运。正常停运的顺序应为：首先将有功、无功功率降低至允许的最小值，非直流电压控制的换流阀先闭锁，最后闭锁定直流电压控制的换流阀。可在远方调度中心、运行人员工作站和极控柜上启动正常停运顺序。

6.2.4.3 换流器控制层

6.2.4.3.1 有功类外环控制

应具备的换流器有功类外环控制功能包括：

- a) 定直流电压控制。定直流电压控制模式下，直流控制系统应能控制直流电压为运行人员设定值的电压值，定直流电压控制应具有两种运行控制方式。
 - 手动控制：由运行人员设定希望的直流电压定值。
 - 自动控制：解锁前直流电压的指令值为预定的直流电压定值，该直流定值小于额定值；解锁成功后，经过预定的时间直流电压指令由原降压定值线性变化为额定值。

当执行直流电压升降指令时，直流电压应当线性地以运行人员设定的直流电压升降速率变化至预定的直流电压定值。

当执行直流电压阶跃指令时，直流电压应按阶跃的方式变化到设定值。

- b) 定有功功率控制。定有功功率控制模式下，极控系统应能控制换流器的有功功率为运行人员设定值或预先设定的功率曲线值，定有功功率控制应具有两种运行控制方式。

——手动控制：由运行人员设定希望的有功功率定值及有功功率升降速率。

——自动控制：有功功率定值及有功功率变化率可以按预先编好的日（或周或月）输送功率负荷曲线而自动变化。

当执行有功功率升降指令时，换流器有功功率应当线性地以运行人员设定的有功功率升降速率变化至预定的有功功率定值。

当执行有功功率阶跃指令时，换流器有功功率应按阶跃的方式变化到设定值。

- c) 定频率控制。在有功功率控制基础上叠加频率控制，控制交流系统的频率为其额定频率。
- d) 控制模式转换。有功类控制模式由定频率控制变为定有功功率控制或相反时，模式转换应该是平滑的，不应引起电压和功率波动。

6.2.4.3.2 无功类外环控制

应具备的换流器无功类外环控制功能包括：

- a) 定交流电压控制。定交流电压控制模式下，极控系统应能控制交流电压为运行人员设定值的电压值。

当执行交流电压升降指令时，交流母线电压应当线性地以运行人员设定的交流电压升降速率变化至预定的交流电压定值或预先设定的电压曲线值。

当执行交流电压阶跃指令时，交流母线电压应按阶跃的方式变化到设定值。

- b) 定无功功率控制。定无功功率控制模式下，极控系统应能控制无功功率为运行人员设定值的无功功率值。

当执行无功功率升降指令时，换流器无功功率应当线性地以运行人员设定的无功功率升降速率变化至预定的无功功率定值或预先设定的无功功率曲线值。

当执行无功功率阶跃指令时，换流器无功功率应按阶跃的方式变化到设定值。

- c) 控制模式转换。当控制模式由定无功功率控制变为定交流电压控制或相反时，模式转换应该是平滑的，不应引起无功功率波动。

6.2.4.3.3 孤岛控制

孤岛控制模式下，控制系统控制换流器输出的频率和交流电压为设定值。控制系统应能实现孤岛控制模式与联网控制模式的在线相互转换。

6.2.4.3.4 内环电流控制

应具备的换流器内环电流控制功能包括：

- a) 指令限制。在内环控制策略中应设置电流指令限制环节来控制流过 IGBT 的电流大小，提高系统抵抗扰动的能力。电流指令限制可以根据工程实际选择优先限制有功电流、优先限制无功电流或者同比例限制。
- b) 锁相环。为实现换流器控制与交流系统电压的同步，应在内环控制中配置锁相环。锁相环的输入是在联接变压器的阀侧或网侧母线处测得的三相交流电压，其输出是基于时间的相角值，在稳态时等于系统交流电压的相角。
- c) 交流电流控制。交流电流控制接受经过指令限幅后的来自外环控制的有功、无功电流指令，根

据当前的交流电流、电压采样值计算得到换流器的每相参考电压指令。交流电流控制器应控制精度高、动态响应速度快，能够快速跟踪电流变化。

- d) 交流电流控制器应具备故障穿越能力。
- e) 环流抑制。内环控制器可以配置有环流抑制功能，环流抑制功能应可以手动退出或投入。

6.2.4.4 性能要求

6.2.4.4.1 稳定性能要求

在规定的交流系统电压及频率变化范围内，柔性直流极控系统都应具有维持稳定地传送直流功率的能力，以及使换流器保持稳定运行的能力。

控制系统应防止任何原因引起的静态不稳定，包括由于交流电压波形畸变引起的不稳定。控制系统在任何条件下，都不应在交流系统中激发振荡，也不应对振荡提供负阻尼。

6.2.4.4.2 控制精度要求

直流控制系统的设计应能达到稳定、无漂移的运行要求，并能在全部稳态运行范围内，把被测有功、无功功率值的误差保持在额定功率的 $\pm 1\%$ 之内，把被测直流电压值的误差保持在电压指令值的 $\pm 1\%$ 范围之内。

6.2.4.4.3 动态性能要求

动态性能需满足如下要求：

- a) 解闭锁动作性能：解闭锁过程中，直流电压、阀侧电流等平稳变化，扰动小，直流电压控制站直流电压超调应满足柔性直流输电工程的要求，有功功率控制站有功超调应满足柔性直流输电工程的要求。
- b) 有功功率控制器的响应：当有功功率处于最小功率至额定功率之间时，有功功率对有功指令的阶跃增加或者阶跃降低的响应时间和超调量应满足柔性直流输电工程的要求。
- c) 无功功率控制器的响应：当无功功率处于最小功率至额定功率之间时，无功功率对无功指令的阶跃增加或者阶跃降低的响应时间和超调量应满足柔性直流输电工程的要求。
- d) 直流电压控制器的响应：当直流电压处于最小电压至额定电压之间时，直流电压对直流电压指令的阶跃增加或者阶跃降低的响应时间和超调量应满足柔性直流输电工程的要求。
- e) 交流电压控制器的响应：当交流电压处于最小电压至额定电压之间时，交流电压对交流电压指令的阶跃增加或者阶跃降低的响应时间和超调量应满足柔性直流输电工程的要求。

7 接口与通信功能

7.1 一般要求

柔性直流保护控制设备的接口和通信包括换流站与远方监控中心的通信、换流站的内部接口和通信以及站间通信等。所有的接口和通信均应采用标准的接口和规约，其中的网络通信可参照 DL / T 860 和 IEEE 802.3 的相关规定。

7.2 远动通信系统与远方监控中心通信

远动工作站与远方监控中心的通信采用数据网通信和点对点通信（专线通信）两种方式，以数据网通信方式作为主方式，点对点通信作为备用方式。

7.3 站内接口和通信

7.3.1 保护控制设备与测量系统之间的通信

保护控制设备的主机与各自的测量系统之间应具备标准的数字通信接口，以便测量系统将采集到交直流场开关量和模拟量信息上送到保护控制主机。

7.3.2 冗余控制设备之间的接口和通信

对于柔性直流系统的控制设备的双重化控制主机之间应通过标准的网络总线进行通信，以实现热备用系统对运行系统控制状态和控制输出的实时跟随。同时，双重化控制主机之间应具备与切换逻辑的接口，以实现系统切换功能。

7.3.3 保护控制设备之间的接口和通信

不同控制设备之间、控制设备和保护设备之间的接口可根据需要配置满足现场需要的通信通道。用于设备之间实时配合的信息可采用高速控制总线或并行硬件接口，一般的状态信息交换可通过站 LAN 网或现场总线进行。当采用并行接口时，应采取电气隔离措施。

7.3.4 辅助二次设备、换流站辅助设备与保护控制设备之间的接口和通信

辅助二次设备（包括 PMU、故障录波等设备）、稳控系统、换流站辅助设备与保护控制设备之间的接口和通信，可根据工程要求和具体设备的情况采用国际或国家标准协议和接口进行通信。

保护控制设备应按照系统设计的要求，配置与交流系统安全稳定控制装置及其他系统控制设备的接口。

7.3.5 保护控制设备与交直流一次系统的接口

柔性直流保护控制设备通过现场 I/O 设备、与保护控制设备接口的测量单元以及交流保护装置自身的输入输出回路等实现与交直流一次系统的接口，直流保护控制系统与换流阀的接口通过阀基控制设备实现。

保护控制设备的模拟量输入回路应包括数字式或模拟式互感器接口，按照工程成套设计要求的测点位置、互感器的类型和数量配置。接口的抗干扰能力和测量精度应满足系统设计的要求。

开关量输入输出接口应保证保护控制与一次设备之间的电气隔离。输入接口应具备抗干扰能力和信号的去抖动功能，正确反映一次设备的状态。输出接口应考虑其初始输出电平的影响，避免初始化期间错误的电平输出对一次回路的误操作。

冗余保护控制的各重设备与交直流一次系统的接口宜相互独立。

7.3.6 保护控制设备与时钟同步设备的接口

柔性直流输电换流站应配置双重化的时钟同步设备，作为全站统一的时间基准。时钟同步设备主要由主时钟系统和时钟信号分配装置构成。

时钟同步设备应同时具备报文对时和脉冲对时两种与站内二次设备的对时方式。时钟同步设备通过其网络接口或串行接口，接入站 LAN 网或保护控制设备的串行接口，下发时钟同步报文。时钟同步设备的对时脉冲通过时钟信号分配装置和保护控制设备的时钟脉冲接口相连。时钟信号分配装置一般安装在站内的各继电小室。

时钟同步设备时钟输出接口的数量应满足换流站柔性直流保护控制设备和其他二次系统的对时需要。

7.4 站间通信

站间通信用于在两侧换流站保护控制设备之间传送保护和控制信息，实现两站保护控制的配合。

可分别为站控、极控和直流保护配置独立的站间通信通道。站控设备的站间通信通道按站配置，极层控制和直流保护的通信通道可根据工程实际情况采用按站或按极配置的方式。换流器层的保护控制之间一般不设独立的站间通信。按站配置和按极配置的站间通信通道均应双重化设计。

对于两条以上直流线路共用接地极的情况，相关线路的换流站之间可配置站间通信通道，用于实现多条直流线路运行的协调控制。

站间通信系统的设计应满足信号传输可靠性的要求，并具备信号残余误码率的信息显示功能。

站间通信应采用国际或国家标准的规约。

8 装置其他要求

8.1 硬件要求

所选用的计算机产品，包括服务器、工作站、网络设备和外部配套设备等，宜采用当时的主流技术通用产品，应考虑可靠性、可维护性、开放性和可扩展性要求，并适当留有余量。

8.2 软件要求

8.2.1 操作系统

操作系统应符合 IEEE 1003.1 规定的开放性国际标准，应支持主要的操作系统平台 Unix、Linux 或 Windows。若采用 Windows 操作系统，应采用完善的防/查/杀病毒程序，严格防止病毒在保护控制系统网络上传播和扩散。

8.2.2 应用软件

软件应按分层分布式结构设计，软件设计应遵循模块化原则或是面向对象设计原则。除了系统软件（含操作系统）、应用软件外，应包括网络管理、数据库管理、人机界面管理等在内的支撑软件。支撑软件应选用专业化的、成熟的主流技术产品，并符合 GB/T 13730—2002 中 3.4.3 的规定。

9 试验要求

9.1 总则

试验主要包括工厂试验、出厂试验和现场试验。

9.2 工厂试验

9.2.1 工厂试验内容

工厂试验包括单屏的型式试验、例行试验和功能试验等。

9.2.2 工厂型式试验

9.2.2.1 试验目的

试验主要验证控制与保护设备是否符合有关工业标准，满足现场运行环境和标准对电磁兼容性的

要求。

9.2.2.2 试验设备

试验应对工程中所应用全部型号的保护控制设备进行测试。

9.2.2.3 试验内容

试验的内容主要包括：

- a) 环境试验。
- b) 电源扰动及断电试验，至少包括但不限于：
 - 1) 频率影响试验；
 - 2) 辅助电源影响试验；
 - 3) 电源中断试验；
 - 4) 辅助电源纹波影响试验；
 - 5) 辅助电源峰值涌流试验。
- c) 振动、冲击、碰撞和地震试验。
- d) 温度贮存试验。
- e) 电磁兼容试验，至少包括以下八种抗扰度试验和两种发射试验：
 - 1) 静电放电抗扰度试验；
 - 2) 射频电磁场抗扰度试验；
 - 3) 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验；
 - 4) 浪涌抗扰度试验；
 - 5) 射频场感应的传导抗扰度试验；
 - 6) 振荡波抗扰度试验；
 - 7) 工频磁场抗扰度试验；
 - 8) 阻尼振荡磁场抗扰度试验；
 - 9) 传导发射试验；
 - 10) 射频发射试验。

9.2.3 工厂例行试验

9.2.3.1 试验目的

试验主要验证保护与控制设备的电气性能是否符合有关工业标准，满足现场的运行环境。

9.2.3.2 试验设备

试验应对工程中所应用全部保护和控制设备进行测试。

9.2.3.3 试验内容

试验的内容主要包括：

- a) 电源偏差试验；
- b) 绝缘性能试验；
- c) 稳态电压试验；
- d) 冲击电压试验；
- e) 100h 连续通电运行试验。

9.2.4 工厂功能试验

9.2.4.1 试验目的

工厂功能试验主要验证工程中所应用的保护控制设备的屏柜接线、电路和软件功能以及参数是否正确。

9.2.4.2 试验设备

工厂功能试验应对工程中所应用的运行人员控制、直流控制、直流保护、交直流站控等核心保护控制设备进行测试，对于现场 I/O 设备，可采用实际装置，也可采用仿真模拟设备代替实际装置进行。在进行功能试验时，应将试验设备与一套搭建了直流输电系统模型的实时仿真系统形成闭环进行试验。

9.2.4.3 试验内容

工厂功能试验的内容主要包括：

- a) 设备外观检查，检查屏柜的外观、安装配线、系统标识等是否满足设计要求。
- b) I/O 单元的性能试验（包括信号输入检查、保护输出检查和模拟量测量精度测试等）。
- c) 软硬件设置检查，对屏内所有需要进行参数设置的装置、板卡、传感器等硬件模块的设置，如 DIP 开关的位置进行检查，对装载的工程软件版本和配置参数进行检查。确认所有硬件软件参数均已按照工程设计要求设定。
- d) 电气电路检查，检查屏柜电源电路、输入输出电路的连接是否正确，校准模拟量输入输出电路的精度。所有模拟量和开关量输入电路的检查，应该从屏柜端子一直查到软件，保证从输入端子到软件的所有连接都正确。
- e) 所有模拟量和开关量输出电路的检查，应该从软件一直查到屏柜端子，以保证从软件到输出端子的所有连接都正确。
- f) 系统 CPU 和网络负荷率试验。
- g) 时钟同步系统对时精度试验。
- h) 事件顺序记录分辨率试验。
- i) 与各级调度通信模拟试验。
- j) 与保护故障录波信息管理子站通信模拟试验。
- k) 功能性能试验，逐项检查屏柜的功能和性能，确认所有功能和各项性能满足设计要求。
- l) 通信一致性试验，对保护控制设备与测量系统、故障录波系统、换流阀控制系统之间的通信进行测试，确认满足保护控制的功能和性能要求。

9.3 出厂试验

9.3.1 试验目的

出厂试验是对直流保护和控制系统再次进行整体功能和性能验证。

功能验证试验通过进行闭环仿真试验对成套直流保护和控制设备的总体功能进行检查、优化和验证。包括验证保护控制软件设计的正确性，检查各保护控制设备之间相互配合的正确性，检验各种运行方式下保护控制的功能与交直流一次系统之间相互作用的正确性，验证顺序控制逻辑的正确性，验证冗余保护控制系统切换和辅助电源掉电对输电过程的影响等。

动态性能验证试验通过进行闭环仿真试验对柔性直流输电系统的暂态特性进行测试。检查各种扰

动情况下交直流系统的相互作用，选择和验证保护控制参数，优化成套保护控制设备在各种直流系统运行工况下的响应。

9.3.2 试验设备

主要包括运行人员控制系统、直流控制、直流保护、交直流站控、阀控设备、时钟同步系统设备、测量设备、故障录波设备等核心保护控制设备，对于现场 I/O 设备，可采用实际装置，也可采用仿真模拟设备代替实际装置进行。在进行试验时，应将试验设备与一套搭建了直流输电系统模型的实时仿真系统形成闭环进行试验。

9.3.3 试验内容

功能验证试验的内容主要包括：

- a) 交直流场开关顺序试验；
- b) 充电试验；
- c) 解锁闭锁试验；
- d) 空载加压试验；
- e) 紧急停运试验；
- f) 稳态性能试验；
- g) 控制模式转换试验；
- h) 功率升降试验；
- i) 自动功率曲线试验；
- j) 功率反转试验；
- k) 系统自监视与切换试验；
- l) 附加控制；
- m) 电磁干扰试验等。

动态性能验证试验的内容主要包括：

- a) 阶跃响应试验；
- b) 额定负荷试验；
- c) 交流系统故障试验；
- d) 直流系统故障试验。

9.4 现场试验

9.4.1 现场试验内容

现场试验包括设备单体试验、分系统试验、站系统与系统试验。

9.4.2 设备单体试验

9.4.2.1 试验目的

设备单体试验主要是确保保护控制设备已正确地安装，并能按设计要求正常工作和操作。

9.4.2.2 试验设备

设备单体试验应对工程现场的所有保护控制设备进行测试。

9.4.2.3 试验内容

设备单体试验的内容主要包括：

- a) 控制、保护及报警电路中的继电器和控制参数的整定在内的功能试验；
- b) 接线及其绝缘电阻检查；
- c) 诊断软件功能的验证；
- d) 通信系统的功能检查；
- e) 远动信号的功能、响应时间及误码率检查；
- f) 所有具有自检功能的设备或仪器的自检试验。

9.4.3 分系统试验

9.4.3.1 试验目的

分系统试验主要检验保护控制设备之间、各分系统之间的接口和连接的正确性，保护控制系统的整体配合是否满足设计要求。

9.4.3.2 试验设备

分系统试验应对工程中所有保护控制设备及其外回路进行测试。

9.4.3.3 试验内容

分系统试验的内容主要包括：

- a) 检查保护和控制设备的通信电路的连接是否正确；
- b) 检查保护控制设备与现场 I/O 设备之间的联锁逻辑是否正确；
- c) 进行保护和控制信号测试，检查保护和控制设备与运行人员控制和远方监控通信系统之间，以及保护和控制设备与其他与之相连的设备之间的信号传输是否正确；
- d) 系统切换功能（多重化系统之间）检查。

9.4.4 站系统与系统试验

9.4.4.1 试验目的

站系统与系统试验主要检验保护控制设备是否能满足系统运行的要求，其功能、性能是否达到工程预期。

9.4.4.2 试验设备

站系统与系统试验应对工程中所有保护控制设备及其换流站内设备进行测试。

9.4.4.3 试验内容

站系统与系统试验的内容主要包括：

- a) 交直流场开关顺序试验；
- b) 跳闸试验；
- c) 充电试验；
- d) 空载加压试验；
- e) 解锁、闭锁试验；

- f) 紧急停运试验;
- g) 稳态性能试验;
- h) 控制模式转换试验;
- i) 功率升降试验;
- j) 自动功率曲线试验;
- k) 功率反转试验;
- l) 辅助电源丢失试验;
- m) 冗余设备切换试验;
- n) 可听噪声试验;
- o) 电磁干扰试验;
- p) 阶跃响应试验;
- q) 额定负荷热运行试验;
- r) 交流线路故障试验;
- s) 直流线路故障试验(架空线);
- t) 其他根据工程的运行方式需要所必须的试验。

10 标识、包装和运输要求

10.1 标志

10.1.1 每台装置必须在机箱的显著位置设置持久明晰的标志或铭牌,标志下列内容:

- a) 装置型号、名称;
- b) 制造厂名全称及商标;
- c) 主要参数;
- d) 对外端子及接口标识;
- e) 出厂日期及编号。

10.1.2 包装箱上应以不易洗刷或脱落的涂料做如下标记:

- a) 发货厂名、产品型号、名称;
- b) 收货单位名称、地址、到站;
- c) 包装箱外形尺寸(长×宽×高)及毛重;
- d) 包装箱外面书写“防潮”“向上”“小心轻放”等字样;
- e) 包装箱外面应规定叠放层数。

10.1.3 标志标识,应符合 GB/T 191 的规定,安全设计标志应符合 GB 14598.27 的规定。

10.1.4 产品执行的标准应予以明示。

10.2 包装

产品包装应符合 DL/T 478—2013 中 8.2 的规定。

10.3 运输

产品应适于陆运、空运、水运(海运),运输装卸按包装箱的标志进行操作。

10.4 贮存

长期不用的装置应保留原包装,在规定的条件下贮存。贮存场所应无酸、碱、盐,无有害气体及尘烟,有防御雨、雪、风、沙的措施。

11 出厂随行文件

产品出厂应提供下列随行文件：

- a) 产品合格证；
 - b) 产品说明书；
 - c) 装箱清单；
 - d) 随机备品备件清单；
 - e) 产品图样及设计文件；
 - f) 其他有关技术资料。
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
柔性直流保护和控制设备技术条件
DL/T 1778—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6月第一版 2019年6月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 45千字
印数 001—200册

*

统一书号 155198.1403 定价 23.00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

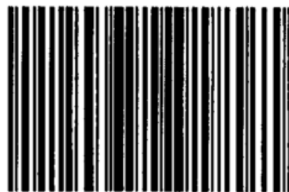


中国电力出版社官方微信



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



155198.1403