

ICS XX XXX

CCS X XX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—XXXX

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

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国业节能与清洁生产协会 发布

СЛЕДСТВИЕ

目 次

目 次	I
前 言	II
高压直流输电可控换相换流运检规范	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	3
5 设备运行维护管理	3
6 运行巡视检查	5
7 缺陷管理	7
8 事故及故障处理	8
9 设备技术管理	9
10 可控换相换流阀检修总则	10
11 检修分类与检修策略	10
12 检修工艺及要求	10
参考文献	11

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： 国网智能电网研究院有限公司, 国网上海市电力公司超高压分公司, 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：

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(controllable line commutated converter, 以下称CLCC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、备品备件管理、换流阀更新改造和报废等工作要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。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。

IEC 60071-5 高压直流电流变压器站的工作程序(Procedures for high-voltage direct current (HVDC) converter stations)

GB/T 13498 高压直流输电术语

DL/T 664 带电设备红外诊断技术应用导则

DL/T 348 2019 换流站设备巡检导则

Q/GDW 111 直流换流站高压直流电气设备交接试验规程

Q/GDW 10492 2022 高压直流输电换流阀运行规范。

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, CLCC

指使用晶闸管作为主通流回路的通流元件, 并在主通流回路串入少量全控器件, 同时并联全控阀作为辅助通流回路的换流阀。采用此设计的换流阀可在换相阶段短时承接电流, 实现电流转移, 为晶闸管阀提供足够的关断时间, 恢复阻断能力。

3.2

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, 正常情况下可单向(正向)导电, 在可控换相换流器中, 能实现换流臂功能。

3.3

阀基电子设备 valve base electronics of CLCC

处于地电位,作为换流器控制系统与晶闸管/IGBT 阀(可控换相换流阀)之间接口的电子单元。

3.4

子阀 sub valve

指组成可控换相换流阀单阀的具有独立开通关断能力的电力电子单元。根据实际电路可分为半控型子阀及全控型子阀。

3.5

主支路 main branch

长期承受系统运行电流并具备主动向辅助支路转移电流能力的通流回路。

3.6

辅助支路 auxiliary branch

可实现主动关断并提供换相电压的通流回路。

3.7

CLCC 模式 controllable line commutated converter mode

指可控换相换流阀主支路与辅助支路共同运行,承受电流通流回路。

3.8

LCC 模式 line commutated converter mode

指可控换相换流阀仅有主支路参与电流通流,辅助支路关断不参与电流通流。

3.9

定期检修 scheduled maintenance

按照一定的检修周期进行的检修。

3.10

缺陷检修 maintenance against defect

为消除设备缺陷而进行的检修

3.11

故障检修 troubleshooting

系统或设备发生故障后进行的检修

4 技术要求

本章主要针对高压直流可控换相换流阀，补充说明其特有电气支路及零部件。

4.1 环境条件

CLCC 换流阀阀厅设备运行的温度、湿度、气压等环境要求，以及阀基电子设备所处的环境要求。

- a) 阀厅室内温度夏季不应超过 60℃,冬季不应低于 5℃，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。正常情况下阀设备入口处最高水温在 40~50℃，出口处最高水温在 50~65℃。

4.2 安全要求

CLCC 换流阀运维、巡视等管理工作的安全要求。

4.2.1 换流阀投运前巡视要求：

- a) 阀塔内无遗留物、无漏水；
- b) 阀厅内接地刀闸全部拉开，具备带电运行条件；
- c) 阀厅大门和紧急门关闭；
- d) 阀冷却系统投运正常，阀冷却系统已正常运行 2 小时以上，内冷水电导率合格；
- e) 阀厅空调设备投运正常；
- f) 消防跳闸功能投入，阀厅内火警探测装置投运正常；
- g) 阀控投运正常，相应控制柜工作正常；
- h) 故障列表应均无报警信号和事件。

4.2.2 换流阀投运后巡视要求：

- a) 阀厅火灾报警系统无报警和异常；
- b) 阀厅的温度、湿度、通风正常；
- c) 阀厅无异味、无异响、无火光、无烟雾；
- d) 阀厅熄灯检查无异常、无放电；
- e) 阀塔构件及上方设施无异常、无脱落；
- f) 阀体各部位及进出水管无渗漏水；
- g) 阀监控设备正常。

5 设备运行维护管理

本章主要针对高压直流可控换相换流阀运行维护管理措施及方法进行规定。

5.1 可控换相换流阀设备运行规定

5.1.1 一般要求

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，连锁自动解除后，方可进入阀厅。

5.1.2 换流阀红外测温要求

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、阀厅穿墙套管等重点设备及部分，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,具体可参照[DL/T 664]要求执行。

5.1.3 换流阀过负荷运行规定

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。

5.1.4 换流阀运行模式规定

CLCC 换流阀满足以下任一条件将进入 LCC 模式运行：

a) 阀基电子系统检测到 CLCC 换流阀的相关严重异常信号或通信故障。

b) CLCC 换流阀检测到主支路或辅助支路的故障元器件冗余耗尽。

c) CLCC 换流阀承受直流电流超越单阀的关断电流上限。

d) 交流系统无故障时,CLCC 换流阀全控晶闸管承受的关断电压越限且短时间内达到一定次数。

e) 交流系统故障时间持续时间过长。

5.2 可控换相换流阀阀基电子设备运行规定

5.2.1

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。

5.2.2

本部分规定单套系统故障情况下的处理措施和安全措施。

本部分规定了系统故障处理完毕，应采取的措施及检查内容。

本部分规定了工作过程中注意事项、防静电等措施。

5.2.3

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。

5.2.4

阀基电子设备设备上的工作应注意采取防静电措施。

6 运行巡视检查

6.1 一般要求

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。

巡视时，巡视人员应取下随身物品，防止物品落入运行阀厅中。

阀厅和相关二次设备室严禁使用无线通讯设备，以免对设备产生干扰。

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。

巡视后应及时对巡视情况以及巡视数据进行记录。

6.2 日常巡视检查项目和要求

6.2.1 阀监控设备

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。

6.2.2 阀体各部位烟雾、异味和振动情况

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。

6.2.3 阀塔外壳及屏蔽罩

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；

6.2.4 阀厅熄灯检查

正常运行时，应无异常放电弧光。

6.2.5 6 红外测温检查

检查设备及其接头，应无过热现象。

6.2.6 阀厅温度、湿度、通风

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。

6.2.7 6 换流阀绝缘子设备

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。

6.2.8 避雷器

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。

6.2.9 阀厅密封

现场检查，阀厅应无渗漏现象，室内无异物。

6.2.10 阀厅内地面

现场检查，阀厅内地面应清洁无杂物并且地面无漏水痕迹。

6.2.11 阀塔悬吊器件

现场检查，正常应牢固，阀塔无异常晃动。

6.2.12 控制保护和相关接口设备

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。

6.3 换流阀特殊巡视检查项目和要求

6.3.1 新投入或经过大修的换流阀的巡视要求

- 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。
- d) 加强对换流阀监控系统 CLCC 换流阀各个子阀的故障冗余数量，若冗余耗尽将可能无法运行与 CLCC 模式，甚至跳闸闭锁。

6.3.2 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,若运行模式变为 LCC 模式,应及时汇报调度;

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。

6.3.3 带缺陷设备的巡视项目和要求

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。

6.3.4 可控换相换流阀在 LCC 模式运行时换相失败恢复后的巡视项目和要求。

a) 值班人员应及时汇报上级调度单位;

b) 值班人员应及时保存换相失败时的事件记录及故障录波;

c) 值班人员应加强阀厅及换流阀监控系统巡检,若存在异常情况,应根据现场规程采取相应措施。

7 缺陷管理

7.1 缺陷分类及定性

不能运行于 CLCC 情况的缺陷定性和管理原则。

7.1.1 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。

7.1.2 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) CLCC 子阀故障数量达到冗余量;

- b) 水冷管道严重漏水，但尚未导致保护动作；
- c) 阀厅着火。

7.1.3 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) CLCC 子阀发生故障，数量达到冗余数量-1；
阀厅温度接近设计限定值。

7.1.4 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。

7.2 缺陷处理程序

- 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。

8 事故及故障处理

8.1 可控换相换流阀声音异常处理

- 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。

8.2 可控换相换流阀温升异常处理

- 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。

8.3 CLCC 换流阀保护动作异常处理

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。

8.4 阀厅火灾异常处理

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。

8.5 换流阀漏水保护报警异常处理

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；

9 设备技术管理

9.1 设备档案管理

a) 基本设备台账包括，设备型号、电流参数、电压参数、过负荷能力、控制角度、晶闸管参数、IGBT 参数、避雷器参数、绝缘水平、生产制造日期。

b) 设备技术资料，应包括说明书、图纸、试验报告、安装记录、备品配件清单、工程监理及验收报告。

9.2 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。

9.3 隐患管理

a) 根据行业开展检查并督促落实

b) 配合主管部门制定反事故措施，配合制定落实计划；

c) 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。

10 可控换相换流阀检修总则

10.1

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

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

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 检修分类与检修策略

11.1 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

11.2 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

12 检修工艺及要求

- 1) 外观检查
- 2) 内冷水管路检查
- 3) 晶闸管、IGBT 检查、试验
- 4) 漏水装置检查试验
- 5) 等电位电极检查
- 6) 阀控装置检查、试验
- 7) 避雷器检查、试验
- 8) 光纤检查、试验
- 9) 阀塔清扫

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 60919-1 Performance 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