

ICS 国际标准分类号

CCS 江苏省标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/JES XXX-XXXX

## 交直流混联电网直流系统辅助决策技术 要求

Technical requirements for auxiliary decision-making of DC system in hybrid  
AC/DC power grid

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

江苏省电工技术学会 发布



## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 总体要求 .....	4
5 信息交互 .....	4
5.1 一般要求 .....	4
5.2 关键构成要素 .....	4
5.3 数据采集 .....	4
6 辅助决策 .....	5
6.1 一般要求 .....	5
6.2 阀级控制 .....	5
6.3 站级控制 .....	5
6.4 系统级控制 .....	5
6.5 辅助决策技术 .....	5
7 辅助决策效果评估与反馈 .....	6
7.1 效果评估 .....	6
7.2 效果反馈 .....	6



# 交直流混联电网直流系统辅助决策技术要求

## 1 范围

本标准规定了交直流混联电网直流系统辅助决策技术的基本技术要求。

本标准适用于交直流混联电网直流系统辅助决策技术在多电源直流并网，交流电网运行支撑，直流系统功率平衡及电压控制，启停、保护及恢复等场景下的设计、研发、检测及运行。

## 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。

- GB 38755 电力系统安全稳定导则
- GB/T 13498 高压直流输电术语
- GB/T 30149 电网通用模型描述规范
- GB/T 30553 基于电压源换流器的高压直流输电
- GB/T 31464 电网运行准则
- GB/T 33590.1 智能电网调度控制系统技术规范 第1部分：总体架构
- GB/T 33590.2 智能电网调度控制系统技术规范 第2部分：术语
- GB/T 33604 电力系统简单服务接口规范
- GB/T 34118 高压直流系统用电压源换流器术语
- GB/T 35702.1 高压直流系统用电压源换流器阀损耗 第1部分：一般要求
- GB/T 35702.2 高压直流系统用电压源换流器阀损耗 第2部分：模块化多电平换流器
- GB/T 37015.1 柔性直流输电系统性能 第1部分：稳态
- GB/T 51397 柔性直流输电成套设计标准
- DL/T 5599 电力系统通信设计导则
- IEC 61970 能量管理系统应用程序接口

## 3 术语和定义

GB/T 13498、GB/T 30553、GB/T 33590.2、GB/T 34118 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 交直流混联电网 **hybrid AC/DC power grid**

由交直流输电系统互联形成的电力系统，通过换流设备实现交直流电网的相互连接、协调运行。

### 3.2

#### 稳态运行 **steady-state operation**

电力系统在负荷、发电量等主要参数维持相对稳定条件下的运行状态，通常指频率、潮流和电压保持在正常范围内的运行状态。

### 3.3

#### 多电源直流并网 **multiple types of energy connected to DC power**

在多类电源经直流并网场景中，直流电网的运行控制主要用于支撑大规模新能源的友好接入、传统电源的远距离输送，以及更为复杂的多类型资源的资源优化配置、经济性及市场化接入。

### 3.4

#### 交流电网运行支撑 **supporting the operation of the AC power grid**

针对接入电网的安全性提升场景，直流系统可在原有有功功率传输功能的基础上，根据需要对所连接的交流电网实现诸如频率支撑、无功支撑、振荡抑制、构网控制以及嵌入式直流等附加功能，提高系统运行的安全性。

### 3.5

#### 直流系统功率平衡及电压控制 **power and voltage control in DC systems**

直流电网可通过不同类型的换流技术配合相应协调控制策略实现直流电网外部功率的大容量消纳以及内部电压的稳定控制

### 3.6

#### 启停、保护及恢复 **Starting, exiting operation, protection, and fault recovery scenarios of DC power grid**

直流电网启停控制，需要在系统级、站级以及阀级满足各类设备、站点及电网灵活投退的需求。

## 4 总体要求

直流系统在多电源直流并网，或交流电网运行支撑，或直流系统功率平衡及电压控制，或启停、保护及恢复场景，在正常运行方式电压、频率运行范围内直流输电系统应保持稳定运行，在交流系统事故后正常稳态运行方式电压、频率运行范围内直流输电系统也应保持安全稳定运行，并能够向交流系统提供适当且必要的无功支撑。

直流系统换流器在设计 PQ 运行区间的交流电压允许变化范围内，应能满足有功输送能力和无功调节能力要求，并保持稳定运行。

在规定的运行条件下，直流系统应在额定运行能力的基础上具备适当的过负荷能力，满足接入交流系统对输电和供电可靠性的要求。

除有特殊要求外，不考虑直流降压运行。

## 5 信息交互

### 5.1 一般要求

数据宜通过终端或调度自动化系统自动采集，采集数据应满足 GB/T 33604-2017 的要求，并可通过手动方式补充录入。

数据传输所采用的网络应具有良好的开放性，网络通信规约应采用标准的通用协议，符合 DL/T 5599-2021 中的规定。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。宜配置内部高精度故障录波功能。

指令下发周期应与各控制层级的时间尺度相匹配。

测量装置的精度需要满足控制系统的要求。

### 5.2 关键构成要素

辅助决策系统能够直接或以符合 IEC 61970 的接口方式从调度自动化系统获取包括直流系统、换流站、交流电网在内的交直流混联电网关键构成要素。

#### 5.2.1 直流系统

直流系统拓扑结构要素包括：双端、辐射多端、环形、网形、混合型。

直流系统接线方式要素包括：单极、伪双极、真双极接线方式。

单极接线方式包括：对称单极、不对称单极金属回线、不对称单极大地回线。

单极接线方式包括：双极大地回线、采用专用金属回线。

#### 5.2.2 换流站

换流站要素包括：LCC 换流站、VSC 换流站、混合型换流站。

#### 5.2.3 交流电网

交流电网强度要素包括：交流电网强度。

### 5.3 数据采集

交直流混联电网直流系统辅助决策所需数据应包括：交流系统数据、换流站数据、直流系统数据等。

#### 5.3.1 交流系统数据

交流系统数据应包括直流系统并网点交流电压、交流电流、有功功率、无功功率等，数据可采用小时级或 15 分钟级的数据格式。

### 5.3.2 换流站数据

换流站数据应包括 LCC 整流器触发角，LCC 逆变器熄弧角等，数据可采用小时级或 15 分钟级的数据格式。

### 5.3.3 直流系统数据

直流系统数据应包括直流电压、直流电流、直流有功功率等，数据可采用小时级或 15 分钟级的数据格式。

## 6 辅助决策

### 6.1 一般要求

交直流混联电网直流系统的控制应适应但不限于以下场景：多电源直流并网，交流电网运行支撑，直流系统功率平衡及电压控制，启停、保护及恢复等。

控制的结构、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，以保证直流系统在有通信和无通信的情况下均能安全稳定运行，并满足系统可用率的要求。

直流控制系统应充分考虑交直流混联电网调节能力的要求，具备系统监视、数据采集、启停控制、有功功率控制、无功功率控制、直流电压控制、交流电压控制、故障穿越与恢复、控制模式切换等功能。

控制设备采用冗余配置。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。

各控制回路应为分层结构，具备自动运行能力，具备但不限于与 D5000 系统、安全稳定控制系统的接口。

### 6.2 阀级控制

直流电网的阀级控制应接收上层站级控制下发的控制指令，能够根据接收的控制指令控制换流阀的开闭。

### 6.3 站级控制

直流系统的站级控制应接收系统级控制下发的有功功率指令、无功功率指令、直流电压指令、交流电压指令、频率指令、运行方式控制、控制模式选择、顺序控制等指令，实现有功功率控制、无功功率控制、直流电压控制、交流电压控制、频率控制等功能，向阀级控制下达电压参考值指令。

### 6.4 系统级控制

直流系统的系统级控制策略包括主从控制策略、直流电压裕额控制策略、直流电压下垂控制策略，及相关改进策略。

系统级控制应接收调度机构的调度控制指令，或者接收站内运行人员控制指令，据此产生站级控制层的控制指令，并向调度机构反馈有关运行信息。

系统级控制应与各站级控制相兼容，能够最大化地消纳所接入的有功功率。

### 6.5 辅助决策技术

#### 6.5.1 控制模式匹配

直流系统的辅助决策能够针对交流系统拓扑结构匹配与之相适应的系统级控制模式，配置站间协调控制实现多个换流站间的控制模式协调以及运行特性优化，能够快速而灵活地平衡发电功率及稳定直流电压。

直流系统的辅助决策能够针对交流电网的强度匹配与之相适应的站级控制模式，能够为任一强度交流电网的接入提供稳定接入点。

#### 6.5.2 控制指令计算

直流系统的辅助决策应针对多电源直流并网，或交流电网运行支撑，或直流电压/功率控制，或启停、保护及恢复，利用接收到的构成要素和量测数据，可以通过确定性计算方法或不确定性计算方法，计算生成各级控制指令。

##### 6.5.1.1 确定性计算方法

对于可以通过具体计算公式获得结果的，可以通过确定性计算方法计算得到控制指令。

### 6.5.1.2 不确定性计算方法

对于不可以通过具体计算公式获得结果的，可以通过不确定性计算方法计算得到控制指令，不确定性计算方法可包括最小二乘法、线性回归、倍比平滑法、模糊聚类法、时间序列算法、线性外推法、频域分量法、人工智能算法、专家系统法等，可选择一种或多种算法组合预测。

### 6.5.3 兼容性校验

直流系统的辅助决策系统应与各级控制系统相兼容，能够实现各级控制指令的正常生成与下发。

## 7 辅助决策效果评估与反馈

### 7.1 效果评估

#### 7.1.1 安全稳定性校验

控制指令应保证电力系统安全稳定运行，符合 GB 38755 中的规定。

##### 7.1.1.1 可靠性

直流系统应达到高水平的可用率和可靠性，符合 GB/T 51397-2019 中 11 的规定。在直流系统的设计中应避免由于换流站设备缺陷、控制保护系统误动作或运行人员误操作引起的系统强迫停运。

直流系统的可靠性指标主要考察换流站设备强迫停运率、故障强迫停运次数。

##### 7.1.1.2 损耗

直流系统的损耗主要应计及换流器、变压器、桥臂电抗器、限流电抗器、直流断路器、输电线路等。换流阀的损耗计算应按 GB/T 34139、GB/T 35702.1 和 GB/T 35702.2 的规定进行，其余设备的损耗按 GB/T 20989 进行计算。

##### 7.1.1.3 电能质量

直流系统并网点的电压偏差、频率偏差、电压波动和闪变、谐波畸变率应满足电能质量相关标准的要求。

#### 7.1.2 功能性校验

交直流混联电网直流系统辅助决策技术在多电源直流并网，交流电网运行支撑，直流电压/功率控制，启停、保护及恢复等场景下，应实现与运行控制场景相应的功能。

##### 7.1.2.1 多电源直流并网

在多电源直流并网场景下，直流系统能够为所接入大规模随机性新能源提供稳定接入点，能够对新能源的随机性发电功率进行快速而灵活地平衡，并能够保证传统电源发电功率接入的平稳性，实现多类型电源的安全稳定、经济控制。

##### 7.1.2.1 交流电网运行支撑

在交流电网运行支撑场景下，直流系统能够实现对交流系统的频率感知及控制，快速平衡各端交直流功率，实现振荡抑制，并能够为系统提供必要的无功支撑，维持电压稳定。

##### 7.1.2.1 直流系统功率平衡及电压控制

在直流系统功率平衡及电压控制场景下，直流系统具备为各类大容量电源/场群提供稳定的有功功率送出通道的能力，实现直流电网中功率的灵活有向传输及快速精准平衡。

##### 7.1.2.1 启停、保护及恢复

在启停、保护及恢复场景下，直流系统具备灵活投退换流站和故障穿越的能力，满足检修等各类需求。

### 7.2 效果反馈

操作人员应当根据需要对辅助决策系统的知识库进行自主完善、补充、维护与更新，知识更新应有明确的审核机制、周期、流程和记录，并加强知识产权保护。

应当建立辅助决策系统使用和不良事件反馈机制，及时总结应用情况，定期对辅助决策系统应用的稳定性、有效性进行质量监测、效果评价、动态调整。

建立辅助决策系统运维管理制度，加强运维管理，确保所有运维操作可授权、可追踪、可审查。

加强辅助决策系统网络安全应急管理，持续监测辅助决策系统运行状态，发现运行或重要配置等异常情况时，及时通报预警并处置。