



中华人民共和国国家标准

GB/T 25386.1—2021
代替 GB/T 25386.1—2010

风力发电机组 控制系统 第 1 部分：技术条件

Wind turbines—Control system—Part 1: Technical condition

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 一般要求 3

5 技术要求 7

6 试验方法 14

7 检验规则 15

8 产品信息 16

前 言

GB/T 25386《风力发电机组 控制系统》分为两个部分：

——第1部分：技术条件；

——第2部分：试验方法。

本部分为GB/T 25386的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替GB/T 25386.1—2010《风力发电机组 变速恒频控制系统 第1部分：技术条件》，与GB/T 25386.1—2010相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修订了标准的适用范围，删除了适用电气变桨距控制系统内容（见第1章，2010年版的第1章）；
- 删除了部分术语和定义（见2010年版的3.1、3.7、3.9、3.10、3.12、3.13、3.14、3.16、3.17、3.18、3.19、3.21、3.22、3.23、3.24、3.25、3.26、3.27）；
- 增加了部分术语和定义（见3.10、3.11、3.12、3.13）；
- 修改了环境条件，修改为使用条件（见4.2，2010年版的4.2）；
- 修改了电网条件，修改为电源条件（见4.3，2010年版的4.3）；
- 修改了控制柜与元器件的要求（见4.4，2010年版的4.4）；
- 修改了电磁兼容（见4.5，2010年版的4.5）；
- 增加了绝缘性能要求（见4.6）；
- 增加了机械性能要求（见4.7）；
- 增加了低温性能要求（见4.8）；
- 增加了高温性能要求（见4.9）；
- 增加了耐湿热性能要求（见4.10）；
- 增加了耐霉性能要求（见4.11）；
- 增加了耐盐雾性能要求（见4.12）；
- 增加了设备安全要求（见4.13）；
- 增加了防雷设计要求（见4.14）；
- 整合了运行监测功能要求（见5.2.2，见2010年版的5.3、5.4）；
- 将控制功能分成基本控制功能与高级控制功能两部分（见5.2.3、5.2.4，见2010年版的5.2）；
- 增加了其他功能要求（见5.2.5）；
- 修改了检验规则，增加了相应的试验项目（见第7章）。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国风力机械标准化技术委员会(SAC/TC 50)归口。

本部分起草单位：浙江运达风电股份有限公司、上海电气风电集团股份有限公司、新疆金风科技股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、江苏国科智能电气有限公司、国电联合动力技术有限公司、明阳智慧能源集团股份公司、中国船舶重工集团海装风电股份有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、华润电力技术研究院有限公司、中国长江三峡集团有限公司、重庆科凯前卫风电设备有限责任公司、成

GB/T 25386.1—2021

都阜特科技有限公司、深圳市禾望电气股份有限公司。

本部分主要起草人：叶杭冶、应有、潘东浩、史晓鸣、杨震宇、秦世耀、刘琦、朱长江、谷海涛、吴先友、褚景春、李朝仕、刘杰、周新亮、王铁强、尹显俊、刘志祥、苗强、朱成中。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 25386.1—2010。

风力发电机组 控制系统

第1部分:技术条件

1 范围

GB/T 25386 的本部分规定了风力发电机组控制系统的通用技术要求、检验规则等。
本部分适用于并网型水平轴变速恒频风力发电机组(以下简称“机组”)控制系统。

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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分:试验方法 试验Cab:恒定湿热试验

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Db 交变湿热(12 h+12 h 循环)

GB/T 2423.5 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea 和导则:冲击

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)

GB/T 3797 电气控制设备

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件

GB/T 7094 船用电气设备振动(正弦)试验方法

GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分:总则

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 14598.27—2017 量度继电器和保护装置 第27部分:产品安全要求

GB/T 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡

GB/T 15969.1 可编程序控制器 第1部分:通用信息

GB/T 15969.2 可编程序控制器 第2部分:设备要求和测试

GB/T 17626.2—2018 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—2018 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—2019 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

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 19608.1 特殊环境条件分级 第1部分:干热

GB/T 19608.2 特殊环境条件分级 第2部分:干热沙漠

GB/T 19608.3 特殊环境条件分级 第3部分:高原

GB/T 19963—2011 风电场接入电力系统技术规定

GB/T 20626.1—2017 特殊环境条件 高原电工电子产品 第1部分:通用技术要求

GB/T 20641 低压成套开关设备和控制设备 空壳体的一般要求

GB/T 21714.4	雷电防护	第4部分:建筑物内电气和电子系统
GB/T 25386.2	风力发电机组	控制系统 第2部分:试验方法
GB/T 30966.1	风力发电机组	风力发电场监控系统通信 第1部分:原则与模型
GB/T 30966.2	风力发电机组	风力发电场监控系统通信 第2部分:信息模型
GB/T 30966.3	风力发电机组	风力发电场监控系统通信 第3部分:信息交换模型
GB/T 30966.4	风力发电机组	风力发电场监控系统通信 第4部分:映射到通信规约
GB/T 30966.5	风力发电机组	风力发电场监控系统通信 第5部分:一致性测试
GB/T 30966.6	风力发电机组	风力发电场监控系统通信 第6部分:状态监测的逻辑节点类和 数据类
GB/T 33629	风力发电机组	雷电保护
GB/T 33630	海上风力发电机组	防腐规范
GB/T 36995	风力发电机组	故障电压穿越能力测试规程
GB/Z 35482	风力发电机组	时间可利用率
GB/Z 35483	风力发电机组	发电量可利用率
GB 50171	电气装置安装工程	盘、柜及二次回路接线施工及验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

变速恒频风力发电机组 **variable speed constant frequency WTGS**

风轮转速能够跟随风速在一定的范围内变化,输出的电能频率与电网频率保持同步的风力发电机组。

3.2

失效 **failure**

完成要求功能的能力中止。

注1:“失效”概念作为定义,不适用于仅由软件组成的功能项目。

注2:“失效”后,该功能项有故障。

注3:“失效”是一个事件,区别于作为一种状态的“故障”。

3.3

安全链 **safety-chain**

安全链是一种由机组若干关键保护节点组成的独立于控制系统的硬件保护回路。

3.4

叶尖速比 **tip speed ratio**

机组风轮的叶尖线速度与风速之比。

3.5

故障 **fault**

不能执行某种规定功能的一种特征状态。它不包括在预防性维护和其他有计划的行动期间,以及因缺乏外部资源条件下不能执行规定功能。

注:故障通常是自身失效后引起的,但即使失效未发生,故障也可能存在。

3.6

偏航系统 **yawing system**

使水平轴风力发电机组的风轮轴绕塔架垂直中心线旋转的机构。

注:偏航系统包括偏航驱动机构、回转支撑、制动装置等。

3.7

运行转速范围 operating rotational speed range

风轮从最低运行转速到最高运行转速的范围,在这个范围内机组处于正常运行状态。

3.8

功率曲线 power curve

描绘机组净电功率输出与风速的函数关系图和表。

3.9

顺桨 feathering

风轮叶片的几何攻角改变到风轮叶片趋近零升力的状态。

注:顺桨分为正常顺桨和紧急顺桨。

3.10

机组限功率 curtailment

对机组功率曲线的全部或部分区间内输出功率设计值进行限制,从而实现机组降低输出功率的一种工作状态。

3.11

独立变桨 individual pitch operation

按照控制要求独立地调整每一片叶片的桨距角。

3.12

状态码 status code

用于描述机组状态而定义的数据结构。

注:状态码的属性中包括使能标志、停机等级、偏航等级等,根据状态码中的属性,执行停机、偏航等行为。

3.13

制动系统 brake system

能降低风轮转速或能停止风轮旋转的系统。

4 一般要求

4.1 概述

控制系统应具有保持机组正常运行,并对机组各功能子系统进行监测,在异常情况下启动电气安全保护等功能。

机组控制系统应能保证机组在规定的外部条件下有效、安全地运行。当控制功能不能使机组保持在正常运行状态或超出正常运行限值后,则由保护功能保证机组安全。

4.2 使用条件

4.2.1 环境条件

控制系统在下列环境条件下,应能正常运行:

- a) 工作环境温度: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (常温型), $-30\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (低温型);
- b) 湿度: $\leq 95\%$, 无凝露;
- c) 海拔高度: 普通型 $\leq 2\ 000\text{ m}$, 高海拔型 $> 2\ 000\text{ m}$;
- d) 腐蚀等级: 陆上型 C3, 离岸型应符合 GB/T 33630 的规定。

4.2.2 存储、运输极限环境温度

在存储和运输期间环境极限温度范围: $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对不满足温度条件的器件,应在存储和

运输期间与控制系统分拆开,按照器件的温度要求来储存。

4.2.3 使用场所的要求

控制系统使用场所应满足下列要求:

- a) 环境中不应有腐蚀破坏绝缘的气体或导电介质,不应有引起火灾或爆炸的介质,不应有明显的及较严重的霉菌;
- b) 使用场所的接地电阻应不大于 $4\ \Omega$;
- c) 对气候条件和使用场所按照 GB/T 19608.1、GB/T 19608.2 和 GB/T 19608.3 系列标准的要求。

4.3 电源条件

4.3.1 交流电源

控制系统在下列交流电源环境条件下,应能正常运行:

- a) 电源电压频率变化范围: $47.5\ \text{Hz} \sim 51.5\ \text{Hz}$;
- b) 电源电压允许波动范围:电压额定值的 $-10\% \sim +10\%$;
- c) 电源电压不平衡度应满足 GB/T 15543—2008 第 4 章的规定,并在其范围内正常工作;
- d) 电源电压波形为正弦波,电压总谐波畸变率应不大于 5% 。

4.3.2 直流电源

控制系统在下列直流电源环境条件下,应能正常运行:

- a) 电源电压允许偏差: $-10\% \sim +10\%$;
- b) 电源电压纹波系数应不大于 5% 。

4.4 控制柜与元器件

4.4.1 柜体设计要求

4.4.1.1 柜体设计和结构应符合 GB/T 20641 的相关规定。

4.4.1.2 柜体设计应满足塔筒、机舱内的安装维护要求,当需要时,应有相应的减振措施。

4.4.1.3 柜体设计应满足安全接地的要求,防止受雷电感应过电压而损坏。

4.4.2 元器件要求

4.4.2.1 控制系统中所使用元器件应符合其自身的有关标准及 GB/T 5226.1 的有关规定。

4.4.2.2 可编程序控制器应符合 GB/T 15969.1 和 GB/T 15969.2 的相关规定。

4.4.2.3 产品的金属零件应经防腐蚀处理,所有零件应完整无损,产品外观应无划痕、损伤及变形。

4.4.2.4 产品零部件、元器件应安装正确、牢固,并实现可靠的机械和电气连接。

4.4.2.5 旋钮、控制开关、转换开关、按钮等操作和调整件应操作灵活,不应有卡死、松动和接触不良等现象,不应有振动后松动或状态改变的现象。

4.4.3 电气连接要求

4.4.3.1 应保证各个电气连接的正确性,继电器、接触器、微型断路器、电子元器件等辅助器件应在装配前确认其处于合格状态。

4.4.3.2 电缆和导线的敷设和连接应符合 GB 50171 的规定。

4.5 电磁兼容

4.5.1 振铃波抗扰度试验

控制柜应能承受 GB/T 17626.12—2013 中第 5 章规定的试验等级为 3 级的振铃波抗扰度试验。

4.5.2 静电放电试验

控制柜应能承受 GB/T 17626.2—2018 中第 5 章规定的试验等级为 3 级的静电放电抗扰度试验。

4.5.3 辐射电磁场抗扰度试验

控制柜应能承受 GB/T 17626.3—2016 中第 5 章规定的试验等级为 3 级的辐射电磁场抗扰度试验。

4.5.4 电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验

控制柜应能承受 GB/T 17626.4—2018 中第 5 章规定的试验等级为 3 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

4.5.5 浪涌抗扰度试验

控制柜应能承受 GB/T 17626.5—2019 中第 5 章规定的试验等级为 3 级的浪涌群抗扰度试验。

4.5.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

控制柜应能承受 GB/T 17626.6—2017 中第 5 章规定的试验等级为 3 级的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。

4.6 绝缘性能

4.6.1 绝缘电阻

控制柜各带电的导电电路分别对地(即外壳或外露的非带电金属零件)之间,以及无电气联系的各导电回路之间,测试其绝缘电阻值应不小于 1 M Ω 。

4.6.2 介电性能

4.6.2.1 冲击耐压

控制柜的带电部分与外露可导电部分之间,不同电位的带电部分之间应能承受 GB/T 7251.1—2013 中 9.1.3 规定的冲击耐受电压,无击穿或闪络现象。当产品的使用地点海拔与试验地点海拔不同时,应按照 GB/T 20626.1—2017 中 5.5.1 规定的进行修正。

4.6.2.2 工频耐压

控制柜的带电部分与外露可导电部分之间,不同电位的带电部分之间应能承受 GB/T 7251.1—2013 中 9.1.2 规定的工频耐受电压,历时 1 min 的检验,无击穿或闪络现象。当产品的使用地点海拔与试验地点海拔不同时,应按照 GB/T 20626.1—2017 中 5.5.1 规定的进行修正。

4.7 机械性能

4.7.1 振动试验(正弦)

4.7.1.1 振动响应

控制柜振动试验等级按照 GB/T 2423.10, 分别在 1 Hz~13.2 Hz 振动频段以 1 mm 的振幅, 在 13.2 Hz~100 Hz 振动频段以 0.7g 的加速度, 在 3 个互相垂直的轴向, 以每分钟一个倍频程的速率进行扫频, 检测每一轴向的共振频率。按照 GB/T 7094, 测量放大因数 Q 值并记录 Q 值大于或等于 2 的频率点, 且在试验报告中用简图标明加速度传感器位置, 如样品性能满足有关要求, 则放大因数 Q 值小于或等于 5 是可以接受的。任何放大因数 Q 值大于 5 的谐振都是不能接受的。

4.7.1.2 振动耐久

控制柜在振动响应检查中, 若发现有放大因数 Q 大于或等于 2 的危险频率, 则应在每一危险频率点, 按照 4.7.1.1 规定的频率范围和振幅进行耐振试验, 试验时间至少 30 min。如测得的几个危险频率较为接近时, 则可采用扫频试验来代替离散频率试验, 持续时间为 120 min, 扫频范围覆盖危险频率的 0.8 倍~1.2 倍。若没有危险频率出现, 则应在 30 Hz 下进行耐振试验, 试验时间至少 30 min。

4.7.2 冲击试验

按照 GB/T 2423.5, 采用 15g 峰值加速度, 脉冲持续时间 6 ms 进行冲击试验, 对控制柜样品的 3 个互相垂直的轴向进行 4 000 次的冲击试验。冲击重复速率应小于振动响应试验中最小共振频率的 1/10。

4.8 低温性能

控制柜应按照 GB/T 2423.1 进行试验, 在试验温度为工作温度下限且稳定后, 产品通电启动运行, 持续运行时间为 2 h。

注: 如用户有特殊要求, 由制造商与用户协商确定。

4.9 高温性能

控制柜应按照 GB/T 2423.2 进行试验, 在试验温度为工作温度上限且稳定后, 产品通电启动运行, 持续运行时间为 2 h。

注: 如用户有特殊要求, 由制造商与用户协商确定。

4.10 湿热性能

根据实验条件和使用环境, 在以下两种方法中选择其中一种:

- a) 交变湿热: 控制柜按 GB/T 2423.4 进行试验, 高温 55 ℃, 循环次数 2 次。试验后测试 4.6.1 规定部位的绝缘电阻应不小于 0.5 MΩ。介电强度应不低于 4.6.2 规定的介质强度试验电压值的 75%。
- b) 恒定湿热: 控制柜按照 GB/T 2423.3 进行试验, 试验温度 40 ℃, 湿度 93%, 测试时间 48 h。试验后测试 4.6.1 规定部位的绝缘电阻应不小于 0.5 MΩ。介电强度应不低于 4.6.2 规定的介质强度试验电压值的 75%。

4.11 耐霉性能

海上风力发电机组主控制柜的耐霉性能应符合 GB/T 33630 的规定, 可用整柜或样件进行试验。

4.12 耐盐雾性能

海上风力发电机组主控制柜的耐盐雾性能应符合 GB/T 33630 的规定,可用整柜或样件进行试验。

4.13 设备安全

4.13.1 触电防护

4.13.1.1 控制柜应采用可靠的接地保护措施,并应保证接地的连续性,且电路的电阻应不超过 $0.1\ \Omega$,应符合 GB/T 3797 的规定,以防止间接触电。

4.13.1.2 控制柜应采取措施,例如挡板、防护门、有效的绝缘安全标志等,以防直接触电。

4.13.2 外壳防护

4.13.2.1 控制柜柜体防护等级满足 IP54,插入式连接头防护等级满足 IP65,接头外壳表面粉末涂漆的,应耐腐蚀并且遵守电磁兼容应用的规范。

4.13.2.2 所有的外部传感器和开关要求耐腐蚀,有结实的金属壳,防护等级应满足 IP65。

4.13.2.3 柜内绝缘材料和元件的可燃性应符合 GB/T 14598.27—2017 中 7.6 的规定。

4.14 防雷设计

控制柜防雷设计应符合 GB/T 33629 和 GB/T 21714.4 的规定。

5 技术要求

5.1 设计原则

5.1.1 控制系统应在规定的外部条件下使机组运行在设计参数范围内。

5.1.2 控制系统通过对执行机构的控制,应优化机组运行效率,实现机组高效、安全运行。

5.1.3 控制系统应能检测机组出现的故障,如超速、过振动、超功率、过热等,并采取完善的保护措施。

5.1.4 控制系统应具备至少对两套独立制动系统的控制能力。

5.2 功能要求

5.2.1 概述

控制系统应包括运行监测功能,如数据采集与处理,参数监视与保护,人机交互,事件与故障信息记录,数据连续记录等;运行控制功能,如启动控制,停机控制,并网控制,变速控制,恒功率运行控制,偏航控制,解缆控制等。控制系统还可以采用高级控制功能,如发电优化控制,载荷优化控制,电网适应性控制,环境适应性控制等。

5.2.2 运行监测功能

5.2.2.1 数据采集与处理功能

控制系统应具备通过通信或直接信号检测等方式采集并处理机组运行相关数据的功能,例如:电量参数、环境参数、变流器控制参数、变桨距系统控制参数、其他机组运行参数等。

5.2.2.2 基本监测功能

5.2.2.2.1 设计基本要求

机组故障监测功能至少应满足以下要求：

- a) 所有故障及预警限值应符合整机载荷、各部件载荷、设备电气性能设计要求(制造商提供)；
- b) 每条故障都有独立的故障代码,或故障号,并能准确定位；
- c) 能提供控制系统扫描周期内的故障发生时序；
- d) 能根据故障、预警的风险程度及特殊性给出不同等级的停机命令；
- e) 如果两个或多个故障互相联系或者具有共同原因,应按照一个故障处理；
- f) 当保护功能和控制功能发生冲突时,保护功能应具有优先权；
- g) 当安全链触发时,应由工作人员确认后,方可进行故障复位；
- h) 推荐故障参数应具备下列方面的属性设置：
 - 设置故障的触发条件；
 - 设置故障的复位条件；
 - 设置故障的复位方式；
 - 设置故障的停机方式。

5.2.2.2.2 自启动(复位)次数的监测

考虑整机设计安全要求,在机组停机后,允许自启动(复位)的次数应有限制,以防止潜在风险的发生：

- a) 针对不同故障,其在设定时间内自身发生的自启动(复位)次数需要限制；
- b) 一旦人为复位、启动动作发生,则自启动(复位)次数保护的状态被清除。

5.2.2.3 人机交互

控制系统应配置人机交互界面(HMI)或移动式 HMI,根据用户权限的不同,实现在机组当地或远程监控平台上实时显示机组的状态,修改参数,人工操作等功能：

- a) 根据不同用户对象,配置不同权限等级；
- b) 主界面应显示机组当前状态(待机、并网、停机等),以及风速、风向、转速、功率、桨距角等信息；
- c) 实时监控各子系统的状态；
- d) 浏览发生的故障等级、故障状态码、事件等信息；
- e) 修改系统参数；
- f) 人工操作,如手动停机、复位(启动)、手动偏航等功能；
- g) 具备区分操作权限优先的功能,权限优先级别:机舱操作权限>塔基操作权限>远程操作权限。

5.2.2.4 事件、故障信息记录

控制系统应能自动在本地记录若干条最近发生的关键事件、故障信息。具体记录的条数,由设备生产厂家结合自身设备特点确定。

5.2.2.5 数据连续记录功能

控制系统应具备数据连续记录功能,在机组出现事故(故障)时,能对关键信息进行连续的数据记

录,其采样间隔时间宜为控制系统扫描周期。数据长度要求至少为:事故前能反映事故的异常产生的过程,事故后能记录一个完整的停机过程。

5.2.2.6 数据统计功能

5.2.2.6.1 均值及最值数据计算

应对参与控制并有平均化需求的变量进行较短时间内的平均计算。平均值应是指定时间内(例如 10 min)采用平均法计算的平均值,最值是一段时间内出现的最大值或最小值。

均值与最值数据宜包含以下内容:

- a) 风速、风向、风轮转速、发电机转速、发电机转矩、偏航误差、桨距角等;
- b) 环境温度、机舱温度、发电机温度、齿轮箱油温(如有齿轮箱)、变桨电机温度、冷却系统温度、机舱振动、液压系统压力等;
- c) 三相电压、三相电流、频率、有功功率、无功功率等。

5.2.2.6.2 发电量统计数据

控制系统软件应具备机组净上网电量的统计功能与功率曲线统计功能,统计分辨率应不低于 1 kWh。

5.2.2.6.3 统计数据

应连续不间断地进行统计数据的计算(除控制器断电,不具备运算能力时),重要统计数据应保存在控制系统掉电保持区或以定时存储的方式保存在文件中,当控制系统重新上电启动后,所有数据应恢复到掉电时刻。

当因为特殊情况造成数据丢失情况发生时,具备操作权限的用户可以通过人机界面或远程对统计数据进行了修正。

5.2.2.6.4 可利用率统计数据

可利用率的统计应按照 GB/Z 35482 和 GB/Z 35483 的规定执行。

5.2.2.7 维护状态

通过控制柜维护位置开关可以使机组进入维护状态,且能够区分普通的故障检修和机组的定期维护。

5.2.3 基本控制功能

5.2.3.1 变流器协作功能及接口

为实现机组整机控制功能,控制系统需要变流器作为执行机构进行协作,实现转矩控制。变流器接收机组控制系统电磁转矩、功率因数(或无功功率)等指令,实现相应的控制目标,并将变流器的运行状态、运行数据和故障等信息返回至机组控制系统,其协作功能包括:

- a) 控制系统应能向变流器下发启动及停止等命令,以控制变流器的启停;必要时还能下发网侧变换器和机侧变换器单独启动及停止命令;
- b) 控制系统应能向变流器下发转矩给定等指令值,以调节机组的并网有功功率;
- c) 控制系统应能向变流器下发功率因数给定或无功功率给定等指令值,以调节机组的无功功率;
- d) 对于控制系统与变流器二者之间的通信需进行周期性的监测,当二者之间的通信中断时,需执行停机保护;

- e) 变流器与控制系统对涉及机组安全的重要故障或事件,需通过安全链的硬件方式进行相互通信,并在系统安全链动作时执行停机保护。

控制系统应提供与变流器的接口,可发送控制命令字如启动、停止、复位、转矩(或有功功率)需求给定值、无功给定值(无功功率或者功率因数给定值)等信息;可接收发电机转速、发电机电磁扭矩、实际功率值、主状态字、故障字等信息。

5.2.3.2 变桨距系统协作功能及接口

为实现机组整机控制功能,控制系统需要变桨距系统作为执行机构进行协作,实现变桨控制。变桨距系统的功能是接收机组控制系统的变桨位置或速度指令,实现相应的控制目标,并将变桨距系统的运行状态、运行数据和故障等信息返回至机组控制系统。其协作功能包括:

- a) 控制系统应能向变桨距系统下发的变桨位置或速度指令,实时调节桨距角;能向变桨距系统发送停机指令,将叶片桨距角调至顺桨位置;
- b) 对于控制系统与变桨距系统二者之间通信需进行周期性的监测,当二者之间的通信中断时,需执行停机保护;
- c) 变桨距系统与控制系统对涉及机组安全的重要故障或事件,需通过安全链的硬件方式进行相互通信,并在系统安全链动作时执行停机保护。

控制系统应提供与变桨距系统的接口,可发送变桨位置或速度指令,及控制字如急停、复位等信息;可接收叶片实际角度值、温度监测值等信息。

5.2.3.3 启动控制

控制系统的启动方式包括自动启动、本地启动和远程启动。

在系统第一次上电或电网故障停电后又恢复正常时,控制系统应对电网进行检测,在无故障情况下,使系统处于待机状态。

无论是手动启动还是自动启动都应先检测机组允许的启动条件,这些条件包括各受控设备状态、环境条件、电网条件等,当以上条件均在正常范围内时,进入启动程序。

控制系统通过变桨控制,调节叶片桨距角,实现将发电机转速调节到并网允许范围内;控制系统向变流器发并网指令,变流器完成并网动作;通过控制变流器与变桨距系统,控制机组的风轮转速和输出功率,机组进入正常发电状态。

5.2.3.4 正常发电控制

5.2.3.4.1 总则

控制系统应实现机组的转矩、变桨协调控制的功能,并满足以下要求:

- a) 在额定风速以下,实现最大风能捕获,提高机组的发电效率;
- b) 在额定风速以上,使机组的输出功率稳定在限定功率范围内;
- c) 在额定风速附近时,应控制机组在上述 a) 和 b) 两种状态之间平稳切换。

5.2.3.4.2 变速控制(最大风能捕获)

在风速大于切入风速并小于额定风速,且非限功率运行时,机组应运行在变速控制方式。该阶段控制发电机的电磁转矩使发电机转速在较宽的运行转速范围内可调,控制系统应能控制机组跟踪最佳叶尖速比,以实现最大风能捕获。

5.2.3.4.3 恒功率控制

在风速大于额定风速并小于切出风速时,控制系统通过调节桨距角和发电机电磁转矩可实现机组

的恒功率控制,机组的输出功率波动范围不应超过额定功率 $\pm 10\%$ 。

5.2.3.4.4 过渡状态

由变速控制进入恒功率运行控制及由恒功率运行控制进入变速控制时,控制系统应控制机组的转速、功率、桨距角平稳过渡,避免出现转速和功率振荡。

5.2.3.5 停机

控制系统应采用多级停机控制方式,机组触发故障报警时,根据故障对应的停机程序等级,执行相应的停机流程,在确保机组运行安全情况下,减小对系统整体结构的冲击。

停机通常可包括正常停机、快速停机和紧急停机中的一种或几种:

- a) 正常停机:在接收到正常停机指令,或外界环境、风况不满足运行条件,或机组出现等级较低故障时,控制系统协调变流器,变桨距系统,减小机组的输出功率和发电机转速;当功率降至设定值时或发电机转速降到脱网转速以下,可向变流器发送脱网指令,控制变流器执行脱网动作;
- b) 快速停机:当风力发电机组出现较高级别故障发生时,控制系统控制叶片顺桨;当风力发电机组输出功率降至设定值时或发电机转速低于脱网转速,向变流器下发脱网指令,控制变流器执行脱网动作;
- c) 紧急停机:当风力发电机组出现安全链断开,或严重故障出现,或急停按钮触发时,控制系统控制变桨距系统执行紧急顺桨,可控制变流器脱网。

5.2.3.6 偏航控制

偏航控制包括自动偏航和手动偏航。手动偏航可包括塔基控制柜手动偏航、机舱控制柜手动偏航、特殊工况下中央监控室手动偏航。

优先级别:机舱控制柜手动偏航>塔基控制柜手动偏航>特殊工况下中央监控室手动偏航>自动偏航。

5.2.3.7 解缆控制

解缆包括自动解缆和手动解缆。自动解缆应至少设置两级限制,当扭缆达到设定限值时,控制系统发出信号,通过对偏航驱动装置的控制,自动解缆。

若自动解缆未能执行,扭缆达到扭缆保护限值即发生扭缆超限时,则应触发安全保护功能,使机组停机,等待进行手动解缆操作。

当执行解缆操作时,系统应屏蔽自动对风偏航请求。

5.2.3.8 海上风电机组控制要求

海上风力发电机组控制系统宜考虑关键配电系统、通信系统和传感器的冗余设计,以提高机组可靠性和持续运行能力。

应具备远程故障诊断系统接口,例如使用数据分析系统或远程视频系统确定机组故障状态,提升远程维护和就地维护效率。

控制系统应具备远程控制权限分级功能,不同的远程控制权限可执行不同的远程控制功能,如远程手动偏航、远程风轮制动,远程更新控制程序,远程重启控制系统等。

在进行充分故障诊断和远程控制权限下,可执行有限次远程复位安全链,一天内连续复位安全链不宜超过3次。

5.2.3.9 分散式接入风力发电机组控制要求

分散式接入风力发电机组控制系统,机组处于发电状态下,遭遇非计划性孤岛,应能快速识别孤岛,

并实现机组的防孤岛保护。

分散式接入风力发电机组控制系统应具备对电压、电流、有功和无功等电网参数的快速检测或获取的能力;应能接受上级指令,实现输出功率因数或者无功功率的动态调节功能;控制系统应能预设或接受上级设定,实现有功功率-频率和无功功率-电压曲线的调节;应能预设或接受上级设定,实现限制电流变化斜率的工作模式和软启功能。

分散式风力发电机组控制系统宜根据特定环境需求具备特定控制功能,如光影控制、噪声控制、夜间启停控制等。

5.2.4 高级控制功能

5.2.4.1 发电优化控制

5.2.4.1.1 总则

在某些特定的风况条件下,依据机组实际情况可以采取以下发电优化控制策略。

5.2.4.1.2 暴风控制

在短时风速大于切出风速时,通过机组限功率运行等策略,将机组载荷控制在安全范围以内,减少机组停机时间。

5.2.4.1.3 空气密度补偿控制

通过适当的方式获得实时空气密度,从而调整变速运行曲线,使机组在变速工作区捕获更多风能。

5.2.4.2 载荷优化控制

5.2.4.2.1 总则

机组可以通过控制手段,实现载荷优化控制。

5.2.4.2.2 传动链阻尼控制

控制系统可以提供传动链阻尼控制功能,以抑制传动链的扭转振动,降低传动部件疲劳载荷,确保传动链各关键部件的使用寿命。

5.2.4.2.3 塔架加速度反馈控制

控制系统可以提供塔架阻尼控制功能,以抑制塔架和机舱的振动,降低塔架疲劳载荷,确保塔架和基础的使用寿命。

5.2.4.2.4 独立变桨控制

控制系统通过独立地调整每一片叶片的桨距角,从而抑制整个风轮面不均衡载荷,降低倾覆力矩和偏转力矩,优化叶片根部、传动链及塔架的载荷。

5.2.4.2.5 柔性塔架控制

在机组的变速工作区,以塔架固有频率为分界点进行分段控制;在风轮转动频率接近塔架固有频率时,控制风轮转速快速通过塔架固有频率,避免运行过程出现共振。

5.2.4.2.6 净空控制

当功率达到一定限值时,控制系统可以给出提前变桨指令,以减小风轮受到的推力,增加最小净空。

5.2.4.2.7 扇区控制

控制系统可以在各个风向扇区采用单独设计的运行和控制方案,以合理调节机组载荷,或者调节机组的噪声分布情况,提高机组的利用效率。

5.2.4.3 电网适应性能力控制

5.2.4.3.1 有功功率调节

机组应满足 GB/T 19963—2011 中 5.2 规定的正常运行情况下有功功率的要求。控制系统应能按照设定的速率响应有功调节指令,通过控制变桨距系统与变流器,按照设定的速率响应,调节机组输出的有功功率。

5.2.4.3.2 无功功率调节

机组应满足 GB/T 19963—2011 中 8.1 规定的无功电压要求。控制系统应能按照设定的速率响应无功调节指令,调节机组输出的无功功率(或功率因数);使机组满足功率因数在超前 0.95~滞后 0.95 的范围内动态可调。

5.2.4.3.3 故障电压穿越

控制系统与变桨距系统及变流器应相互协调控制,使得机组满足 GB/T 36995 中故障电压穿越技术要求,故障电压穿越期间应能保证机组不停机、不脱网。

5.2.4.4 环境适应性控制

5.2.4.4.1 台风运行控制

机组在遭遇台风时,可通过偏航控制,使机组始终处于上风向或下风向位置,以减小机组的载荷,保证机组安全。

5.2.4.4.2 叶片结冰运行控制

在叶片表面结冰情况下,控制系统能借助外围设备或者通过运行参数辨识冰冻的程度,在确保安全条件下限功率运行;在无法保证机组的载荷处于设计范围内时,机组应停机。

5.2.4.4.3 降噪运行控制

机组根据环境要求,通过降低风轮转速与优化机组内噪声较大部件的运行控制策略,达到降低机组运行噪声的目的。

5.2.5 其他功能要求

5.2.5.1 时钟与对时运行要求

控制系统应设有硬件时钟电路,在电源失效的情况下,硬件时钟应能正常工作,精度应满足 24 h 误差小于 1 s,并且支持授时功能与时间同步功能。

5.2.5.2 与中央监控等外部系统的通信

控制系统应能提供 100 M/1 000 M 光纤以太网接口,与监控系统通信应满足 GB/T 30966.1、GB/T 30966.2、GB/T 30966.3、GB/T 30966.4、GB/T 30966.5 和 GB/T 30966.6 系列标准的要求,通信

接口可以采用 OPC、Modbus TCP 或其他方式,其提供的通信内容满足远程风电大数据分析和预警需求的数据及格式。

数据信息应至少包含以下内容:

- a) 机组当前运行状态信息;
- b) 机组内外部环境信息;
- c) 机组电网信息;
- d) 机组子系统状态信息;
- e) 机组故障信息等。

5.2.5.3 备用电源要求

在电网失电的情况下,控制系统备用电源应能独立供电,确保控制系统有足够的时间控制变流器和变桨距系统进行安全停机,并完成相关故障数据的记录工作。

5.2.5.4 重要设备自检功能

控制系统对重要设备或子系统,如安全链,变桨备用电源具有定时自检功能。

5.2.5.5 网络信息安全

控制系统应具有防止网络攻击的能力,应具备针对访问者设置特定 IP 地址、业务端口、主机 MAC 地址的黑名单和白名单功能。控制系统应具备拒绝服务攻击的防护能力,当接收到的网络数据包流量超过某一阈值(泛洪)时进行丢弃,该阈值可根据硬件性能进行设置。

5.3 安全保护

5.3.1 由于风力发电机组内部或外部发生故障,或监控的参数超过极限值而出现危险情况,或控制系统失效,风力发电机组不能保持在它的正常运行范围内,则应启动安全保护系统,使风力发电机组维持在安全状态。

5.3.2 安全保护系统的设计应以失效安全为原则。当安全保护系统内部发生任何部件单一失效或动力源故障时,安全保护系统应能对风力发电机组实施保护。

5.3.3 安全保护系统应具有最高的优先权,控制系统的功能应服从安全保护系统的要求。

5.3.4 安全保护系统应至少能启动两套完全独立的制动系统,当安全保护系统启动制动系统时,控制系统应自行降至服从地位。

5.3.5 应考虑触发安全保护系统的限制值,使其不超过设计基础的极限值,而且不会对风力发电机组造成危险,但也应使安全保护系统不会产生对控制系统的不必要干扰。

5.3.6 若安全保护系统已经启动过,则必须要求人工排除故障。

5.3.7 在机组过转速、过振动、人工急停、控制系统失效等情况下应启动安全链紧急停机保护。

安全系统故障为不可自恢复故障(如安全保护系统触发、机械制动器磨损过度而失效、机械零部件故障等),则应排除故障后进行手动复位,才可以重新启动风力发电机组。

6 试验方法

试验应按照 GB/T 25386.2 的规定执行。

7 检验规则

7.1 检验类别

产品检验分型式试验和出厂检验。

7.2 检验规定

每台产品均做出厂检验,产品检验合格后签发合格证产品才能出厂。机组在现场安装调试运行后,在规定的时间内对控制系统进行现场检验,现场检验合格后才能验收。有下列情况之一时,应进行型式试验:

- 新产品的试制定型鉴定时;
- 产品的设计、工艺等方面有重大改变时;
- 出厂检验的结果与上次型式试验有较大差异时。

7.3 检验项目

检验项目见表 1。

表 1 检验项目

序号	试验名称	型式试验			出厂检验
		新产品定型	电气控制、结构、 工艺重大变更	软件控制功 能重大变更	
1	一般检查	√	√	√	√
2	设备安全试验	√	√	—	—
3	绝缘性能试验	√	√	—	√
4	电磁兼容试验	√	√	—	—
5	机械性能试验	√	√	—	—
6	低温性能试验	√	—	—	—
7	高温性能试验	√	—	—	—
8	湿热性能试验	√	—	—	—
9	长霉试验	√	—	—	—
10	盐雾试验	√	—	—	—
11	运行监测功能试验	√	—	√	—
12	变流器协调控制试验	√	—	√	—
13	变桨距系统协调控制试验	√	—	√	—
14	启机并网试验	√	—	√	—
15	变速控制试验	√	—	√	—

表 1 (续)

序号	试验名称	型式试验			出厂检验
		新产品定型	电气控制、结构、 工艺重大变更	软件控制功 能重大变更	
16	恒功率控制试验	√	—	√	—
17	停机过程试验	√	—	√	—
18	偏航控制试验	√	—	√	—
19	解缆控制试验	√	—	√	—
20	海上机组特殊控制试验	√	—	√	—
21	分散式机组特殊控制试验	√	—	√	—
22	有功功率升速率控制试验	√	—	√	—
23	有功功率设定点控制试验	√	—	√	—
24	无功功率设定点控制试验	√	—	√	—
25	电压故障穿越控制试验	√	—	√	—
26	时钟与对时试验	√	—	√	—
27	监控系统接口试验	√	—	√	—
28	保护功能试验	√	√	√	√

注：型式试验可以为地面仿真试验，或现场试验。

8 产品信息

8.1 提供文件

产品文件应包含如下内容：

- a) 装箱清单；
- b) 产品使用说明书；
- c) 安装尺寸图；
- d) 产品质量合格证；
- e) 电气接线图；
- f) 电气原理图；
- g) 出厂检验报告。

8.2 产品标识

产品标识应包含如下内容：

- a) 技术参数；
- b) 产品标志；
- c) 产品名称；

- d) 产品型号;
- e) 出厂编号;
- f) 制造日期;
- g) 制造厂名;
- h) 包装标志。

外包装上有收发货标志、包装储运标志和安全警告标志,按照 GB/T 191 和 GB/T 13384 的有关规定执行。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
风力发电机组 控制系统
第 1 部分：技术条件
GB/T 25386.1—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.org.cn

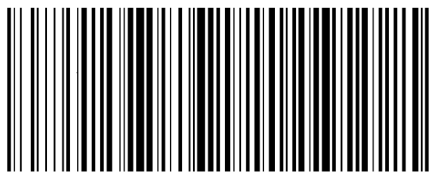
服务热线: 400-168-0010

2021 年 3 月第一版

*

书号: 155066 · 1-67132

版权专有 侵权必究



GB/T 25386.1-2021



码上扫一扫 正版服务到