

Q/GDW

国家电网有限公司企业标准

Q/GDW 11889—2018

高压柔性直流输电控制保护装置技术规范

Technical specification for the control and protection equipment of VSC HVDC
transmission system

2020 - 01 - 02 发布

2020 - 01 - 02 实施

国家电网有限公司 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.....	2
4 装置技术要求.....	3
5 控制设备要求.....	8
6 保护设备要求.....	13
7 试验方法.....	18
8 检验规则.....	21
9 标志、标签、使用说明书.....	22
10 包装、运输、贮存.....	22
11 供货的成套性.....	22
12 质量保证.....	22
附录 A（资料性附录） 柔性直流输电系统典型接线及主要设备.....	23
编制说明.....	25

高压柔性直流输电控制保护装置技术规范

1 范围

本标准规定了柔性直流输电系统控制和保护系统技术要求、试验方法、检验规则等内容。

本标准适用于额定直流电压在±50kV以上的柔性直流输电系统中的控制和保护设备，并作为该系统控制和保护设备设计、生产、试验和使用的依据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本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 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 7261—2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- GB/T 11287—2000 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—2017 高压直流输电术语
- GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- GB/T 14598.2—2011 量度继电器和保护装置 第 1 部分：通用要求
- GB/T 14598.3—2006 电气继电器 第 5 部分：量度继电器和保护装置的绝缘配合要求和试验
- GB/T 14598.9—2010 量度继电器和保护装置 第 22—3 部分：电气骚扰试验 辐射电磁场抗扰度
- GB/T 14598.10—2012 量度继电器和保护装置 第 22—4 部分：电气骚扰试验 电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验
- GB/T 14598.11—2011 量度继电器和保护装置 第 11 部分：辅助电源端口电压暂降、短时中断、电压变化和纹波
- GB/T 14598.13—2008 电气继电器 第 22—1 部分：量度继电器和保护装置电气骚扰试验 1MHz 脉冲群抗扰度试验
- GB/T 14598.14—2010 量度继电器和保护装置 第 22—2 部分：电气骚扰试验 静电放电试验
- GB/T 14598.16—2002 电气继电器 第 25 部分：量度继电器和保护装置的电磁发射试验
- GB/T 14598.17—2005 电气继电器 第 22—6 部分：量度继电器和保护装置的电气骚扰试验-射频场感应的传导骚扰的抗扰度
- GB/T 14598.18—2012 量度继电器和保护装置 第 22-5 部分：电气骚扰试验 浪涌抗扰度试验
- GB/T 14598.19—2007 电气继电器 第 22—7 部分：量度继电器和保护装置的电气骚扰试验-工频抗扰度试验
- GB/T 14598.20—2007 电气继电器 第 26 部分：量度继电器和保护装置的电磁兼容要求
- GB 14598.27—2008 量度继电器和保护装置 第 27 部分：产品安全要求
- GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

- GB/T 17626.9—2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.10—2017 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.11—2008 电磁兼容试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
- GB/T 17626.12—2013 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验
- 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
- GB/T 22390.2—2008 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 22390.3—2008 高压直流输电系统控制与保护设备 第3部分：直流系统极控设备
- GB/T 22390.4—2008 高压直流输电系统控制与保护设备 第4部分：直流系统保护设备
- GB/T 33591—2017 智能变电站时间同步系统及设备技术规范
- GB/T 35745—2017 柔性直流输电控制与保护设备技术要求
- DL/T 667—1999 远动设备及系统 第5部分：传输规约 第103篇：继电保护设备信息接口配套标准
- DL/T 860（所有部分） 电力自动化通信网络和系统
- DL/T 1087—2008 ±800kV 特高压直流换流站二次设备抗扰度要求
- DL/T 1778—2017 柔性直流保护和控制设备技术条件
- Q/GDW 11764-2017 高压直流工程直流控制保护与稳控装置接口技术规范

3 术语和定义

GB/T 13498—2017、GB/T 35745—2017和DL/T 1778—2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直流控制保护设备 DC control and protection equipment

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设备，包括运行人员监控系统、交直流站控设备、直流协控、双极/极/换流器控制设备、双极/极/换流器保护设备、模拟量和数字量接口设备等。

3.2

直流协控系统 DC coordination control system

在包括两个换流站及以上的直流系统中，协调控制各换流站的运行目标，实现网络潮流和系统电压的优化配置的上层控制系统。

3.3

有源控制模式 active control mode

柔性直流输电系统换流站联接的交流系统具备常规电源情况下，柔直控制系统采用的定直流电压、定有功等控制方式。

3.4

无源控制模式 passive control mode

柔性直流输电系统换流站联接的交流系统不具备常规电源或新能源接入情况下，柔直控制系统采用的电压-频率或虚拟同步等控制方式。

3.5

单极对称系统 monopolar symmetrical system

由单个六桥臂换流器组成的柔性直流输电系统，其两条直流极线的电位为对称的正负电位。

3.6

双极对称系统 bipolar symmetrical system

由两个独立的六桥臂换流器组成的柔性直流输电系统，其两条直流极线的电位为对称的正负电位。

4 装置技术要求

4.1 环境条件

4.1.1 正常工作大气条件

工作大气条件应符合GB/T 35745—2017中4.1.1的规定。

4.1.2 试验的标准大气条件

试验的标准大气条件应符合GB/T 35745—2017中4.1.2的规定。

4.1.3 仲裁试验的标准大气条件

仲裁试验的标准大气条件应符合GB/T 35745—2017中4.1.3的规定。

4.1.4 使用环境的其它要求

使用环境的其他要求符合GB/T 35745—2017中4.1.4的规定。

4.2 运输、贮存极限环境温度

4.2.1 包装好的户内使用的设备在运输过程中的贮存温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于95%。设备应能承受在此环境中的短时贮存。

4.2.2 包装好的设备应贮存在 $-10^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于80%、周围空气中不含有腐蚀性、火灾及爆炸性物质的室内。

4.3 电源

4.3.1 交流电源

交流电源应符合GB/T 35745—2017中4.2.1的规定。

4.3.2 直流电源

直流电源应符合GB/T 35745—2017中4.2.2的规定。

4.4 绝缘性能

4.4.1 绝缘电阻

4.4.1.1 试验部位

试验部位应满足如下条件：

- a) 每个电路与外露导电部分之间，每个独立电路的端子连接在一起；
- b) 各独立电路之间，每个独立电路的端子连接在一起。

4.4.1.2 绝缘电阻测量

施加直流 500 V 时的绝缘电阻值不应小于 100M Ω 。

4.4.2 介质强度

4.4.2.1 具体的被试电路及介质强度试验值见表 1，也可采用直流试验电压，其值应为规定的工频试验电压值的 1.4 倍。

表 1 被试电路及介质强度试验值

单位：V

被 试 电 路	额定绝缘电压	试验电压
整机输出端子——地	63~250	2 000
直流输入回路——地	63~250	2 000
交流输入回路——地	63~250	2 000
信号和报警输出触点——地	63~250	2 000
无电气联系的各回路之间	63~250	2 000
	≤ 63	500
出口继电器的常开触点之间	—	1 000
各带电部分分别——地	≤ 63	500

4.4.2.2 表 1 中被试电路应能承受频率为 50Hz 的工频耐压试验，历时 1min，设备各部位不应出现绝缘击穿或闪络现象。

4.4.2.3 做出厂试验时，允许试验历时缩短为 1s，但此时试验电压值应提高 10%。

4.4.3 冲击电压

4.4.3.1 试验部位

试验部位的要求同 4.4.1.1。

4.4.3.2 冲击电压试验值

4.4.3.1 所述试验部位应能承受标准雷电波 1.2/50 μ s 的短时冲击电压试验，试验电压的峰值为 1 kV（额定绝缘电压 ≤ 63 V）或 5 kV（额定绝缘电压 > 63 V）。

4.4.3.3 结果评定

承受冲击电压试验后，设备主要性能指标应符合企业产品标准规定的出厂试验项目要求。试验过程中，允许出现不导致绝缘损坏的闪络，如果出现闪络，则应复查绝缘电阻及介质强度，此时介质强度试验电压值为规定值的 75%。

4.5 耐湿热性能

设备在最高温度为 40 $^{\circ}$ C，试验周期为两周期（48 h）的条件下，经交变湿热试验，在试验结束前 2 h 内，本标准 4.8.1.1 规定部位施加直流 500 V 时的绝缘电阻值不应小于 10 M Ω ；测试本标准 4.8.2 规定部位的介质强度，试验电压为规定值的 75%。

4.6 机械性能

4.6.1 振动（正弦）

4.6.1.1 振动响应

设备应具有承受 GB/T 11287—2000 中 3.2.1 规定的严酷等级为 I 级的振动响应能力。

4.6.1.2 振动耐久

设备应具有承受 GB/T 11287—2000 中 3.2.2 规定的严酷等级为 I 级的振动耐久能力。

4.6.2 冲击

4.6.2.1 冲击响应

设备应具有承受 GB/T 14537—1993 中 4.2.1 规定的严酷等级为 I 级的冲击响应能力。

4.6.2.2 冲击耐久

设备应具有承受 GB/T 14537—1993 中 4.2.2 规定的严酷等级为 I 级的冲击耐久能力。

4.6.3 碰撞

设备应具有承受 GB/T 14537—1993 中 4.3 规定的严酷等级为 I 级的碰撞能力。

4.7 电磁兼容要求

4.7.1 抗扰度要求

4.7.1.1 外壳端口抗扰度要求

外壳端口抗扰度要求应符合 DL/T 1087—2008 中 5.2 的规定（见表 2）。

表 2 外壳端口抗扰度要求

试验	电磁环境现象	参考标准	试验等级	试验值
1.1	工频磁场	GB/T 17626.8—2006	5	100A/m, 连续 1000A/m, 1s
1.2	脉冲磁场	GB/T 17626.9—2011	5	1000A/m
1.3	阻尼振荡磁场	GB/T 17626.10—2017	5	100 A/m
1.4	射频辐射电磁场 80MHz~1000MHz	GB/T 17626.3—2016	3	10V/m
1.5	静电放电	GB/T 17626.2—2006	3	6kV, 接触放电 8kV, 空气放电

4.7.1.2 信号端口抗扰度要求

信号端口抗扰度要求应符合 DL/T 1087—2008 中 5.2 的规定（见表 3）。

表 3 信号端口抗扰度要求

试验	电磁环境现象	参考标准	本地连接		现场连接		连接至高压设备		连接至通信设备	
			等级	试验值	等级	试验值	等级	试验值	等级	试验值
2.1	浪涌（冲击） 线对地 线对线	GB/T 17626.5— 2008	2	1 kV	3	2 kV	4	4 kV	4	4 kV
			1	0.5 kV	2	1 kV	3	2 kV	3	2 kV
2.2	阻尼振荡波 共模 差模	GB/T 17626.12— 2013	—	—	2	1 kV 0.5 kV	3	2.5 kV 1 kV	3	2.5 kV 1 kV
2.3	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.10— 2017	3	1 kV	4	2 kV	X	4 kV	X	4 kV
2.4	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.3— 2016	3	10 V	3	10 V	3	10 V		10 V

4.7.1.3 低压交流输入/输出电源端口抗扰度要求

低压交流输入/输出电源端口抗扰度要求应符合DL/T 1087—2008中5.2的规定（见表4）。

表 4 低压交流输入/输出电源端口抗扰度要求

试验	电磁环境现象	参考标准	试验等级	试验值
3.1	电压暂降	GB/T 17626.11—2008	ΔU 30%—1 个周波	
3.2	电压短时中断		ΔU 60%—50 个周波	
			ΔU 100%—5 个周波	
			ΔU 100%—50 个周波	
3.3	浪涌（冲击） 线对地 线对线	GB/T 17626.5—2008	4	4 kV
			3	2 kV
3.4	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4—2008	4	4 kV
3.5	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6—2017	3	10 V

4.7.1.4 低压直流输入/输出电源端口抗扰度要求

低压直流输入/输出电源端口抗扰度要求应符合DL/T 1087—2008中5.2的规定（见表5）。

表5 低压直流输入/输出电源端口抗扰度要求

试验	电磁环境现象	参考标准	试验等级	试验值
4.1	浪涌（冲击） 线对地 线对线	GB/T 17626.5—2008	3	2 kV
			2	1 kV
4.2	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4—2008	4	4 kV
4.3	阻尼振荡波 共模 差模	GB/T 17626.12—2013	3	2.5 kV
				1 kV
4.4	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6—2017	3	10 V

4.7.1.5 功能接地端口抗扰度要求

功能接地端口抗扰度要求应符合DL/T 1087—2008中5.2的规定（见表6）。

表6 功能接地端口抗扰度要求

试验	电磁环境现象	参考标准	试验等级	试验值
5.1	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4—2008	4	4 kV
5.2	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6—2017	3	10 V

4.7.2 电磁发射试验要求

设备的电源端口应符合GB/T 14598.16—2002中4.1规定的传导发射限值（见表7），外壳端口应符合GB/T 14598.16—2002中4.2规定的辐射发射限值（见表8），按表7和表8规定的电磁发射限值和有关规定评定试验结果。

表7 功能接地端口抗扰度要求

频率范围 MHz	限值 dB (μV)	
	准峰值	平均值
0.15~0.5	79	66
0.5~30	73	60

表8 电源端口传导发射限值

发射频率范围 MHz	在 10 m 测量距离处辐射发射限值 dB (μV/m)	
	准峰值	
30~230	40	
230~1 000	47	

4.8 连续通电试验要求

设备完成调试后，在出厂前，应进行100 h（常温）或72 h（+40℃）的连续通电试验。

4.9 结构及外观要求

直流控制保护设备的结构及外观应满足如下要求：

- a) 设备的金属零件应经防腐蚀处理。所有零件完整无损，设备外观无划痕及损伤；
- b) 设备所用元器件符合相应的技术要求；
- c) 设备零部件、元器件安装正确、牢固，并实现可靠的机械和电气连接；
- d) 同类设备的相同功能的插件、易损件具有互换性，不同功能的插件有防误插措施。

4.10 安全要求

4.10.1 外壳防护（IP 代码）

设备应有外壳防护，防护等级为GB 4208—2017规定的IP20或IP50（有要求时）。

4.10.2 安全标志

安全标志见 9。

5 控制设备要求

5.1 配置要求

5.1.1 整体架构配置

5.1.1.1 柔性直流输电系统的控制设备宜根据功能划分为 3 个子系统：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。

5.1.1.2 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，并满足系统可用率的要求。

5.1.1.3 控制设备应采用合理的软、硬件设计方案，以保证设备具有良好的可扩展性能。

5.1.2 主机与 I/O 配置

5.1.2.1 控制设备包括的 I/O 和主机应采用双重化冗余配置，两套系统互为主备。

5.1.2.2 分布式 I/O 宜采用模块化结构，易维护和更换，任何一个模块故障不应影响其他模块的正常工作。

5.1.2.3 控制设备所采用的网络应具有良好的开放性，网络通信规约应采用国际通用标准协议。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。

5.1.3 自诊断功能配置

控制设备的自诊断覆盖率应达到 100%，即自诊断功能应该能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，通信回路，主机和所有相关设备，应能检测出上述设备的典型故障，根据故障严重程度采取报警、系统切换等措施，并能提供足够的信息使故障应定位到最小可更换元件，能提供相应的检修建议。

5.2 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。

5.3 交直流站控系统

5.3.1 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，完成交直流场开关/刀闸/地刀的操作、换流变的控制、辅助系统的监视等操作。柔性直流工程的交直流站控系统可参考 GB/T 22390.2—2008 的规定。

5.3.2 控制位置

5.3.2.1 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。

5.3.2.2 站控系统应具有可靠的逻辑，保证在任何时刻只能接收对应选定的控制位置发出的命令，并能够方便切换。

5.3.3 联锁功能

联锁功能要求如下：

- a) 所有控制操作，应设计安全可靠的联锁功能，联锁功能应禁止执行任何可能引起不安全运行的控制操作，以保证设备的正常运行和运行人员的安全；
- b) 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；
- c) 联锁范围包括：
 - 1) 直流开关场；
 - 2) 换流变、阀厅；
 - 3) 交流开关场；
 - 4) 站用电系统（含 35kV、10kV、400V、UPS 和直流蓄电池系统等）。
- d) 联锁系统的设计应满足以下要求：
 - 1) 不带负荷闭合隔离开关；
 - 2) 不带负荷拉开隔离开关；
 - 3) 地刀合闸时，不闭合隔离开关；
 - 4) 当母线或设备带电时，不操作接地刀闸。
- e) 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；
- f) 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；
- g) 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。

5.3.4 系统同期功能

系统同期功能要求如下：

- a) 换流站内应配置同期功能，允许所有线路及主变进线实现同步联网。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。

5.3.5 监视功能

5.3.5.1 一般监视功能

监视功能要求如下：

- 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。

5.3.5.2 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，采集要求如下：

- 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 分辨率及周期应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。

5.3.5.3 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)单元采集到的其它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。

5.3.5.4 谐波监视功能

谐波监视功能要求如下：

- 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 至 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。

5.3.6 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、稳控等其它二次设备的接口；
- c) 与辅助系统的接口；
- d) 与时钟系统的接口。

5.4 直流控制系统功能

5.4.1 一般要求

柔性直流工程的直流控制系统可参考 GB/T 22390.3—2008 的规定。一般要求如下：

- a) 应采用分层分布式设计，完成直流系统要求的系统级控制、站级控制、换流器级控制等功能；
- a) 设备的每个环节应采用可靠冗余配置。

5.4.2 系统级与站级控制功能要求

5.4.2.1 顺序控制

5.4.2.1.1 顺序控制主要是为直流系统中换流站站内或站间协调运行所需的开关的分/合操作、换流阀的解锁/闭锁、运行方式的转换、控制方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上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。

5.4.2.1.2 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，避免启动后续的顺序步骤，在顺序控制中止后，控制系统应可以允许运行人员手动进行后续操作，暂停后，选择返回顺控初始状态；或在一个固定时间内，待系统恢复正常，确认无误后，选择继续完成后续操作。

5.4.2.2 充电控制

在解锁前应通过交流系统或直流线路进行充电。换流器与交流系统之间通过限流电阻相连，以抑制充电瞬间的过电流。充电结束后，可通过开关设备将限流电阻旁路。

5.4.2.3 运行方式选择

5.4.2.3.1 系统级与站级控制应满足直流系统在各种电网工况下正常运行，如果与换流站相连的交流网络是有源电网，站控系统应提供直流电压/有功功率和无功功率的控制；如果与换流站相连的交流网络是无源电网，站控系统应提供交流电压和频率的控制。

5.4.2.3.2 在系统工况允许的情况下，运行方式可通过工作人员在运行人员工作站上下达。在系统工况发生变化导致运行方式改变时，系统级与站级控制应能够自动检测并执行相应换流站控制模式的平滑切换。

5.4.2.4 与稳控的配合

柔性直流换流站控制系统应具备与稳控系统的协调配合功能。控制系统与稳控装置的信号采用光纤通讯方式，可参考Q/GDW 11764—2017中相关规定。

5.4.2.5 过负荷控制

过负荷限制应在当前环境温度条件和传输功率水平下，考虑备用冷却设备是否可用，以及IGBT当前结温、换流变压器绕组最热点温度、阀电抗器热点温升，计算得到直流系统的过负荷能力对极功率/电流控制输出的电流指令进行限幅，使得一次回路在各种工况下的全部过负荷能力都被充分利用，而不会因为设备过应力而发生不希望的停运。

过负荷限制应当包括以下各种限制条件所引起的限幅：

- a) 短时过负荷限制；
- b) 长期过负荷限制；
- c) IGBT结温限幅。

5.4.2.6 附加频率控制

柔性直流换流站控制系统可以设置附加频率控制功能。当交流系统频率超过一定限值，即进行有功功率调节，将交流系统频率限制在一定范围内。

5.4.2.7 直流协调控制

三个及以上的柔性直流输电控制系统宜配置协调控制功能，该协调控制功能可在独立的直流协控系统设备实现。在正常状态下宜采用主从方式、电压裕度或下垂维持柔性直流输电系统的直流电压稳定，通过直流协调控制平衡多个换流站的输入和输出功率，直流系统电压的优化控制。

5.4.2.8 监视功能与系统切换

监视功能与系统切换如下：

- a) 系统监视。设备应能对换流站内控制设备的运行状态与操作进行全面的监视，应对故障级别进行划分，并将监视信息上传到运行人员工作站上；
- b) 系统状态切换。系统采用双重化配置原则，应能独立完成自身监视和相互监视，自动实现故障监视后的处理，保证不会因为系统自身故障而误动或拒动。应能故障级别进行系统状态切换；
- c) 数据采集功能。设备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。

5.4.2.9 直流双极控制

针对具有两个独立极的双极柔性直流输电系统，应按照双极层和极层进行功能配置。在设备配置上，宜将双极控制功能配置在极层控制设备（换流器控制设备）内：

- a) 双极有功功率控制。应考虑双极有功功率的协调配合，包括两个极同为双极功率控制或一个极为双极功率控制，另一个极为单极功率控制的情况，使得在双极柔性直流系统的各种运行方式下，双极有功功率在每个极之间合理分配。双极功率控制应具有两种控制方式：手动控制；自动控制；
- b) 双极交流电压/无功功率控制。双极交流电压/无功功率控制功能应实现不同运行方式下，无功功率在每个极之间合理分配。其控制对象可以是交流侧母线电压或全站与交流系统之间交换的无功功率。

5.4.2.10 控制模式转换

控制模式间能在线转换，转换过程平滑，不应引起系统保护动作和闭锁。

5.4.2.11 空载加压（OLT）控制

空载加压控制应能自动解锁对应的换流阀，把直流电压升至预定值，然后保持一段时间，再把电压降下来，最后闭锁该换流阀。直流电压预定值和最高电压保持时间应能由运行人员设定。

5.4.3 换流器级控制功能要求

5.4.3.1 外环控制

5.4.3.1.1 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如下两种运行控制方式：

- a) 手动控制：由运行人员设定希望的直流电压定值；
- b) 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，该直流电压定值小于额定值；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。

5.4.3.1.2 有功功率控制

定有功功率控制模式下，直流控制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如下两种运行控制方式：

- a) 手动控制：由运行人员设定有功功率目标值及有功功率升降速率；
- b) 自动控制：有功功率目标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。

5.4.3.1.3 无功功率控制

定无功功率控制模式下，直流控制系统应能控制无功功率为运行人员设定的无功功率目标值。

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目标值。

5.4.3.1.4 交流电压控制

定交流电压控制模式下，直流控制系统应能控制交流电压为运行人员设定的目标值。

当执行交流电压升降指令时，交流母线电压应当以一定升降速率变化至预定的交流电压目标值。

5.4.3.1.5 孤岛电压/频率控制

换流站接入新能源孤岛系统或换流站外部无常规电源供电时，采用孤岛交流电压频率控制模式，直流控制系统应能控制交流电压为运行人员设定的目标值。

当执行交流电压升降指令时，交流母线电压应当以一定升降速率变化至预定的交流电压目标值。

5.4.3.1.6 控制模式切换功能

在有源控制模式和无源控制模式下，直流控制系统应能实现交流电压/无功功率和有功功率/直流电压/频率多种控制模式间的可靠切换，切换过程中不应引起系统保护动作和功率大范围波动。

5.4.3.1.7 换流变压器分接开关控制

换流变压器分接头控制应具有如下两种模式：

- a) 手动控制模式，可单独调节单台换流变的分接头，也可同时调节本极所有换流变的分接头；
- b) 自动控制模式，其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设定范围内。

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，控制系统应发出信号至SCADA系统，并禁止分接头继续升高/降低。

5.4.3.2 内环控制

5.4.3.2.1 锁相环控制

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。锁相环的输入是三相交流系统电压，其输出是基于时间的相角值。

5.4.3.2.2 电流内环控制

电流内环控制接受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。

6 保护设备要求

6.1 通用要求

6.1.1 基本原则

6.1.1.1 柔性直流系统保护包括直流保护和换流变压器保护等设备。

6.1.1.2 直流保护由双极保护、极保护、换流器保护和站内交流连接母线保护等构成。直流保护设备按极独立配置，双极保护功能宜集成在极保护中。

6.1.1.3 直流保护设备宜独立配置，不宜与控制系统共用主机。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/597011120066006143>