

### 柔性低频输电 第6部分：海上风电接入电 网准则

Guidelines for connecting offshore wind power to the grid through  
low-frequency AC transmission

(与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

2022-12-11 发布

2023-01-01 实施

浙江省电力学会 发布



## 目 次

1	
2	
3	
	3.1
	3.2
	3.3
	3.4
	3.5
	3.6
	3.7
	3.8
	3.9
	3.10
	3.11
	3.12
	3.13
	3.14
	3.15
4	
	4.1
	4.2
	4.3
	4.4
5	
	5.1
	5.2
	5.3
6	
	6.1
	6.2
	6.3
	6.4
7	
	7.1
	7.2
	7.3
	7.4
8	
	8.1
	8.2

T/ZJSEE XXXX-YYYY

8.3

9

9.1

9.2

9.3

9.4

9.5

9.6

9.7

9.8

9.9

10

10.1

10.2

11

11.1

11.2

11.3

11.4

11.5

11.6

11.7

12

12.1

12.2

12.3

12.4

12.5

13

13.1

13.2

13.3

14

14.1

14.2

14.3

14.4

# 前 言

## 柔性低频输电 第6部分：海上风电接入电网准则

### 1 范围

### 2 规范性引用文件

GB/T 1.1—2009 标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写  
GB 311.1 绝缘配合 第一部分：定义、原则和规则  
GB/T 2900.53-2001 电工术语 风力发电机组  
GB/T 2900.58-2008 电工术语发电、输电及配电电力系统规划和管理  
GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差  
GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变  
GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程  
GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波  
GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差  
GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡  
GB/T 19963 风电场接入电力系统技术规定  
GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波  
GB/T 31464 电网运行准则  
GB/T 36995-2018 风力发电机组故障电压穿越能力测试规程  
GB/T 50064 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范  
NB/T 31046 风电功率预测系统功能规范  
NB/T 31055 风电场理论发电量与弃风电量评估导则  
DL/T 448 电能计量装置技术管理规程  
DL 775 电力系统安全稳定导则  
DL/T 1040 电网运行准则  
DL/T 1870 电力系统网源协调技术规范  
DL/T 5003 电力系统调度自动化设计技术规程

### 3 术语和定义

#### 3.1

低频风电机组 low-frequency wind turbine generator  
三相交流运行频率在 15Hz 至 30Hz 的低频并网型风电机组。

## 3.2

风电场 wind farm; wind power plant

由一批风电机组或风电机组群（包括机组单元变压器）、汇集线路、主升压变压器及其他设备组成的发电站。

## 3.3

风电机组并网点 point of connection of wind turbine generator

风电机组单元变压器低压侧母线或节点。

## 3.4

低频风电机组有功功率 active power of low-frequency wind turbine generator

低频风电机组输入到风电机组并网点的有功功率。

## 3.5

低频风电机组无功功率 reactive power of low-frequency wind turbine generator

低频风电机组输入到风电机组并网点的无功功率。

## 3.6

低频风电机组低电压穿越 under voltage ride through of low-frequency wind turbine generator

当电力系统事故或扰动引起风电机组并网点电压跌落时，在一定的电压跌落范围和时间间隔内，低频风电机组能够保证不脱网连续运行。

## 3.7

低频风电机组高电压穿越 over voltage ride through of low-frequency wind turbine generator

当电力系统事故或扰动引起低频风电机组并网点电压升高时，在一定的电压升高范围和时间间隔内，低频风电机组能够保证不脱网连续运行。

## 3.8

低频风电机组无功电压控制系统响应时间 response time of control system

风电机组无功电压控制系统自接收到无功功率/电压控制指令开始，直到实际无功功率/电压值的变化量达到控制偏差量（为控制目标值与初始值之差）的90%所需的时间。

## 3.9

惯量响应 inertia response

当电力系统频率快速变化时，海上风电经低频交流输电接入电网系统响应于系统频率变化率，通过控制系统快速调整有功出力。

## 3.10

一次调频 primary frequency regulation of wind farm

当电力系统频率偏离额定频率时，海上风电经低频交流输电接入电网系统响应于系统频率偏差，通过控制系统调整有功出力，从而有助于减少频率偏差的控制功能。

### 3.11

一次调频启动时间 primary frequency pick-up time

从系统频率升高或降低超过一次调频死区开始，低频系统实际输出有功功率变化量达到有功目标值和初始值之差的 10%所需的时间。

### 3.12

一次调频响应时间 primary frequency response time

从系统频率升高或降低超过一次调频死区开始，低频系统实际输出有功功率变化量达到有功目标值和初始值之差的 90%所需的时间。

### 3.13

一次调频调节时间 primary frequency settling time

从系统频率升高或降低超过一次调频死区开始，低频系统实际输出有功实测值与有功目标值之差的绝对值始终不超过允许偏差的最短时间。

### 3.14

孤岛 island

当某个电力子系统跟电力主系统断开时，该电力子系统有可能因为当地电源与负荷平衡关系的存在而形成孤岛，并且能够独立运行。

### 3.15

风电机组单元变压器 unit transformer of low-frequency wind turbine generator

风电机组电网端的升压变压器。

## 4 有功功率

### 4.1 基本要求

#### 4.1.1 参与电力系统调频调峰能力

#### 4.1.2 控制系统

#### 4.1.3 功率要求

### 4.2 正常运行情况下有功功率控制



- 4.2.1 低频系统有功功率变化包括 1min 有功功率变化和 10min 有功功率变化。
- 4.2.2 低频系统有功功率 1min 变化不大于 20MW，10min 有功功率变化不大于 60MW。
- 4.2.3 在风电场并网、风速增长和风速减小过程中，低频系统有功功率变化应当满足电力系统安全稳定运行的要求，其限值应根据所接入电力系统的频率调节特性，由电力系统调度机构确定。
- 4.2.4 允许出现因风速降低或风速超出切出风速而引起的低频系统有功功率变化超出有功功率变化最大限值的情况。

#### 4.3 平滑控制

#### 4.4 紧急控制

- 4.4.1 在电力系统事故或紧急情况下，低频系统应根据电力系统调度机构的指令快速控制其输出的有功功率；此时有功功率变化可超出电力系统调度机构规定的有功功率变化最大限值。
- 4.4.2 网调度机构或风电场集控系统有权切出低频风电机组；电网故障或电网误操作等有可能使低频风电机组与电网断开。在上述两种情况下，当电网断电次数不大于 20 次/年时，风电机组应能够自动安全地“紧急停机”，不导致风电机组零部件的损坏。

### 5 惯量响应与一次调频

#### 5.1 基本要求

##### 5.1.1 调节有功输出并参与调频

##### 5.1.2 启动与禁止

##### 5.1.3 死区范围

##### 5.1.4 连续平滑调节

##### 5.1.5 调频能力

##### 5.1.6 状态信号

##### 5.1.7

#### 5.2 惯量响应

		XXXms		20%PN	0.0XHz/s
			P	2 P	1
	Xs	X% PN		10%PN	P
1	$\Delta f * \frac{df}{dt} > 0$				
2	$\Delta P \geq -\frac{T_J}{f_N} * \frac{df}{dt} * P_N$				
P			W		
TJ			s	4s 12s	
fN			Hz		
f	AC/AC			Hz	
PN			W		

### 5.3 一次调频

当电力系统频率偏差大于死区范围（可根据电网实际情况确定，宜设定为 $\pm X.XX \sim \pm X.XX$ Hz），系统有功出力大于 $20\%P_N$ 时，应具备参与电网一次调频能力，并且有功功率变化量 $\Delta P$ 应满足公式（3）。

$$(3) \Delta P = K_f * \frac{\Delta f}{f_N} * P_N$$

式中：

$\Delta P$  ——有功功率变化量，单位：W；

$K_f$  ——有功调频系数，单位：pu；

$\Delta f$  ——系统频率的变化量，单位：Hz；

$f_N$  ——系统额定频率，单位：Hz；

$P_N$  ——额定功率，单位：W。

低频系统一次调频曲线如图2所示：

A) 当电力系统频率下降时，低频系统应根据一次调频曲线增加有功输出，当有功调节量达到设定值时可不再继续增加，设定值可根据实际电网要求确定，最大推荐为6%额定功率。

B) 当电力系统频率上升时，低频系统应根据一次调频曲线减少有功输出，当有功调节量达到10%额定功率时可不再继续减小。

C) 有功调频系数 $K_f$ 应满足 $X \leq K_f \leq XX$ （该值可根据电网实际情况确定，推荐为XX）。

D) 一次调频的启动时间应不大于 $Xs$ ，响应时间应不大于 $XXs$ ，调节时间应不大于 $XXs$ ，有功功率调节控制误差不应超过 $\pm X\%$ 额定功率。

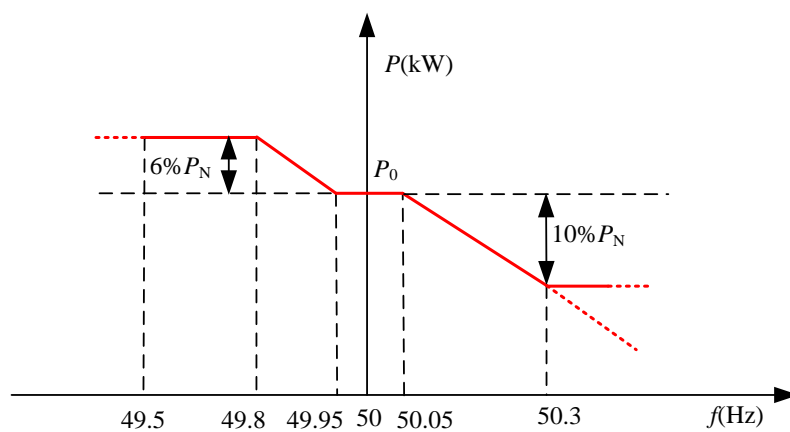


图2 一次调频曲线图

注： $P_0$ 为海上风电场实际运行功率； $P_N$ 为海上风电场额定容量。

## 6 风电场功率预测

### 6.1 基本要求

### 6.2 预测曲线和运行情况上报

#### 6.2.1

#### 6.2.2

#### 6.2.3

### 6.3 预测性能

#### 6.3.1

T/ZJSEE XXXX-YYYY

6.3.2

6.3.3

6.3.4

6.3.5

NB/T 31055

6.4 预测数据交互

6.4.1

6.4.2

6.4.3

7 无功功率

7.1 基本要求

7.1.1

7.1.2

7.1.3

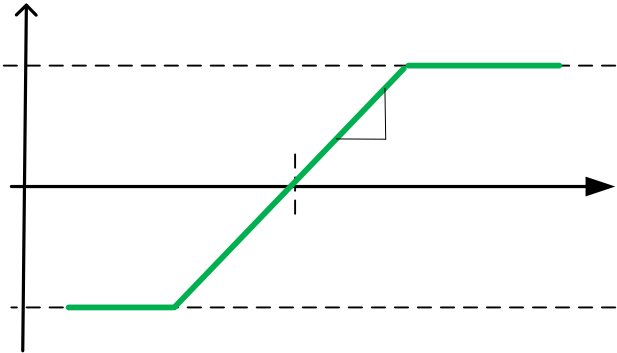
7.2 无功电源及无功容量配置

7.2.1

7.2.2

7.2.3

7.3 无功电压控制




--	--

#### 7.4 功率因数控制

### 8 运行适应性

#### 8.1 电压适应性

##### 8.1.1

##### 8.1.2

#### 8.2 频率适应性

##### 8.2.1 AC/AC 换流站


##### 8.2.2 风电机组

8.2.3 其他设备

8.3 抗干扰性

8.3.1

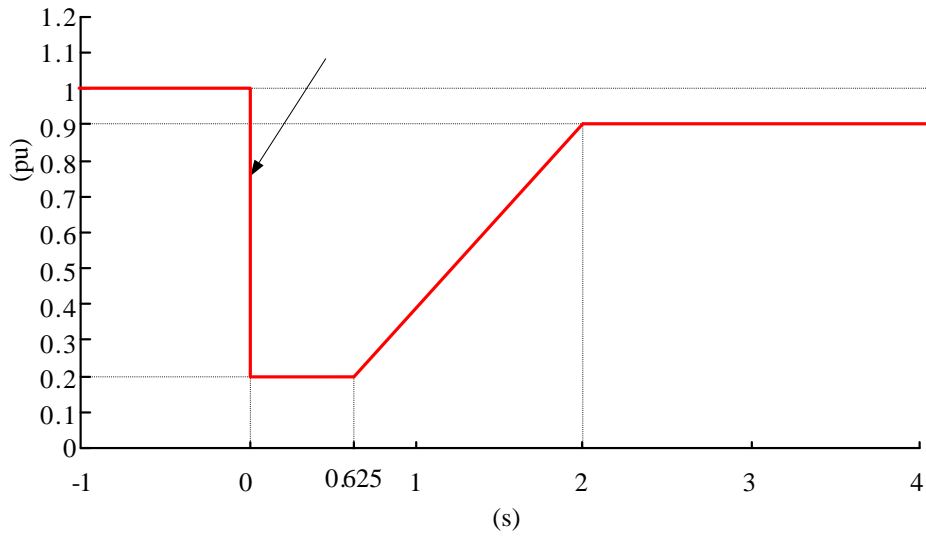
8.3.2

9 故障穿越

9.1 基本要求

9.2 低电压穿越

9.2.1 基本要求



9.2.2 故障类型及考核电压

9.2.3 动态无功支撑能力

9.2.4 有功恢复能力

9.3 高电压穿越

9.3.1 基本要求


9.3.2 故障类型及考核电压



9.3.3 动态无功支撑能力

9.3.4 有功恢复能力

9.4 连续穿越

9.5 电压偏差

9.6 闪变

9.7 谐波

9.8 电压不平衡

9.9 检测与治理

10 孤岛穿越与孤岛保护

10.1 孤岛保护

10.2 孤岛穿越

11 黑启动

11.1

T/ZJSEE XXXX-YYYY

11.2

11.3

11.4

11.5

11.6

11.7

12 二次系统

12.1 基本要求

12.1.1

12.1.2

12.1.3

12.1.4

12.1.5

12.1.6

12.1.7

12.2 继电保护及安全自动装置

12.2.1

12.2.2

12.3 系统调度自动化

12.3.1

12.3.2

12.3.3

12.3.4

12.3.5

12.3.6

12.4 系统通信

12.4.1

T/ZJSEE XXXX-YYYY

12.4.2

12.5 保护设置

12.5.1

12.5.2

12.5.3

12.5.4

12.5.5

12.5.6

13 仿真模型和参数

13.1

13.2

13.3

## 14 接入电网测试要求

### 14.1 基本要求

#### 14.1.1

#### 14.1.2

### 14.2 测试内容

#### 14.2.1 风电机组测试内容

#### 14.2.2 AC/AC 换流器测试内容

### 14.3 测试设备要求

#### 14.3.1

#### 14.3.2

### 14.4 测试数据要求

T/ZJSEE XXXX-YYYY

T/ZJSEE XXXX-YYYY