**CERS**

ICS:

团 体 标 准

T/CERS XXXX-2024

构网型风力发电机组技术规范

2024-XX-XX 发布 2024-XX-XX 实施

中国能源研究会 发 布

前  言

本标准的附录A为资料性附录。

本标准按照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。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国能源研究会提出。

本标准由电能技术专业委员会归口。

本标准起草单位：国网冀北电力有限公司电力科学研究院、国网冀北电力有限公司、国网冀北张家口风光储输新能源有限公司、国网电力科学研究院有限公司、新疆金风科技股份有限公司、上海交通大学、华北电力大学（保定）、国家电投集团风电产业创新中心。

本标准主要起草人：吴林林、刘辉、田云峰、孙大卫、王耀函、王潇、吴宇辉、王宣元、刘海涛、张东晖、龙凯华、才鸿飞、臧鹏、于思奇、邓晓洋、杨艳晨、孙雅旻、苏田宇、任怡娜、徐曼、王德胜、陈璨、巩宇、侯凯、过亮、孙素娟、杨志千、敬双、蔡旭、张琛、王晗、颜湘武、高本锋、杨建林。

引  言

构网型风力发电机组具备类似火电机组的主动支撑频率和电压能力，可提升接入系统的抗扰性能，保证系统运行的安全稳定性。针对构网型风力发电机组的技术规范对其功能进行标准化要求，从而实现构网型风力发电机组管控简单、有序接入的目的。

构网型风力发电机组技术规范

1. 范围

本标准规定了构网型风力发电机组的基本规定、功能要求和性能要求。

本标准适用于并入10kV及以上电压等级电网的构网型风力发电机组，微电网中采用孤网运行方式的构网型风力发电机组可参照此标准开展测试。

1. 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，仅所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/T 19963.1 风电场接入电力系统技术规定 第1部分：陆上风电

GB/T 36994 风力发电机组 电网适应性测试规程

GB/T 36995 风力发电机组 故障电压穿越能力测试规程

GB/T 20320 风力发电机组 电能质量测量和评估方法

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 14549 电能质量公用电网谐波

GB/T 15543 电能质量三相电压不平衡

GB/T 15945 电能质量电力系统频率偏差

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* 1. 构网型风力发电机组 grid-forming wind turbine generator；GFWG

通过模拟同步机电压源特性实现与电网同步，使得输出的功率、电压特性与同步机相似的风力发电机组。

* 1. 构网型风力发电机组有功调频系数 active power-frequency regulation coefficient of GFWG

构网型风力发电机组有功功率变化率标幺值与系统频率变化量标幺值的比值。

注：有功调频系数用*Kf* 表示，计算方法如式（1）所示。用构网型风力发电机组有功功率变化量标幺值（以构网型风力发电机组额定有功功率为基准值）与系统频率变化量标幺值（以系统额定频率为基准值）的比值来表示。

 （1）

式中：

——构网型风力发电机组有功功率的变化量，，是频率变化后的构网型风力发电机组有功功率，是系统频率保持额定频率时的构网型风力发电机组有功功率，单位为兆瓦（MW）。

——构网型风力发电机组的额定有功功率，单位为兆瓦（MW）。

——系统频率的变化量，，*f*是频率变化后的系统频率，单位为赫兹（Hz）。

——系统额定频率，单位为赫兹（Hz）。

* 1. 构网型风力发电机组无功调压系数 reactive power-voltage regulation coefficient of GFWG

构网型风力发电机组无功功率变化率标幺值与并网点电压变化量标幺值的比值。

注：无功调压系数用*K*V表示，计算方法如式（2）所示。用构网型风力发电机组无功功率变化量标幺值（以构网型风力发电机组额定容量为基准）与并网点电压幅值变化量标幺值（以并网点所在电压等级对应的标称电压为基准）的比值来表示。

 （2）

式中：

Δ*Q*——构网型风力发电机组无功功率的变化量，Δ*Q*=*Q*-*Q*0，*Q*是并网点电压变化后的构网型风力发电机组无功功率，*Q*0是并网点电压变化前的构网型风力发电机组无功功率，单位为兆乏（MVar）。

*S*N ——构网型风力发电机组额定容量（视在功率），单位为兆伏安（MVA）。

Δ*U* 并网点电压幅值变化量，Δ*U*=*U*-*U*0，*U* 是变化后的构网型风力发电机组并网点电压，*U*0是变化前的构网型风力发电机组并网点电压，单位为千伏（kV）。

*U*N ——并网点所在电压等级对应的标称电压，单位为千伏（kV）。

* 1. 构网型风力发电机组惯性时间常数 inertia time constant of GFWG

构网型风力发电机组有功功率变化率标幺值与系统频率变化率标幺值的比值。

注：有功调频系数用*T*J 表示，计算方法如式（3）所示。用构网型风力发电机组有功功率变化量标幺值（以构网型风力发电机组额定有功功率为基准值）与系统频率变化率标幺值（以系统额定频率为基准值）的比值来表示。

 （3）

式中：

 ——构网型风力发电机组惯量时间常数，单位为秒（s）；

——频率变化率，单位为赫兹每秒（Hz/s）。

* 1. 构网型风力发电机组惯量响应 inertia response of GFWG

构网型风力发电机组在系统频率变化率发生变化时，输出有功功率产生相应变化的特性。

注1：构网型风力发电机组惯量响应的电磁功率用*P*inertia 表示，单位为兆瓦（MW），计算方法如式（4）所示。用构网型风力发电机组惯性时间常数乘以系统频率变化率标幺值再乘以机组额定有功功率。

 （4）

式中：

 ——构网型风力发电机组惯量响应的电磁功率，单位为千瓦（kW）；

* 1. 有功调频启动时间 pick-up time of active power-frequency regulation

从系统频率升高或降低超过有功调频死区开始，构网型风力发电机组实际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。

* 1. 有功调频响应时间 response time of active power-frequency regulation

从系统频率升高或降低超过有功调频死区开始，构网型风力发电机组实际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。

* 1. 有功调频调节时间 settling time of active power-frequency regulation

从系统频率升高或降低超过有功调频死区开始，构网型风力发电机组实际有功实测值与有功目标值之差的绝对值始终不超过有功目标值和初始值之差的绝对值5%的所需时间。

* 1. 构网型风力发电机组机端短路比 short-circuit ratio(SCR) of wind turbine terminal

构网型风力发电机组升压变压器低压侧的短路容量与构网型风力发电机组额定容量之比。

1. 基本原则
   1. 同步基本功能

构网型风力发电机组应具备不依靠锁相环即可与电网同步功能。

* 1. 功率控制基本功能

构网型风力发电机组应具备GB/T 19963、NB/T 31078、NB/T 10314所规定的有功功率与无功功率控制相关要求。

1. 功能要求
   1. 基本功能

构网型风力发电机组应具备弱电网稳定运行、适应相位跳变，一次调频、无功调压、惯量响应、阻尼控制和故障穿越功能。

* 1. 弱电网运行

构网型风力发电机组应具备弱电网稳定运行功能，在机端短路比（SCR）大于等于1.1小于等于10的电网接入条件下，构网型风力发电机组可连续稳定运行。

* 1. 相位跳变

构网型风力发电机组应具备适应相位跳变的功能，在机端电压相位跳变幅度小于等于30°的扰动下构网型风力发电机组连续运行不脱网。

* 1. 一次调频

构网型风力发电机组应具备参与电网频率调节的功能，当系统频率偏差值大于死区时，构网型风力发电机组应自动调节有功功率，进行一次调频。

* 1. 无功调压

构网型风力发电机组应具备电网电压调节功能，当系统电压偏差值大于死区时，构网型风力发电机组应自动调节无功功率，进行无功调压。

* 1. 惯量响应

构网型风力发电机组应具备惯量响应功能，当系统频率变化率大于死区时，构网型风力发电机组应自动调节有功功率，进行惯量响应。

* 1. 动态稳定

构网型风力发电机组应具备阻尼控制功能，模拟同步机阻尼特性，使由外界作用或电力系统本身固有原因引起的功率振荡幅度逐渐下降，提高电力系统动态稳定性。

* 1. 故障穿越

构网型风力发电机组应具备故障穿越功能，低电压和高电压和连续故障穿越要求应符合GB/T 36995的规定。

1. 性能要求
   1. 一次调频

当系统频率偏差超出死区范围±（0.03~0.1）Hz范围，且构网型风力发电机组有功功率大于20%*P*n时，构网型风力发电机组应具备参与电力系统一次调频能力，并且构网型风力发电机组有功功率变化量应满足公式（4），构网型风力发电机组一次调频示例曲线如图1所示。

 （5）

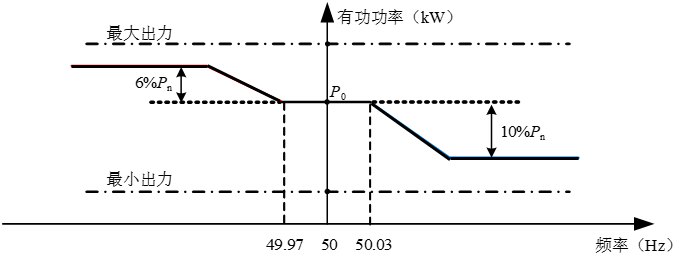


图1 构网型风力发电机组一次调频示例曲线。

有功调频系数一般设置为10~50（该值可根据电力系统实际情况确定）。

当电力系统频率大于50Hz时，构网型风力发电机组应根据一次调频曲线减小有功输出，减少功率的限幅可根据实际电力系统要求确定，宜为10%*P*n。

当电力系统频率小于50Hz时，构网型风力发电机组应根据一次调频曲线增加有功输出，增加功率的限幅可根据实际电力系统要求确定，宜为6%*P*n。

构网型风力发电机组一次调频调节时间应不大于15s，有功功率调节允许偏差不超过±1%*P*n。

构网型风力发电机组一次调频功能启动时间应不大于500ms，响应时间应不大于5s，调节时间应不大于10s；

* 1. 无功调压

构网型风力发电机组应具备多种无功控制模式，包括电压无功下垂控制、恒功率因数控制和恒无功功率控制等，具备快速响应电站无功控制指令，完成在线切换运行模式的能力。

在电压无功下垂控制模式下，构网型风力发电机组无功调压系数 *K*V 宜在12.5~33.3范围内；无功功率响应时间应不大于50ms；无功功率控制允许偏差应在±2%*S*N以内。

* 1. 惯量响应

构网型风力发电机组等效惯性时间常数*T*J一般设置为0s~12s（该值可根据电力系统实际情况确定）。

构网型风力发电机组有功功率变化量响应时间≤100ms，上升时间≤200ms，调节时间≤500ms，允许偏差不大于±2%*P*N。

* 1. 阻尼控制

构网型风力发电机组在小于49Hz的频段内应提供正阻尼。

构网型风力发电机组在大于51Hz的频段内应提供正阻尼。

* 1. 故障穿越

构网型风电机组低电压穿越功能在符合GB/T 36995的规定基础上，构网型风电机组自并网点电压跌落出现的时刻起，动态容性无功电流控制的响应时间不大于20ms。

构网型风电机组低电压穿越功能在符合GB/T 36995的规定基础上，构网型风电机组自并网点电压抬升出现的时刻起，动态感性无功电流控制的响应时间不大于15ms。