

T/DIPA

团体标准

T/DIPA 18—2023

多端高压直流站控系统功能配置技术规范

Specification for functional configuration of multiterminal HVDC
stations control system

2023-12-29 发布

2024-03-30 实施

国家技术标准创新基地
(直流输电及电力电子技术) (筹建)

发布

珠海市直流输电及电力电子产业促进会

目 次

前言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语、定义和缩略语	3
3.1 术语和定义	3
3.2 缩略语	4
4 总体要求	4
5 控制功能	5
5.1 一般功能	5
5.2 控制位置分层	5
5.3 联锁功能	5
5.4 顺序控制	6
5.5 无功控制	7
5.6 模式选择	8
5.7 其他控制功能	9
6 监视与切换功能	9
6.1 一般功能	9
6.2 数据采集与处理	10
6.3 顺序事件记录功能	10
6.4 站控主机及接口单元的监视	10
6.5 测量元件的监视	11
6.6 现场总线的监视	11
6.7 系统冗余切换功能	11
7 接口功能	12
7.1 一般要求	12
7.2 局域网	12
7.3 现场总线	12
7.4 与一次设备的接口	12
7.5 与其他二次设备的接口	12
7.6 与站间通讯的接口	13
7.7 与辅助设备的接口	13
参考文献	14

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。

本文件由国家标准创新基地（直流输电及电力电子）（筹建）和珠海市直流输电及电力电子产业促进会标准化管理中心提出和归口。

本文件起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司柳州局、中国南方电网电力调度控制中心、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司广州局、南方电网科学研究院有限责任公司、广东电网有限责任公司珠海供电局、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司贵阳局、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司天生桥局、许昌开普电气研究院有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、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、海南电力产业发展有限责任公司。

本文件主要起草人：石万里、郝志杰、刘洪涛、郭卫明、黄剑湘、吴宏远、李志勇、冯 鹄、韦德重、陈极升、荣 军、陈明佳、刘 航、冯文昕、唐 力、熊 岩、李建勋、焦 石、周月宾、裴星宇、罗义晖、胡付有、李星辰、王杨正、杨学广、吕习超、陈钦磊、陈 名、申狄秋、黄如海、司 喆、王 胜、王 靓、毛文俊、郭远盛、符传福。

本文件在执行过程中的意见或建议可反馈至珠海市直流输电及电力电子产业促进会（地址：广东省珠海市香洲区乐园路46号，519000）。

多端高压直流站控系统功能配置技术规范

1 范围

本文件规定了多端高压直流站控系统的总体要求、控制功能、监视与切换功能、接口功能要求。

本文件适用于新建、改扩建 ± 500 kV及以上电压等级的多端高压直流站控系统，也适用于基于常规直流、柔性直流、混合直流的多端高压直流站控系统。在运的 ± 500 kV及以上电压等级多端高压直流站控系统可参照使用。

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 高压直流输电术语

GB/T 20840.9 互感器 第9部分：互感器的数字接口

GB/T 22390.2 高压直流输电系统控制与保护设备 第2部分：交直流系统站控设备

GB/T 22390.6 高压直流输电系统控制与保护设备 第6部分：换流站暂态故障录波装置

GB/T 25843—2017 ± 800 kV 特高压直流输电控制与保护设备技术要求

GB/T 35745—2017 柔性直流输电控制与保护设备技术要求

DL/T 860（所有部分） 变电站通信网络和系统

DL/T 1193 柔性输电术语

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 13498、DL/T 1193 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

多端高压直流输电系统 multiterminal HVDC transmission system; MTDC

由多于两个独立的高压直流换流站和互联的高压直流输电线组成的高压直流输电系统。

[来源：GB/T 13498—2017，8.2.2]

3.1.2

混合直流输电系统 hybrid DC transmission system

由独立的采用常规直流换流站、柔性直流换流站和互联的直流线路组成的直流输电系统。

3.1.3

多端高压直流站控系统 multiterminal HVDC station control system

用于多端高压直流换流站内完成与站级相关控制、监测功能的系统。

3.1.4

顺序控制 sequence control

顺控

直流控制系统为直流系统设备状态及直流运行方式的转换提供的按照预设的顺序进行自动操作的功能。

3.1.5

第三站在线投入 online switch on of the third station

在三个及以上换流站通过一定联结方式构成的直流输电系统中,其中一个换流站投入直流系统而不引起直流输送功率长时间中断的过程。

3.1.6

第三站在线退出 online switch off of the third station

在三个及以上换流站通过一定联结方式构成的直流输电系统中,其中一个换流站退出直流系统而不引起直流输送功率长时间中断的过程。

3.1.7

直流线路连接 DC line connected

直流线路高速并联开关、线路刀闸位于合上位置,线路接地刀闸位于拉开位置。

3.1.8

直流线路隔离 DC line isolated

直流线路高速并联开关位于断开位置,线路刀闸、线路接地刀闸位于拉开位置。

3.1.9

直流线路检修 DC line maintenance

直流线路高速并联开关位于断开位置,线路刀闸、线路两侧换流站极母线刀闸、直流转换母线刀闸位于拉开位置,线路接地刀闸位于合上位置。

3.1.10

极直流侧连接 pole connected to DC yard

直流中性母线开关位于合上位置,直流中性母线刀闸或接地极母线刀闸、极母线刀闸位于合上位置。

3.1.11

极直流侧隔离 pole isolated from DC yard

直流中性母线开关位于断开位置,直流中性母线刀闸、接地极母线刀闸、极母线刀闸位于拉开位置。

3.1.12

极检修 pole maintenance

极内所有换流器、直流滤波器处于检修状态,极直流侧隔离,极母线、直流中性母线、换流器联络母线的所地刀位于合上位置。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

OWS: 运行人员工作站 (Operations Workstation)

SCADA: 数据采集与监视控制系统(Supervisory Control And Data Acquisition)

LAN: 局域网 (Local Area Network)

SCADA LAN: 数据采集与监视控制系统局域网(Supervisory Control And Data Acquisition Local Area Network)

I/O: 输入/输出 (Input/Output)

4 总体要求

4.1 直流站控系统应由主机、站级网络和分布式就地数据采集控制单元构成,主要功能配置应包括控制、联锁、监视、切换、接口有关的功能。

4.2 所采用的网络应具有良好的开放性,网络通讯规约应符合 DL/T 860 中的相关规定。网络的抗干扰能力、传输速率及传输距离应满足现场运行环境及控制性能的要求。

- 4.3 控制设备的每个环节均应采用可靠的冗余配置。
- 4.4 控制设备内部电源应采用双重化配置，任一电源输入内部回路故障不应影响系统的正常运行。各电源的容量和抗干扰性能，应符合GB/T 22390.2中的相关规定。
- 4.5 分布式 I/O 宜采用模块化结构，易于维护和更换，任何一个模块故障不应影响其他模块的正常工作。
- 4.6 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，并应提供足够的信息使故障定位到最小可更换单元。
- 4.7 站控系统应具备抑制网络风暴的功能。
- 4.8 控制主机正常运行时的 CPU 负载率宜小于 50%。

5 控制功能

5.1 一般功能

- 5.1.1 设备应能接收来自运行人员的控制命令，完成直流场开关、刀闸的操作以及直流系统的顺序控制等操作。
- 5.1.2 站控系统应具有可靠的逻辑，保证在任何时刻都仅应有一套系统起控制作用，两套站控系统应能灵活切换。冗余控制系统的任意一重设备因故障或其他原因退出运行时，不应影响整个直流系统的正常运行。

5.2 控制位置分层

- 5.2.1 直流站控设备应具有远方调度中心、换流站主控室、就地控制位置和设备就地层级的控制功能。
- 5.2.2 设备的控制功能应有优先级设置，分层结构上越低的位置，其控制优先级越高。

5.3 联锁功能

- 5.3.1 控制操作应具有安全可靠的联锁功能。
- 5.3.2 直流站控系统的联锁分为直流场开关、刀闸等设备操作的联锁以及其他控制功能模式切换的联锁。
- 5.3.3 设备操作的联锁范围包括：
 - a) 直流极区开关场，
 - b) 直流双极区开关场，
 - c) 直流线路区开关场，
 - d) 滤波器区开关场，
 - e) 汇流母线区开关场，
 - f) 极性转换区开关场等。
- 5.3.4 控制功能模式切换的联锁范围包括：
 - a) 主控/从控，
 - b) 系统级/站级，
 - c) 混合直流/柔性直流模式，
 - d) 顺控手动/自动模式，
 - e) 电压控制模式/无功控制模式，
 - f) 无功功能投入/退出，
 - g) 交流滤波器手动/自动等。
- 5.3.5 联锁功能的设计应满足下述要求：
 - a) 不准许带负荷闭合隔离开关和高速并联开关；

- b) 不准许带负荷断开隔离开关、断开高速并联开关；
- c) 接地刀闸合闸时，不准许闭合隔离开关；
- d) 当母线或设备带电时，不准许操作接地刀闸。

5.3.6 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。为便于运行检修或紧急情况操作，宜具备就地投/退联锁的功能。

5.4 顺序控制

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 在顺序控制的动态过程中，联锁应闭锁除保护外其他操作或顺序控制的可能性。自动顺控操作命令发出后，经过预设时间未达到目标直流状态，控制系统应能判断本次顺控操作执行失败，保持当前设备状态，报警并提醒运行人员手动干预。

5.4.1.2 顺控操作由自动模式转换成手动模式时，宜终止正在执行中的自动顺控操作。

5.4.2 直流运行接线方式

直流运行接线方式包括：

- a) 单极大地回线方式，
- b) 单极金属回线方式，
- c) 双极大地回线方式，
- d) 空载加压试验方式。

根据直流电压水平还应包括：

- a) 全压运行方式，
- b) 降压运行方式，
- c) 半压运行方式。

5.4.3 极顺序控制

极顺序控制包括：

- a) 极直流侧连接，
- b) 极直流侧隔离，
- c) 极检修。

5.4.4 直流线路顺序控制

直流线路顺序控制包括：

- a) 直流线路连接，
- b) 直流线路隔离，
- c) 直流线路检修。

5.4.5 金属/大地回线转换顺序控制

5.4.5.1 无论多端直流输电系统是否处于运行中，均应支持金属回线和大地回线的相互转换。

5.4.5.2 站间通讯正常时，顺序控制应能自动协调各站完成转换操作。

5.4.5.3 多端直流输电系统的任意站应能参与或退出金属/大地回线转换顺序控制的过程。

5.4.5.4 三站或三站以上金属回线运行时，金属回线接地点所在的站故障或手动退出时，为保证直流系统可靠接地，金属回线接地点应能实现自动切换至其他在运站，且不应影响在运站直流的正常功率输送。

5.4.6 第三站在线投退

5.4.6.1 第三站在线投退实现方式

- 5.4.6.1.1 配置有高速并联开关的直流换流站，应具备第三站在线投退功能。
- 5.4.6.1.2 应分别具备按极在线投退和按站在线投退功能。
- 5.4.6.1.3 若待投退站与运行站有直流线路相连，宜带直流线路进行投退操作。
- 5.4.6.1.4 第三站正常在线投退过程中，多端直流输电系统的直流电压、直流电流应可控，应满足工程设计规范要求。

5.4.6.2 第三站在线投入要求

- 5.4.6.2.1 对柔性直流换流站，第三站在线投入前宜采用直流电压控制模式，将高速并联开关的端口电压差控制到允许范围内（宜小于额定电压的 5%）。投入后应按多站运行的要求自动改变控制模式，并将投入站功率控制至最小设定值（宜为额定直流功率的 10%）；对常规直流换流站，多端直流可通过电压和电流裕度控制确保投入站控制器处于相应控制模式。
- 5.4.6.2.2 第三站在线投入过程，不宜造成多端直流系统输送功率长时间中断。

5.4.6.3 第三站在线退出要求

- 5.4.6.3.1 第三站在线退出前宜将待退出极的退出端直流功率降至最小值后，再依次闭锁换流器、操作高速并联开关和刀闸。
- 5.4.6.3.2 退出过程如需其他运行站配合降压限流时，应在高速并联开关断开后立即恢复其他站直流电压和功率。
- 5.4.6.3.3 第三站在线退出过程，不宜造成多端直流系统输送功率长时间中断。

5.4.6.4 第三站故障退出要求

第三站故障退出应能快速、可靠将高速并联开关断开，不应造成非故障站的停运，非故障站的功率应能较快恢复至稳定。

5.5 无功控制

5.5.1 一般要求

- 5.5.1.1 无功控制宜以交流母线电压、换流站与交流系统交换的无功功率、交流侧的谐波水平作为控制参数。
- 5.5.1.2 常规直流换流站无功控制功能宜在直流站控系统中配置。柔性直流换流站无功控制功能可根据工程实际需要在直流站控系统或极控系统中配置。

5.5.2 无功控制优先级

无功控制应按子功能的优先级决定滤波器的投切：

- a) 最高/最低电压限制($U_{\max}$)：监视交流母线的电压，避免过电压引起保护动作；
- b) 绝对最小滤波器限制(*Abs Min Filer*)：防止滤波设备过负荷所需投入的绝对最小滤波器组；
- c) 最大无功交换限制($Q_{\max}$)：根据当前运行状况，限制投入滤波器组的数量，限制稳态过电压；
- d) 最小滤波器要求 (*Min Filter*)：满足滤除谐波的要求所需投入的滤波器组的最小数量和类型；
- e) 无功交换控制/电压控制(可切换) ($Q_{\text{control}}/U_{\text{control}}$)：控制换流站与交流系统的无功交换量/控制换流站交流母线电压为设定的参考值，其中两种模式不能同时有效，由运行人员选择当前的控制模式。

无功控制根据各子功能的优先级，协调由各子功能发出的投切滤波器的指令；某项子功能发出的投

切指令，仅在完成投切操作后不与更高优先级的限制条件冲突时才有效。

5.5.3 无功减载控制

无功控制应具备无功减载控制功能。当直流运行中交流滤波器少于额定数量的时间超出设定值后，应启动降功率命令，使直流功率与交流滤波器的数量相匹配。

5.5.4 无功控制模式

无功控制模式：

- 无功手动控制模式：最小滤波器控制、无功交换控制/电压控制功能发出的无功设备投入/切除操作，应由运行人员手动操作完成；
- 无功自动控制模式：绝对最小滤波器限制、最高/最低电压限制、最大无功交换限制等功能发出的无功设备的投入/切除操作应由无功控制自动完成。

5.5.5 滤波器组的投切选择逻辑

无功控制应根据运行工况以及滤波器组的状态，对可投切的滤波器组进行优先级排序，决定投切滤波器组的类型及编号。同一类型的滤波器组按照先投先退的原则依次投退，无功控制应具有完善的逻辑，以确保所有可用的无功设备的投切任务相等。

5.5.6 滤波器组的替换

当一组滤波器由保护跳闸后，该滤波器将由另一组滤波器来替代。

- 当被跳闸的滤波器组属于绝对最小滤波器限制内时，应在较短时间（宜为 1 s）内投入另一组滤波器。
- 当被跳闸的滤波器组属于最小滤波器时，可在一定时间（宜为 2 s）内投入另一组滤波器。

5.5.7 过电压快切控制

在无功控制功能中，应根据直流工程需要配置滤波器快速切除功能。在联网或孤岛方式运行情况下，直流站控通过独立硬件跳闸回路跳开所有小组滤波器开关，将交流母线电压抑制在一定范围内。

5.6 模式选择

5.6.1 一般要求

5.6.1.1 模式选择功能用于完成对直流运行模式的切换控制，应包括主控/从控模式切换、系统级/站级模式切换、混合直流模式/柔性直流模式切换等。

5.6.1.2 模式间的相互切换应根据运行人员的手动命令或特定条件下的自动执行命令进行，在模式切换时依据模式切换控制逻辑进行安全可靠的切换操作。

5.6.2 系统级和站级切换

5.6.2.1 系统级/站级模式是针对双极直流系统的模式状态，双极应始终保持相同的系统级/站级模式状态。

5.6.2.2 系统级/站级模式的切换仅应在稳态下进行，功率升降过程中不应进行系统级/站级切换。

5.6.2.3 在系统级下，各站双极直流系统作为一个整体，应以双极为控制对象，从主控站发出的控制命令自动在各站之间协调执行。在站级下，应以本站为控制对象，所发控制命令只针对本站。

5.6.2.4 站间通讯正常情况下，应由运行人员在主控站切换系统级/站级控制模式；站间通讯故障情况下，应自动由系统级切换为站级控制模式。

5.6.3 主控站和从控站切换

5.6.3.1 主控/从控模式是指换流站双极系统的模式状态，双极始终保持相同的主控/从控模式状态。

5.6.3.2 处于主控模式的换流站所发出的控制命令针对整个直流输电系统，协调各站进行相关操作。处于从控模式的换流站应跟随主控站的操作变化。

5.6.3.3 主控/从控模式切换应由运行人员操作完成，依次通过原主控站发送“释放主控”命令，原从控站发送“请求主控”命令的方式完成切换。

5.6.4 混合直流模式和柔性直流模式切换

5.6.4.1 混合直流模式送端为常规直流换流站，受端应至少有一个换流站为柔性直流换流站。柔性直流模式送、受端均为柔性直流换流站。

5.6.4.2 混合直流/柔性直流模式是针对双极直流系统的模式状态，双极应始终保持相同的混合直流/柔性直流模式状态。

5.6.4.3 混合直流/柔性直流模式切换应在主控站操作完成。

5.7 其他控制功能

5.7.1 直流站控系统功能全部失去

5.7.1.1 当两套直流站控系统功能均失去时，直流极控系统宜采取合适的控制策略，以保障直流系统运行可靠性。

典型策略：当直流极控系统检测到两套直流站控系统功能均失去时，监控系统应发出事件告警，直流系统仍可维持运行 2 h。若 2 h 后，直流站控系统仍未恢复正常，直流极控系统将以预设的速率快速停运多端直流输电系统。

5.7.1.2 当两套直流站控系统功能均失去时，应激活直流极控系统后的后备无功控制功能。后备无功控制功能宜配置交流滤波器切除功能（ Q_{control} 、 U_{control} 、 U_{max} 或交流过电压控制）。当至少一套直流站控系统恢复正常并处于值班状态，且无功控制功能投入时，直流站控系统后的无功控制功能重新生效。

5.7.2 线路故障再启动协调控制策略

5.7.2.1 依据系统运行方式要求，直流站控系统宜配置双极直流线路故障再启动协调控制策略。

典型策略如下：

- a) 某一直流极再启动期间，禁止另外一极执行直流线路故障再启动；
- b) 某一极再启动成功后，在一定间隔时间（宜为 5 s）内禁止另外一极执行直流线路故障再启动。

5.7.2.2 除上述策略外，各极直流线路故障再启动协调控制策略应具备单独投退功能，能依据系统需要设置不同的故障再启动次数及去游离时间。

6 监视与切换功能

6.1 一般功能

6.1.1 直流站控系统应能对换流站内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 OWS。

6.1.2 直流站控系统内完成 OWS 的信号采集、汇总和上传的工作，应包括下述内容：

- a) 模式选择、直流系统直流顺序控制、无功控制操作指令；
- b) 全站直流场设备的运行状态（如直流开关、刀闸、地刀的分/合状态）；
- c) 全站直流场一次系统回路、支路的运行参数（如电压、电流）；
- d) 站控系统内部所产生的事件（包括告警和故障）；

e) 站控系统自身的运行状态等（如主、备通道投入状态）。

上述信号应具有完整的时间标记，其最小分辨率为 1 ms。

6.1.3 直流站控系统应具有监视与自诊断功能。监视与自诊断功能应覆盖从测量二次线圈开始，包括完整的测量回路、信号输入/输出回路、总线、主机、微处理器板和所有相关设备，能检测出上述设备内发生的所有故障，对各种故障定位到最小可更换单元，并根据不同的故障等级作出相应的响应。

6.2 数据采集与处理

6.2.1 直流站控系统应通过数据采集单元采集有关信息，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。

- 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。交直流采样 A/D 分辨率及周期应满足精度要求。
- 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应误发信号。设备按扫描周期定时采集输入量，进行数据库更新，开关变位数据应优先主动上传。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：应采用国家或国际标准的串行通信接口或网络通信接口。直流站控系统采集的数据信号应满足运行人员控制系统和远方调度 SCADA 系统的要求。

6.3 顺序事件记录功能

6.3.1 顺序事件记录内容

每一个顺序事件记录内容：

- a) 时间：年月日时分秒毫秒格式的完整时间标记；
- b) 对象：生成事件的设备及其所属区域或子系统；
- c) 描述：事件的具体描述；
- d) 等级：如正常、轻微故障、严重故障、紧急故障。

6.3.2 顺序事件记录存储

6.3.2.1 设备应能够采集站控系统内部产生以及通过站控系统采集单元采集到的其他系统和设备产生的事件，此类事件应实时上传至运行人员控制系统，刷新显示并存储在系统数据库。

6.3.2.2 顺序事件记录应存储在指定的文件服务器或人员工作站上，并能通过查询关键字或时间段调取指定的顺序事件。

6.3.2.3 SCADA 服务器存储空间剩余少于 20%时，应在后台事件中告警。

6.4 站控主机及接口单元的监视

直流站控主机的监视应包括：

- a) 主机背板总线的监视，
- b) 主机运行任务的监视，
- c) 主机对时信号的监视，
- d) 主机及接口单元电源的监视，
- e) 主机板卡是否工作正常监视，
- f) 主机进程异常退出的监视，
- g) 主机与其他电路板通信是否正常的监视，
- h) 接口单元内主程序执行过程是否正常的监视，
- i) 其他监视内容还包括装置内部总线监视、主机硬件故障监视等。

6.5 测量元件的监视

6.5.1 测量元件的监视内容

6.5.1.1 自动监测功能应实现对直流站控系统相关一次测量元件运行状态的监视,以提高系统可靠性。

6.5.1.2 通常采用比较测量值的方法实现对测量元件的监视:

- a) 对于三相系统,比较测量得到的电流或电压的三相值;
- b) 对于直流系统的电压/电流,比较冗余系统的测量值,以及通过其他测量值计算得到的该点电压/电流值。

6.5.2 测量元件的监视要求

6.5.2.1 测量元件的监视范围应涵盖由测量二次线圈开始的完整测量回路,包括:信号输入/输出回路、主机、插件等相关环节。

6.5.2.2 控制系统监视到单一测量故障后,应通过冗余系统切换、测点切换等方法避免其对直流系统运行的影响。

6.6 现场总线的监视

直流站控系统应对系统内部的现场总线以及与其他系统的通信接口进行自诊断,自诊断内容应包括:

- a) 现场总线是否正常,
- b) 现场总线节点是否正常,
- c) 现场总线传输的信号是否正常。

6.7 系统冗余切换功能

6.7.1 直流站控设备状态应至少包括值班(Active)、备用(Standby)和停运/检修(Stop/Test)三种状态。

6.7.2 直流站控系统为完全冗余的双重化系统,系统之间可在故障状态下进行自动系统切换或由运行人员进行手动系统切换。

6.7.3 按照控制设备故障的严重程度及其对直流运行的影响,宜将控制设备故障划分为轻微故障、严重故障、紧急故障3个等级。

- 轻微故障:指不会对正常直流功率输送产生危害的故障,不会引起任何控制功能的不可用;
- 严重故障:指系统仍可保持当前状态继续运行,但会影响系统运行性能的故障;发生严重故障的系统在另一系统可用的情况下应退出运行;若另一系统不可用,则该系统还可以继续维持直流系统的运行;
- 紧急故障:指可能影响直流功率输送,危及设备或系统安全的故障。

6.7.4 系统切换原则

6.7.4.1 值班系统发生轻微故障且备用系统无故障时,应切换至备用系统运行。

6.7.4.2 值班系统发生严重故障且备用系统无故障或轻微故障时,应切换至备用系统运行;若备用系统存在严重故障或紧急故障时,值班系统应继续维持直流系统的运行。

6.7.4.3 值班系统发生紧急故障且备用系统无故障或轻微故障时,应切换至备用系统运行;若备用系统存在严重故障或紧急故障时,仍可继续运行一段时间;两套系统均紧急故障时,可根据运行条件需求,由运行人员手动闭锁直流或运行一段时间后,由控制系统自动执行闭锁直流的顺控逻辑。

6.7.4.4 备用系统发生紧急故障或严重故障时,应退出备用状态。

6.7.4.5 若系统被切换至停运/检修状态,不允许自动转换至备用状态。

6.7.4.6 应设置有效措施防止系统频繁切换。系统切换可通过软件切换或专用硬件模块实现，采用硬件模块方式时，应采用双重化冗余配置（包括控制电源）。

6.7.4.7 系统处于备用和停运/检修时，全部指令应自动失效。

6.7.4.8 备用系统的故障或异常不应影响值班系统的正常运行；系统处于停运/检修状态时，不应影响直流运行或值班系统产生任何影响。

7 接口功能

7.1 一般要求

直流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。

7.2 局域网

7.2.1 直流站控系统应通过 SCADA LAN 与 SCADA 系统进行通讯，SCADA LAN 应采用双重化配置。直流站控系统与 SCADA 系统的通讯主要包括：

- a) 遥测、遥信信息的上传，
- b) 遥控、遥调命令的下发，
- c) 事件记录的上传，
- d) 故障录波数据的上传，
- e) 装置在线调试时的调试信息传输等。

7.2.2 直流站控系统应通过就地 LAN 网实现直流控制保护系统的就地控制；在站 SCADA LAN 网络故障时，通过就地操作后台应能实现与直流站控系统相关的所有操作和监控功能。就地 LAN 网宜单网配置。直流站控系统通过就地 LAN 网与就地操作后台的通讯主要包括：

- a) 遥测、遥信信息的上传，
- b) 遥控、遥调命令的下发，
- c) 事件记录的上传等。

7.3 现场总线

7.3.1 直流站控系统的主机与控制保护主机的其他设备、I/O 采样设备之间，应采用高速现场总线进行连接。控制系统内部跨屏柜的模拟量和数字量采样数据传输，应采用光纤通讯。

7.3.2 直流站控系统内部，即主机和 I/O 之间的数据交换应在对应的冗余系统之间进行，避免交叉传送。

7.3.3 直流站控系统与测量系统的合并单元宜采用光纤通讯接口，双重化系统采用一对一方式通讯，数据传输协议应符合 GB/T 20840.9 中的相关规定。

7.4 与一次设备的接口

7.4.1 直流站控系统与一次设备的接口应采用冗余配置，用于交流母线电压及直流场开关、刀闸位置和本体监视报警信号等数据的采集，以及直流场开关、刀闸控制命令的下发。

7.4.2 控制系统应能通过现场 I/O 层设备、直流控制保护设备的测量单元等实现与直流一次系统的接口通讯。冗余控制系统的各重设备与直流一次系统的接口应互相独立。

7.4.3 开关量输入、输出接口与一次设备之间应采用电气隔离。输入、输出接口的抗干扰能力应符合 GB/T 35745—2017 中 4.7 的规定。输入接口应具备信号的去抖动功能，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导致一次回路的误操作。

7.5 与其他二次设备的接口

7.5.1 直流站控系统应配置主机通讯接口实现系统间通讯、主机间通讯的联接；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求配置。

7.5.2 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 SCADA 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。

7.6 与站间通讯的接口

7.6.1 直流站控系统的站间通信应通过站间通讯接口和站间通讯通道进行, 实现多站控制保护的配合。多端直流输电系统中, 各站直流站控之间的通讯通道宜按照点对点设计, 站间通讯通道均应双重化设计, 站间通讯应符合 GB/T 25843—2017 中 5.2.4.4 的规定。

站间通讯传输的主要信息包括:

- a) 直流场开关、刀闸位置信号,
- b) 直流场顺控操作信号,
- c) 直流极运行状态,
- d) 直流控制模式,
- e) 主/从站控制状态,
- f) 站间通道状态等。

7.6.2 直流站控系统的站间通讯接口应同时接入与其他各站站间通信的主、备通道, 实现站间通信的冗余。

7.7 与辅助设备的接口

7.7.1 直流站控系统应通过其网络接口或串行接口, 接收站内主时钟下发的时钟同步报文。时钟同步设备的对时脉冲通过时钟信号分配装置和直流站控系统的时钟脉冲接口实现时钟同步。

7.7.2 直流站控系统应通过多种常用的对时方式与站内主时钟系统对时, 包括: 完整的时间信息对时、秒脉冲 PPS 对时、IRIG-B 码对时、串口对时报文等。

7.7.3 直流站控系统应设置与故障录波的接口, 宜采用光纤通讯接口形式, 故障录波接口的功能和性能应符合 GB/T 22390.6 的有关规定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 13498—2017 高压直流输电术语
 - [2] GB/T 35703—2017 柔性直流输电系统成套设计规范
 - [3] DL/T 1778—2017 柔性直流保护和控制系统技术条件
-