

ICS 29 200

CCS K 46

团体标准

T/CIECCPA 105—2025

高压直流输电可控换相换流阀运检规范

Operation and maintenance specifications for high-voltage direct current
(HVDC) transmission controllable line-commutated converter

2025—11—21 发布

2025—11—27 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

CLECCRA

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 可控换相换流阀巡视内容要求..... 2

5 设备运行维护管理..... 4

6 缺陷管理..... 6

7 事故及故障处理..... 7

8 设备技术管理..... 8

9 检修分类与检修策略..... 9

10 可控换相换流阀检修总则..... 10

11 检修工艺及要求..... 10

参考文献..... 12

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》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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网上海市电力公司、北京龙腾蓝天科技有限公司、中电普瑞电力工程有限公司。

本文件主要起草人：路建良、冷超、王成昊、杨俊、李婷婷、闫全全、倪汝冰、谢攀、刘志龙、李朝起、任孟干、周亮、张俊、胡今朝、刘道民。

本文件为首次发布。

高压直流输电可控换相换流运检规范

1 范围

本文件规定了高压直流输电可控换相换流阀运行巡视检查、缺陷管理、事故及故障处理、设备技术管理、检修分类与检修策略和检修工艺等工作要求。

本文件适用于 $\pm 100\text{kV}$ 及以上电压等级的直流输电系统用可控换相换流阀。

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 13498-2017 高压直流输电术语

GB/T 26860 电力安全工作规程

3 术语和定义

GB/T13498-2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可控换相换流阀 **controllable line commutated converter valve**

半控器件与全控器件组合的电子开关设备，包含主支路（3.3）和辅助支路（3.4），两端并主避雷器，两条支路均具有单向（正向）通流和双向承压能力，主支路可将电流主动转移至辅助支路，辅助支路可主动关断电流并承受所产生的高电压，在可控换相换流器（3.2）中，发挥换流臂功能。

3.2

主支路 **main branch**

可控换相换流阀的主通流支路，由主支路晶闸管子阀（3.4）与主支路全控子阀（3.5）串联组成，具备将电流主动转移至辅助支路的能力。

3.3

辅助支路 **auxiliary branch**

由辅助支路晶闸管子阀（3.7）与辅助支路全控子阀（3.8）串联组成，可承接主支路转移的电流，具备主动关断电流并提供换相电压的能力。

3.4

主支路晶闸管子阀 **main branch thyristor sub valve**

由晶闸管级串联并串联主支路饱和电抗器组成。

3.5

主支路全控子阀 main branch fully controlled sub valve

由IGBT组件串联之后，两端并联主支路全控子阀避雷器后串联二极管组件或串联晶闸管组件，之后并联旁路晶闸管组件组成。

3.6

旁路晶闸管组件 bypass thyristor module

由晶闸管级串联组成。

3.7

辅助支路晶闸管子阀 auxiliary branch thyristor sub valve

由晶闸管级串联，并串联辅助支路饱和电抗器，之后并联辅助支路晶闸管子阀避雷器组成

3.8

辅助支路全控子阀 auxiliary branch fully controlled sub valve

由IGBT组件串联，之后并联辅助支路全控子阀避雷器构成辅助支路全控子阀，也称辅助支路IGBT子阀。

3.9

电网换相运行模式 line-commutated converter operating mode; LCC

可控换相换流器各桥臂按照高压直流晶闸管阀的方式运行。

3.10

可控换相运行模式 controllable line commutated converter operating mode; CLCC

可控换相换流器各桥臂主、辅支路按照电流先转移、再关断的方式运行，具备抵御换相失败能力。

根据交流系统是否发生交流故障，可控换相运行模式包含两种控制时序。

3.11

定期检修 scheduled maintenance

按照一定的检修周期进行的检修。

4 可控换相换流阀巡视内容要求

4.1 一般要求

换流站对各种值班方式下的巡视时间、次数、内容，应做出明确规定：

- 换流阀每天至少一次日常巡视；每周至少进行一次熄灯巡视，检查设备有无电晕、放电、接头有无过热现象。
- 每日交接班后和巡视检查前应检查中央报警系统各界面有无换流阀有关的故障、异常信息，重点检查事件列表中故障列表。
- 检查阀厅配置消防器材数量齐备、状态正常，且应设置温湿度表计，并定期开展巡视检查。

d) 巡视后应及时对巡视情况以及巡视数据进行记录。

4.2 日常巡视检查项目和要求

阀厅日常巡视应检查下列项目：

- a) 检查事件记录，换流阀控制、保护及监测装置等正常运行时应无故障报警信息。
- b) 通过消防检测系统和现场检查，判断阀厅内部的火情和异常声响情况。正常时换流阀运行声音应均匀，不应有其它异常声响，如噼啪声等。
- c) 正常运行时，阀塔外壳及屏蔽罩应外形完好、清洁，无放电痕迹；
- d) 正常运行时，应无异常放电弧光。
- e) 检查设备及其接头，应无过热现象。
- f) 检查阀厅内的温湿度表计以及通风装置，应在设备正常允许范围内。
- g) 现场检查，绝缘子设备应清洁无杂物，无放电和闪络的痕迹，无裂纹和破损。
- h) 现场检查，避雷器表面应清洁无杂物，瓷瓶无放电和闪络的痕迹，无裂纹和破损，计数器正常。
- i) 现场检查，阀厅应无渗漏现象，室内无异物。
- j) 现场检查，阀厅内地面应清洁无杂物并且地面无漏水痕迹。
- k) 现场检查，正常应牢固，阀塔无异常晃动。
- l) 重点检查板卡指示、后台报警信息、电源模块指示等，正常应无报警，板卡无过热现象。

4.3 换流阀特殊巡视检查项目和要求

4.3.1 特殊巡视检查

在下列情况下应对换流阀进行特殊巡视检查：

- a) 设备变动后的巡视；
- b) 设备新投入运行后的巡视；
- c) 设备经过检修、改造或长期停运，重新投入运行后的巡视；
- d) 异常情况下的巡视。主要是指：超温、台风、地震、过负荷或负荷剧增、设备发热、系统冲击、跳闸、有接地故障情况等，应加强巡视。必要时，应派专人监视；
- e) 换流阀从 CLCC 模式退出后应检查退出原因，对相应设备开展巡视
- f) 设备缺陷近期有发展时、法定节假日、上级通知有重要供电任务时，应加强巡视。

4.3.2 新投入或经过大修的换流阀巡视要求

新投入或经过大修的换流阀运行后应遵循下列巡视要求：

- a) 换流阀运行声音应正常，如发现响声变大，不均匀或有放电声，则可能存在故障；
- b) 检查阀水冷系统温度，若有异常升高，则应加强监视；
- c) 加强对换流阀的红外测温工作。

4.3.3 异常情况下的巡视要求

换流阀运行中发现不正常现象时，应尽快设法查清原因，及时报告上级部门并做好巡视记录：

- a) 换流阀交、直流侧发生故障后，应加强对换流阀运行情况的监视；

- b) 换流阀冷却系统发生故障，造成换流阀运行可靠性降低时，应加强换流阀及其冷却系统的监视，及时进行检修处理；
- c) 当交流系统电压升高或换流变分接头调节不正常引起换流阀电压应力升高时，应加强监视，及时汇报调度并采取措施降低系统电压或调整换流变分接头；
- d) 直流系统为非正常运行方式时，应加强系统的巡检、监视。

4.3.4 带缺陷设备的巡视项目和要求

对带缺陷设备巡视时需遵循以下要求：

- a) 换流阀运行过程中发生监视报警、保护性触发等异常情况时，应加强对换流阀的监视，同时通过在线监测系统检查跟踪各个子阀故障情况，当子阀故障数量达到现场规程规定值时，应及时申请转为 LCC 模式运行或停运检修；
- b) 换流阀运行过程中出现换流阀避雷器频繁动作时，应加强系统监视，并根据现场规程进行处理；
- c) 换流阀元器件或接线发生过热时，应加强系统监视，并根据现场规程采取相关措施；
- d) 近期缺陷有发展时应加强巡视或派专人巡视。

4.3.5 过载时的巡视项目和要求：

当换流阀过载时开展巡视应遵循以下要求：

- a) 换流阀的负荷超过允许的正常负荷时，值班人员应及时汇报调度；
- b) 换流阀过负荷运行时，应检查并记录系统功率、负荷电流、换流阀冷却系统温度等，检查换流阀声音是否正常、设备接头是否发热等；
- c) 换流阀过负荷运行时，应加强换流阀红外测温监视。

4.3.6 换相失败恢复后的巡视项目和要求

换流阀换相失败后巡视应遵循以下要求：

- a) 换流阀换相失败恢复后，值班人员应及时汇报调度；
- b) 换流阀换相失败恢复后，应及时保存换相失败时的事件记录及故障录波；
- c) 换流阀换相失败恢复后，应加强阀厅及阀控系统巡检，若存在异常情况，应根据现场规程采取相应措施。

5 设备运行维护管理

5.1 可控换相换流阀设备运行规定

5.1.1 一般要求

本部分规定了 CLCC 换流阀充电前、投运后、正常运行时及停电检修时的阀厅、设备、人员管理规定：

- a) 换流阀充电前，阀厅大门和紧急门必须关闭，各项检查项目合格，各项指标满足要求，保护按整定配置要求投入，并经验收合格；

- b) 换流阀投运后, 任何人不得从阀厅大门或紧急门进入运行中的阀厅;
- c) 换流阀首次带电或检修后带电时应进行熄灯检查, 观察阀塔内是否有异常放电。
- d) 除运行人员定期检查或进行事故处理可进入阀厅巡视走道外, 非运行人员进入, 必须得到当班值班长许可, 进入前应清理随身携带的物品放置于阀厅巡视走道外;
- e) 停电检修时, 只有在确定阀厅已停电 (换流阀和换流变压器停运), 阀厅内接地刀闸合上, 联锁自动解除后, 方可进入阀厅。

5.1.2 换流阀运行温度要求

本部分规定了阀厅不同季节的温度、湿度要求; 冷却水的进阀、出阀温度要求:

- a) 阀厅室内温度夏季不应超过 45°C , 冬季不应低于 10°C , 阀厅相对湿度不应大于 60%;
- b) 换流阀冷却水进出换流阀的温度。换流阀冷却系统将阀体上各元器件的功耗发热量排放到阀厅外部, 从而保证各子阀运行结温在正常范围之内。正常情况下阀设备入口处最高水温在 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$, 出口处最高水温在 $50\sim 65^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.3 换流阀红外测温要求

本部分规定阀厅设备、阀控设备的红外测温基本要求、测温周期、测温方法和异常判断方法:

- a) 换流站应制定换流阀红外测温的周期和要求, 重点检查易发热设备, 如电抗器、设备接头等温升是否过大;
- b) 换流阀阀厅宜安装带有异常告警功能的阀厅红外在线监测系统, 对换流阀本体易发热设备进行定期无死角巡视监测;
- c) 用红外热像仪或阀厅红外在线监测系统对换流阀可视部分进行检测, 阀的各组件无局部过热, 热成像图谱与上次比较应无明显变化;
- d) 正常条件下, 阀厅红外在线监测系统 (若有) 每日应至少巡检两次; 高温大负荷等特殊情况下, 应适当增加巡检频次。使用红外热像仪进行检测, 一般一个月测量一次, 但在高温大负荷时应缩短周期。

5.1.4 换流阀过负荷运行规定

本部分规定了换流阀不宜过负荷的各类运行状况:

- a) 当换流阀有较严重的缺陷 (如冷却系统不正常、有局部过热现象等) 或绝缘降低时, 不宜过负荷运行;
- b) 换流阀的载流附件、外部回路元件应能满足超额定电流运行的要求, 当任一附件、回路元件不能满足要求时, 应按负载能力最小的附件和元件限制负载。

5.1.5 换流阀运行模式规定

本部分规定了换流阀运行于 LCC、CLCC 模式的要求。

CLCC换流阀满足以下任一条件将进入 LCC 模式运行。

- a) 阀控监测到换流阀一次故障或自检到二次故障时, 如 IGBT 阀器件冗余丢失时, 阀控内部通信故障等情形;

- b) 当阀控接收到的极控下发的触发角指令值小于规定值时，换流器切换 LCC 运行模式并上报控保，当极控下发的触发角 α 回调至复归值以上时，阀控返回 CLCC 运行模式并上报控保。触发角指令规定值应低于稳态工况下的最小值。

5.2 可控换相换流阀基电子设备运行规定

可控换相换流阀在运行时阀基电子设备需满足下列要求：

- a) 直流输电系统运行时，应采取措施避免两套阀基电子设备同时不可用，阀基电子设备的故障处理应在对应换流器控制系统“试验”或“退出”状态下进行，确保冗余换流器控制系统为“主用”状态且运行正常，故障处理不得影响“主用”系统。阀基电子设备的重启工作必须在对应换流器控制系统处于“试验”或“退出”状态下进行，若无法切至“试验”或“退出”状态时应采取必要措施。
- b) 若故障处理会影响其它相关系统并可能造成直流闭锁、开关跳闸等后果，应将相关系统置于“试验”或“退出”状态后，才能开始工作。
- c) 故障处理完毕，将工作阀基电子设备对应换流器控制系统由“试验”或“退出”状态手动切至“备用”状态之前，应对换流器控制主机进行一次重启动，并检查该换流器控制系统和相关系统功能正常且不存在直流闭锁、开关跳闸等命令。
- d) 阀基电子设备设备上的工作应注意采取防静电措施。

5.3 换流阀厅消防管理要求

换流阀厅内消防管理应满足如下要求：

- a) 换流站应加强阀厅消防管理，做好阀厅火灾事故预防，及时发现控制火情。
- b) 阀厅应配置紫外、极早期烟雾等阀厅火灾探测系统，对阀厅区域设施设备进行无死角消防监测；火灾探测系统跳闸信号应接入直流控保系统，同时也应做好防误动措施，火情发生时及时可靠动作。
- c) 阀厅大门、巡视走道入口以及阀控设备室等处应配置合适的灭火器、防毒面具等消防器材，每月对其进行检查并做好记录，确保正常可用。换流站应定期开展阀厅消防设施操作培训和消防应急处理演练，确保每位生产人员熟练掌握消防设施的操作和阀厅着火应急处理流程。
- d) 换流站应做好阀厅火灾探测系统的日常状态监视和维护管理，每年对紫外、极早期烟雾等火灾探测系统各探头逐一进行检查和试验验证，确保正常可用。发现阀厅火灾探测系统异常应立即处理，无法及时处理时，应制定和采取相应防范措施。

6 缺陷管理

6.1 缺陷分类及定性

6.1.1 缺陷分类

缺陷分类及异常的管理和处理严格执行国网公司颁布的《变电站运行管理规范》（试行）、《全国互联电网调度管理规程（试行）》及相应直流输电系统调度运行细则有关规定。缺陷分为危急

缺陷、严重缺陷和一般缺陷。

6.1.2 危急缺陷定性原则

换流阀发生下列故障应定为危急缺陷并申请停电处理：

- a) 故障晶闸管、IGBT 级数量达到冗余量；
- b) 水冷管道严重漏水，但尚未导致保护动作；
- c) 阀塔内元器件发生起火、冒烟；
- d) 红外测温发现主通流回路及阀塔元件温度异常升高，达到危急缺陷等级。
- e) 阀组件、阀电抗器、阀避雷器、光纤等设备有异常放电情况。

6.1.3 严重缺陷定性原则

换流阀发生下列故障应列为严重缺陷：

- a) 换流阀运行过程中，阀塔或管道声音异响；
- b) 水冷管道出现轻微渗水，且并没有滴落到元器件上。
- c) 晶闸管、IGBT 级发生故障，数量达到冗余数量-1。
- d) 阀厅温度接近设计限定值。
- e) 单套阀控系统不可用。

6.1.4 一般缺陷定性原则

指上述危急、严重缺陷以外的设备缺陷，指性质一般，情况较轻，对安全运行影响不大的缺陷。

6.2 缺陷处理程序

换流阀被发现存在缺陷时应按照以下程序处理：

- a) 值班人员在巡视、监盘过程中通过直接发现、间接测量、后台报警等方式发现换流阀的任何不正常现象时，按规定程序上报并做好记录。
- b) 值班人员若发现设备有威胁电网安全运行且不停电难以消除的缺陷时，应向值班调度员汇报，及时申请停电处理，并按规定程序上报；
- c) 当发生危及换流阀安全的故障，而换流阀的有关保护装置没有动作时，应立即手动将换流阀停运。

7 事故及故障处理

7.1 可控换相换流阀声音异常处理

换流阀运行中发现异常声音时应按流程处理：

- a) 换流阀运行过程中声音明显增大时，并伴有放电、爆裂声时，应立即查明原因并采取相应措施；
- b) 若换流阀在运行过程中响声比平常增大二均匀时，应检查交流电网情况，并同时检查直流负荷情况，加强换流阀监视；

- c) 运行中听到阀塔内有水流声时,应立即检查换流阀冷却系统是否有渗漏。

7.2 可控换相换流阀温升异常处理

换流阀运行时温度异常升高应按流程进行处理:

- a) 检查冷却塔运行情况是否正常;
- b) 检查喷淋泵是否正常;
- c) 对比冗余系统测量值,确认是否单套系统测量偏差;
- d) 若温度继续上升,根据现场情况申请降低直流负荷、或将换流阀停运。

7.3 可控换相换流阀保护动作异常处理

换流阀保护动作后应按流程进行处理:

- a) 换流阀保护动作后,查明原因前不允许投入;
- b) 换流阀保护动作后,运行人员开展如下工作:汇报相关部门,检查运行极是否过负荷;检查保护、安稳装置动作信号;检查故障录波动作情况;检查一次设备运行情况和破坏情况;整理如上检查结果并详细汇报调度。

7.4 可控换相换流阀阀厅火灾异常处理

阀厅发生火灾时应按下述流程进行处理:

- a) 阀厅起火时,紧急停运对应直流系统;
- b) 启动火警报警流程;
- c) 启动调度汇报流程;
- d) 值班人员采取必要的灭火措施,消除初期火灾;
- e) 值班人员应进行的系统隔离工作,包括检查换流阀停运、交流开关已跳闸、阀厅已被隔离并转至检修;
- f) 组织人员灭火,进入阀厅前佩戴正压式呼吸器。

7.5 可控换相换流阀漏水保护报警异常处理

换流阀漏水保护报警后应按下述流程进行处理:

- a) 检查阀厅地面是否有积水,检查阀塔漏水监测装置运行是否正常;
- b) 若装置漏水监测装置信号复归,加强监视并持续观测阀塔、地面是否有水迹;
- c) 若发现地面水迹,检查具体漏水点,若危及换流阀安全运行,立即汇报调度申请停电处理。

8 设备技术管理

8.1 设备档案管理

设备档案管理应包括下列内容:

- a) 可控换相换流阀设备基本台账应包括:设备型号、电压参数、电流参数、过负荷能力、控制角度、避雷器限制参数、绝缘水平参数、换流阀出场日期和投运日期等;

- b) 可控换相换流阀设备技术资料应包括说明书、图纸、试验报告、安装记录、备品备件清单、工程监理及验收报告；

8.2 设备运行分析

相应换流站管理人员应及时开展运行分析，早发现隐患、缺陷并消除。提高 CLCC 换流阀的整体安全运行水平。

8.3 反措管理

相应换流站应配合主管部门制定反事故措施，配合制定落实计划；做好反措工作的过程管理和验收工作，配合完成反措项目的闭环；定期对反措进行总结、备案、上报。

8.4 备品备件管理

8.4.1 一般规定

为了能及时消除设备缺陷，缩短停运时间，提高设备可用率，确保电网安全经济运行，各单位需做好备品备件管理工作。

- a) 备品备件的管理应遵循“统一管理、分级负责、合理储备”的原则。
- b) 备品备件应按需配置，合理定额，及时补齐。属易耗品或运行中故障率较高、运行中需定期拆下校验的设备、采购周期较长的设备、易储存，产品性能不受环境时间影响的设备均应备品齐备，其他则少量配置。
- c) 换流阀备品备件主要包括以下整件或部件：换流阀组件、晶闸管元件、IGBT 元件、饱和电抗器、避雷器、冲击均压电容、阻尼电容、阻尼电阻、直流分压电阻、晶闸管触发控制单元、IGBT 触发控制单元、铝制散热器、组件进 / 出水管、分支进水管、等电位电极、屏蔽罩、悬吊绝缘子、密封件及其它设备如螺栓、螺帽、平垫、弹垫等。

8.4.2 备品备件配置

备品备件应根据公司备品备件配置定额规定配置，按需合理增补定额，消耗后及时补齐。

- a) 换流阀内的饱和电抗器、晶闸管、IGBT、电阻、电容、晶闸管控制单元、IGBT 控制单元、光纤、冷却水管、等电位电极等设备，根据设备在用数量和可靠性，每种类型应按一定比例配置，但不少于 1 个完整备品。
- b) 因密封件在长期保存过程中将发生老化失效，故原则上不安排大量备品，但需要对常用的密封件配备一定量的备品。

8.4.3 备品备件的保管和维护

换流阀备品备件由运行维护单位负责保管和维护：

- a) 所有备品备件在开箱验收合格后，应恢复包装后入库，附属零件应随本体存放。
- b) 备品备件保管单位应具有相应的设备专业知识和管理经验，保管单位应根据备品备件的特性，保证相宜的环境，按期保养和测试，并作好记录，确保备品备件随时处于良好状态。

9 检修分类与检修策略

9.1 检修分类

换流阀检修分为状态检修、定期检修和临时检修三类

9.2 检修策略

换流阀分为定期检修策略和状态检修策略两种基本检修策略

10 可控换相换流阀检修总则

10.1 检修导则

换流阀检修应采用计划、实施、检查、总结循环的办法。检修前做好各项准备工作，制定各项计划和具体措施。

10.2 检修编制文件

换流阀检修前应编制换流阀检修作业指导书和检修方案。

10.3 检修工作规定

在进行检修工作时，除必须遵守 GB 26860 的规定外，还应按照制造方的厂品使用维护说明中的指南开展工作。

11 检修工艺及要求

11.1 外观检查

外观检查应符合下列要求：

- a) 检查阀监控设备，其工作应正常，无任何报警信号。
- b) 检查换流阀各部位，其应无烟雾、异味、异常声响、振动及放电痕迹。
- c) 检查换流阀，换流阀应渗水漏水现象。
- d) 关灯检查换流阀，换流阀应无放电现象。
- e) 检查阀厅的温度、湿度、通风是否正常。

11.2 内冷水管路检查

仅为定期检修项目，状态检修时无需进行。技术要求及检修周期符合设备技术文件要求。

11.3 晶闸管、IGBT 检查、试验

仅为定期检修项目，状态检修时无需进行。技术要求及检修周期符合设备技术文件要求。

11.4 漏水装置检查试验

仅为定期检修项目，状态检修时无需进行。技术要求及检修周期符合设备技术文件要求。

11.5 等电位电极检查

仅为定期检修项目，状态检修时无需进行。技术要求及检修周期符合设备技术文件要求。

11.6 阀控装置检查、试验

仅为定期检修项目，状态检修时无需进行。技术要求及检修周期符合设备技术文件要求。

11.7 避雷器检查、试验

仅为定期检修项目，状态检修时无需进行。技术要求及检修周期符合设备技术文件要求。

11.8 光纤检查、试验

仅为定期检修项目，状态检修时无需进行。技术要求及检修周期符合设备技术文件要求。

11.9 阀塔清扫

仅为定期检修项目，状态检修时无需进行。技术要求及检修周期符合设备技术文件要求。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.33-2004 电工术语 电力电子技术
 - [2] GB/T 3859.1-2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分:基本要求规范
 - [3] IEC 60050-421 International electrotechnical vocabulary- Chapter 421: Power transformers and reactors
 - [4] IEC 60050-436 International electrotechnical vocabulary-Chapter 436: Power capacitors
 - [5] IEC 60050-521 International electrotechnical vocabulary-Chapter 521: Semiconductor devices and integrated circuits
 - [6] IEC 60050-601 International electrotechnical vocabulary-Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity-General
 - [7] IEC 60050-603 International electrotechnical vocabulary-Chapter 603: Generation, transmission and distribution of electricity-Power systems planning and management
 - [8] IEC 60050-605 International electrotechnical vocabulary-Chapter 605: Generation, transmission and distribution of electricity-Substations
 - [9] IEC 60076 Power transformers
 - [10] IEC 60099 Surge arresters
 - [11] IEC 60146-1-2 Semiconductor converters-General requirements and line commutated converters-Part 1-2: Application guide
 - [12] IEC 60146-1-2 Semiconductor converters-General requirements and line commutated converters - Part 3-4: Transformers and reactors
 - [13] IEC 60617-4 Graphical symbols for diagrams-Chapter 4: Basic passive components
 - [14] IEC 60617-7 Graphical symbols for diagrams-Chapter 7: Switchgear, controlgear and protective devices
 - [15] IEC 60747-6 Semiconductor devices-Discrete devices-Part 6:Thyristors
 - [16] IEC 60919-1Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems-Part 1: Steady-state conditions
 - [17] IEC 60919-2 Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems-Part 2: Faults and switching
 - [18] IEC 60919-3 Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems-Part 3: Dynamic conditions
-