

ICS 29.240
K45

T/CEC

中国电力企业联合会标准

T/CECXXXXX—202X

海上风电柔性直流送出系统保护配置与 整定技术规程

Specification of protection configuration and setting for offshore wind power
transmission system using VSC-HVDC

（征求意见稿）

（在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上）

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国电力企业联合会发布

目 次

前 言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号、代号和缩略语 2

5 总体要求 2

6 海上风电柔性直流送出系统保护配置 3

7 海上风电柔性直流送出系统保护整定 6

附 录 A （资料性） 保护分区示意图..... 7

前 言

本文件依据 GB/T1.1—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这些专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业继电保护标准化技术委员会（DL/TC 15）归口。

本文件起草单位：XXXX、XXXX。

本文件主要起草人：XXX。

本文件为首次制定。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化中心（北京市白广路二条一号，100761）。

海上风电柔性直流送出系统保护配置与整定技术规程

1 范围

本文件规定了海上风电柔性直流送出系统的保护范围、保护冗余、保护配置及保护整定计算遵循的原则。

本文件适用于采用模块化多电平换流器、对称单极的端对端海上风电柔性直流送出系统，其他形式的海上风电柔性直流送出系统可参照执行。

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 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 22390.4 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 30553 基于电压源换流器的高压直流输电
- GB/T 35745 柔性直流输电控制与保护设备技术要求
- GB/T 40865 柔性直流输电术语
- DL/T 559 220kV~750kV 电网继电保护装置运行整定规程
- DL/T 1193 柔性输电术语
- DL/T 1631 并网风电场继电保护配置及整定技术规范
- DL/T 1778 柔性直流保护和控制设备技术条件
- DL/T 2249 柔性直流输电系统保护整定技术规程

3 术语和定义

GB 1094.1, GB/T 13498, GB/T 30553, GB/T 40865, DL/T 1193, DL/T 2249 界定的，以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了某些术语和定义。

3.1

送出海底交流电缆 export submarine AC cable

用于海上风电场与海上柔性直流换流站连接的高压海底交流电缆线路。

3.2

送出海底直流电缆 export submarine DC cable

用于海上柔性直流换流站与陆上柔性直流换流站连接的高压海底直流电缆线路。

3.3

换流（联接）变压器 converter transformer

连接于换流器与交流电网之间，在换流器与交流电网间传输电能的变压器。

3.4

海上公共连接点 Point of Common Coupling (PCC) of offshore wind farm

海上风电场与海上换流（联接）变压器相连的母线或节点。

3.5

陆上并网点 point of interconnection of offshore wind farm

陆上换流（联接）变压器接入的网侧母线或节点。

3.6

陆上送出线路 onshore export line

陆上并网点至公共电网的输电线路。

4 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

MMC：模块化多电平换流器 (Modular Multilevel Converter)

5 总体要求

5.1 海上风电柔性直流送出系统为从送出海底交流电缆（含）到陆上送出线路（含）之间的所有交直流系统，包括：送出海底交流电缆、海上公共连接点（母线）、海上换流（联接）变压器、柔性直流交流连接线、柔性直流换流器、柔性直流极区、海底直流电缆、柔性直流陆上换流（联接）变压器、陆上送出线路，见附录 A.1。海上风电柔性直流送出系统的（保护范围）应对以上设备提供全面的保护。

5.2 保护定值与控制系统特性有关，定值计算值应通过仿真实验和系统实际试验的验证确定。定值计算方法参照 DL/T 559、DL/T 2249、DL/T 1631。

5.3 海上风电柔性直流送出系统保护整定、配合的相关计算分析，应基于海上风电场各电气元件（风力发电机、变压器、输电线路等）的等值参数及控制特性，以及柔性直流输电系统交直流侧故障等值参数及控制特性。

5.4 保护配置与整定应统筹考虑陆上交流电网和柔性直流输电系统保护之间、柔性直流输电系统保护和海上交流电网之间的配合，满足速动性、灵敏性、可靠性、选择性的要求，保障海上风电柔性直流送出系统可靠运行，应满足以下要求：

- a) 海上或陆上交流系统侧故障时，柔性直流输电系统的控制保护系统应保持直流输电系统平稳运行，避免交流故障导致直流闭锁。
- b) 柔性直流输电系统故障时，直流控制保护系统应起到快速控制、调节作用，及时清除故障，交流系统保护不应越级动作。
- c) 海上风电柔性直流送出系统相邻保护分区的保护应互相配合，交流线路故障时，直流保护不应先于交流保护动作，并宜躲过陆上交流线路重合闸时间。

5.5 保护整定应以保证系统的安全稳定运行为根本目标。如果由于运行方式、装置性能等原因，不能兼顾速动性、选择性或灵敏性要求时，应在整定时合理地进行取舍，优先考虑灵敏性，并执行如下原则：

- a) 局部服从整体；
- b) 下级服从上级；

- c) 局部问题自行处理；
- d) 保障下级电力设备的安全。

5.6 为防止电压降低造成风电机组大规模脱网，应快速切除故障，视情况允许适当牺牲部分选择性。

5.7 在同一套保护装置中，闭锁、起动、方向判别和选相等辅助元件的动作灵敏度，应大于与之对应的测量、判别等主要元件的动作灵敏度。

5.8 保护测点及测量装置的配置应考虑不同运行方式下故障电流的变化，保护测点配置不应存在保护死区，保护测量设备的精度和动态测量范围应满足保护功能的要求。

5.9 电压互感器和电流互感器的配置、选型、变比应满足保护性能的要求，整定时应考虑互感器精度、饱和等因素的影响；对直流特性电气量和包含部分直流特性电气量的采集，应采用电子式互感器；线路两侧或主设备差动保护各侧的电流互感器的暂态特性宜一致，避免在遇到较大短路电流时因各侧电流互感器的特性不一致导致保护不正确动作。

6 海上风电柔性直流送出系统保护配置

6.1 保护分区及冗余配置

6.1.1 海上风电柔性直流送出系统的保护范围应覆盖 5.1 所述全部元件，按不同元件进行保护分区。保护分区和保护配置参照 GB/T 22390.4、GB/T 35745、DL/T 1778、DL/T 1631，具体保护分区见附录 A.1。

6.1.2 柔性直流系统的保护冗余配置参照标准 GB/T 35745、GB/T 22390.4 和 DL/T 1778，涉及从海上换流（联接）变压器（含）到陆上换流（联接）变压器（含）之间的所有区域。冗余配置可以采用三取二或双重化。

6.1.3 陆上送出线路和 220kV 及以上送出海底交流电缆的保护应采用双重化配置，宜采用不同生产厂家的产品。

6.2 保护配置

6.2.1 送出海底交流电缆保护配置

对于送出海底交流电缆区域，宜配置以下保护功能：

- a) 纵联差动保护（220kV 及以上）；
- b) 电流保护（220kV 以下）；
- c) 距离保护
- d) 零序电流保护。

6.2.2 海上公共连接母线保护配置

对于海上公共连接母线区域，宜配置以下保护功能：

- a) 母线差动保护；
- b) 失灵保护；
- c) 母联分段充电过流保护。

6.2.3 海上换流（联接）变压器保护配置

对于海上换流（联接）变压器区域，宜配置以下保护功能：

- a) 引线差动保护；

- b) 开关过流保护；
- c) 联接变大差保护；
- d) 联接变小差保护；
- e) 过电压保护；
- f) 过励磁保护；
- g) 零序过流保护；
- h) 网侧套管过流、过负荷。

6.2.4 海上阀侧连接线保护配置

对于海上阀侧连接线区域，宜配置以下保护功能：

- a) 阀侧连接线差动保护；
- b) 阀侧连接线过流保护；
- c) 阀侧零序过压保护；
- d) 谐波畸变率保护。

6.2.5 海上换流器保护配置

对于海上换流器区域，宜配置以下保护功能：

- a) 换流器引线差动保护；
- b) 桥臂差动保护；
- c) 桥臂电抗器差动保护；
- d) 桥臂过流保护；
- e) 高频谐波保护；
- f) 桥臂电抗器过负荷保护。

6.2.6 海上直流极保护配置

对于海上直流极区域，宜配置以下保护功能：

- a) 换流器差动保护；
- b) 直流低电压保护；
- c) 直流过电压保护；
- d) 直流电压不平衡保护；
- e) 直流谐波电流保护。

6.2.7 送出海底直流电缆保护配置

对于送出海底直流电缆区域，宜配置以下保护功能：

- a) 直流线路电压突变量保护；
- b) 直流线路欠压过流保护；
- c) 直流线路纵差保护。

6.2.8 陆上直流极保护配置

对于陆上直流极区域，宜配置以下保护功能：

- a) 换流器差动保护；
- b) 直流低电压保护；
- c) 直流过电压保护；
- d) 直流电压不平衡保护；

- e) 直流谐波电流保护;
- f) 直流耗能差动保护;
- g) 直流耗能过流保护;
- h) 直流耗能过负荷;
- i) 直流母线差动保护。

6.2.9 陆上换流器保护配置

对于陆上换流器区域，宜配置以下保护功能：

- a) 换流器引线差动保护;
- b) 桥臂差动保护;
- c) 桥臂电抗器差动保护;
- d) 桥臂过流保护;
- e) 高频谐波保护;
- f) 桥臂电抗器过负荷保护。

6.2.10 陆上阀侧连接线保护配置

对于陆上风电柔性直流交流连接线区域，宜配置以下保护功能：

- a) 阀侧连接线差动保护;
- b) 阀侧连接线过流保护;
- c) 阀侧零序（中性点）过压保护;
- d) 启动电阻过流保护;
- e) 启动电阻过负荷保护;
- f) 接地电阻过流保护;
- g) 接地电阻过负荷保护;
- h) 接地电抗过流保护;
- i) 接地电抗过负荷保护;
- j) 谐波畸变率保护。

6.2.11 陆上换流（联接）变压器保护配置

对于陆上换流（联接）变压器区域，宜配置以下保护功能：

- a) 引线差动保护;
- b) 开关过流保护;
- c) 联接变大差保护;
- d) 联接变小差保护;
- e) 过电压保护;
- f) 过励磁保护;
- g) 零序过流保护;
- h) 网侧绕组差动及零差保护;
- i) 阀侧绕组差动保护;
- j) 网侧套管过流、过负荷。

6.2.12 陆上送出线路保护配置

对于陆上送出线路区域，宜配置以下保护功能：

- a) 纵联差动保护;

- b) 距离保护;
- c) 零序电流保护。

7 海上风电柔性直流送出系统保护整定

7.1 海上风电柔性直流送出系统继电保护整定所需的电气元件参数包括:

7.1.1 换流器参数。具体包括桥臂电抗器、单个桥臂子模块个数、子模块拓扑、子模块额定电压、MMC 模块电容值、MMC 模块并联电阻值、电抗器感值等。

7.1.2 线路(含架空线及电缆)参数。具体有:线路长度,正序阻抗值,负序阻抗值,零序阻抗值,零序互感阻抗值,容抗值等。

7.1.3 变压器参数。

- a) 海上主升压变压器(如有)、换流(联接)变压器和陆上电网变压器的参数有:绕组类别,绕组接线方式,额定容量,额定电压,额定电流,各侧短路阻抗值及零序阻抗值,中性点阻抗值,过励磁曲线,热稳电流。
- b) 机组单元变压器、站用变压器的参数有:额定容量,额定电压,额定电流,各侧短路阻抗及零序阻抗。
- c) 接地变压器的参数有:额定容量,额定电压,额定电流,各侧短路阻抗值及零序阻抗值,中性点电阻值。

7.1.4 风电机组参数:额定容量,额定电压,额定电流,短路故障响应波形。

7.1.5 无功补偿设备(如有)参数:电抗器额定容量,额定电压,额定电流及电抗值,电容器额定容量,额定电压,额定电流及容抗值。

7.1.6 等值电源参数:最大、最小方式下的正序、零序阻抗值。

7.1.7 其他对继电保护影响较大的有关参数。

7.2 海上风电柔性直流送出系统保护整定计算时,宜采用与工程现场特性一致的柔性直流换流器控制保护和风电机组控制保护进行故障仿真。

7.3 海上风电柔性直流送出系统中陆上交流输电系统保护整定应考虑柔性直流系统弱馈特征对短路电流的影响,海上交流输电系统保护整定应考虑柔性直流和风电系统的弱馈特征对短路电流的影响。

7.4 直流极保护中高频谐波保护的高频谐波电流保护定值需要考虑联接变压器、桥抗、换流阀等相关设备的耐受能力。

7.5 海上交流输电系统不宜采用重合闸。

7.6 海上、陆上交流输电线路宜退出距离保护 I 段。

7.7 海上、陆上交流输电线路的差动保护灵敏度需通过建模仿真校核。

附 录 A
(资料性)
保护分区示意图

本文件涉及的海上风电柔性直流送出系统及相应的保护分区见图 A.1。

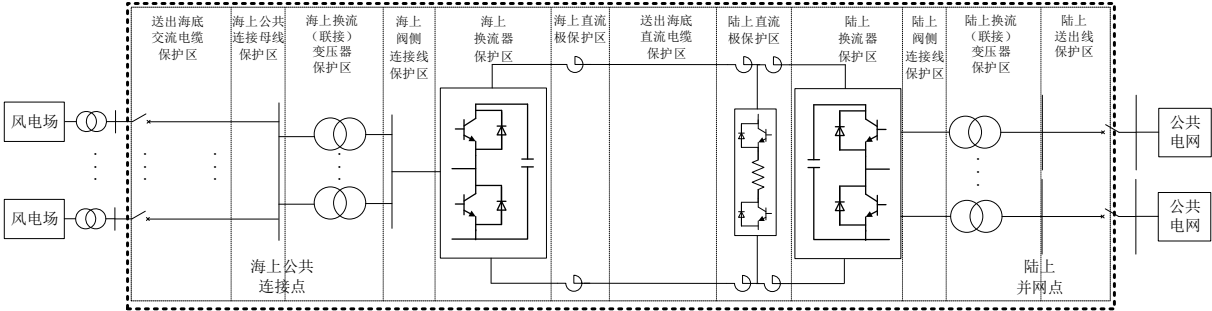


图 A.1 海上风电柔性直流送出系统及相应的保护分区