



中华人民共和国国家标准

GB/T 25386.2—2021
代替 GB/T 25386.2—2010

风力发电机组 控制系统 第2部分：试验方法

Wind turbines—Control system—Part 2: Test method

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 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 试验环境 2

4 试验准备 3

5 试验方法 3

6 试验报告..... 11

附录 A（资料性附录） 试验方案推荐 12

附录 B（资料性附录） 测量设备要求 13

附录 C（资料性附录） 试验报告格式和内容 14



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2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 25386.2—2010《风力发电机组 变速恒频控制系统 第2部分：试验方法》，与 GB/T 25386.2—2010 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了标准的适用范围，删除了适用电气变桨距系统内容（见第1章，2010年版的第1章）；
- 增加了仿真试验平台描述（见3.2）；
- 删除了地面联机试验平台（见2010年版的3.1）；
- 修改了试验准备部分（见第4章，2010年版的3.2）；
- 增加了保护电路有效性试验、防护等级试验、长霉试验、盐雾试验、基本监视功能试验、解缆控制试验、有功功率升速率调节控制试验、有功功率设定点控制试验、无功功率设定点控制试验、电压故障穿越试验、海上风电机组控制试验、分散式风电机组控制试验、时钟与对时试验、监控系统接口测试（见5.2.1、5.2.2、5.9、5.10、5.11、5.19、5.20、5.21、5.22、5.23、5.24、5.25、5.26、5.27）；
- 修改了电磁兼容试验中补充振铃波抗扰度试验、静电放电抗扰度试验、射频电磁场辐射抗扰度试验、电快速瞬变脉冲群抗扰度试验、浪涌（冲击）抗扰度试验、射频场感应的传导骚扰抗扰度试验（见5.4.1、5.4.2、5.4.3、5.4.4、5.4.5、5.4.6，2010年版的4.14）；
- 删除了电气变桨距控制系统相关试验内容（见2010年版的4.3.2、4.9、4.10、4.12）；
- 增加了附录A试验方案推荐（见表A.1）。

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、北京金风科创风电设备有限公司、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、明阳智慧能源集团股份有限公司、中国船舶重工集团海装风电股份有限公司、国电联合动力技术有限公司、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、许国东、杨震宇、应有、史晓鸣、秦世耀、谷海涛、张文磊、朱志权、闫立鹏、刘亚林、袁凌、周新亮、曾垂宽、尹显俊、陈云、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 25386.2—2010。

风力发电机组 控制系统

第2部分:试验方法

1 范围

GB/T 25386 的本部分规定了风力发电机组控制系统的试验条件和试验方法。

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 2423.1—2008 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—2008 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—2008 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 2423.16—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 J 及导则:长霉
- GB/T 2423.18—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Kb:盐雾,交变(氯化钠溶液)
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分:总则
- GB/T 10233—2016 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 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 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 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 17626.6 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 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验
- GB/T 18451.1—2012 风力发电机组 设计要求
- GB/T 20320—2013 风力发电机组 电能质量测量和评估方法
- GB/T 20626.1 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 25386.1—2021 风力发电机组 控制系统 第1部分:技术条件
- GB/T 36237 风力发电机组 电气仿真模型
- GB/T 36995—2018 风力发电机组 故障电压穿越能力测试规程
- GB 50054 低压配电设计规范
- NB/T 31053—2014 风电机组低电压穿越建模及验证方法
- NB/T 33011—2014 分布式电源接入电网测试技术规范

3 试验环境

3.1 试验概述

机组控制系统试验可分为可靠性试验和功能性试验,可靠性试验通过试验测定和验证被试对象的产品可靠性,采用专用的试验设备进行;功能性试验考核被试对象各功能,可采用地面仿真试验或现场试验的方案。各试验项目推荐采用的试验方案可参见附录 A。

3.2 地面仿真试验

模拟机组各类零部件的行为和传感器信号,对控制系统的逻辑控制功能和信号模拟输出进行测试,用于验证控制系统算法和控制逻辑。

控制系统地面仿真试验平台可由机组仿真试验系统、被测机组主控制系统、风电场监控系统等组成。图 1 为仿真试验平台结构示意图。

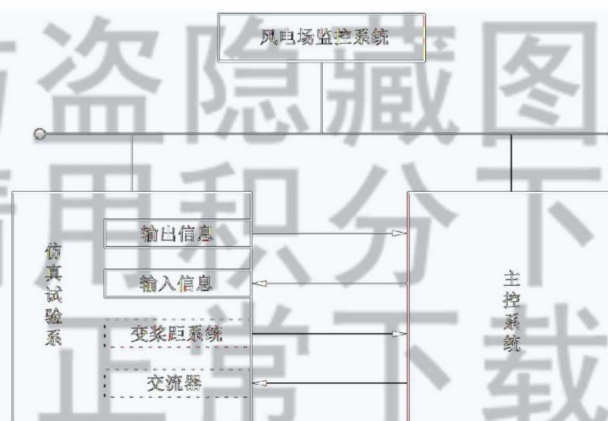


图 1 仿真试验平台结构示意图

仿真试验平台的运行条件和主要技术指标应满足：

- 在试验过程中,由仿真试验系统产生各种测试需要的激励量,并在仿真试验系统中创建风轮、发电机、变桨距系统、变流器、电网等模型,在上位机监控系统的辅助下完成被测主控制系统的一系列试验。
- 试验平台的构建过程中,可以根据试验目的,对上述部件全部采用仿真模型或者部分采用仿真模型结合实物的方法,对控制系统的性能进行测试。仿真模型应采用在风电整机设计认证过程中被广泛采纳的软件和模型规范,其动态表现和对应的实物具有高度的一致性,仿真模型的结构和要求可按照 GB/T 36237,其一致性可由 NB/T 31053 确定。
- 仿真试验平台运行中控制系统的执行周期应与实际现场运行时控制系统执行周期相同。部件采用仿真模型时,其计算周期与通信周期应固定,并且上述周期之和应小于控制系统执行周期的 $1/2$ 。

3.3 现场试验

机组安装于实际运行环境,机组符合运行条件的状态下,进行机组控制系统功能的现场测试。

4 试验准备

- 4.1 被试的控制系统应已调试完毕,各项参数符合相关机组控制与监测要求。
- 4.2 参与试验的各类部件及其传感器已调试完毕,功能和精度符合相关机组控制、检测与保护要求。
- 4.3 参与试验的仿真模型,其功能和动态性能符合模拟对象的实际情况,计算周期和通信周期符合仿真精度的要求。
- 4.4 试验中使用的仪器、仪表应在检定有效期内,对测量设备的要求参见附录 B。

5 试验方法

5.1 一般检查

检查控制系统的电气设计和工艺是否符合 GB/T 50054、GB 7251.1 和 GB/T 20626.1 的要求,并符合 GB/T 18451.1—2012 第 10 章的规定。

5.2 设备安全

5.2.1 保护电路有效性试验

保护电路有效性试验应按照 GB/T 10233—2016 中 4.4 规定的方法进行。

5.2.2 防护等级

防护等级试验应按照 GB/T 4208—2017 中第 13 章、第 14 章规定的方法进行。

5.3 绝缘试验

5.3.1 介电性能试验

介电性能的试验应按照 GB/T 10233—2016 中 4.5 规定的方法进行。

5.3.2 绝缘电阻试验

绝缘电阻的测量应按照 GB/T 10233—2016 中 4.6 规定的方法进行。

5.4 电磁兼容试验

5.4.1 振铃波抗扰度试验

振铃波抗扰度试验应按照 GB/T 17626.12 规定的方法进行。

5.4.2 静电放电抗扰度试验

静电放电抗扰度试验应按照 GB/T 17626.2 规定的方法进行。

5.4.3 射频电磁场辐射抗扰度试验

辐射电磁场抗扰度试验应按照 GB/T 17626.3 规定的方法进行。

5.4.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

电快速瞬变脉冲群抗扰度试验应按照 GB/T 17626.4 规定的方法进行。

5.4.5 浪涌抗扰度试验

浪涌抗扰度试验应按照 GB/T 17626.5 规定的方法进行。

5.4.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

射频场感应的传导骚扰抗扰度试验应按照 GB/T 17626.6 规定的方法进行。

5.5 机械性能试验

5.5.1 振动试验(正弦)

按照 GB/T 25386.1—2021 中 4.7.1.1 规定的频率范围和振幅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,在每一危险频率点,按照 GB/T 25386.1—2021 中 4.7.1.2 规定的频率范围和振幅进行耐振试验,通过扫频试验确定控制柜的结构频率。

5.5.2 冲击试验

冲击耐受试验应按照 GB/T 2423.5 中规定的方法进行,试验对象包括机舱控制柜及其支撑件。

5.6 低温性能试验

低温运行试验应按照 GB/T 2423.1—2008 规定的试验 Ad 进行。在试验温度为工作温度下限且稳定后,控制系统通电启动运行(产品通电到启动运行时间不超过 2 h),持续运行时间为 2 h。在低温通电运行期间,应对控制系统内输入输出信号进行测试。试验持续期结束时,先将控制系统断电,然后将试验箱温度缓慢升至试验标准条件的温度偏差范围内,试验箱内的温度变化应不超过 1 k/min(不超过 5 min 的平均值)。试验后,控制系统通电启动运行,检查控制系统输入输出功能是否正常。

5.7 高温性能试验

高温运行试验应按照 GB/T 2423.2—2008 规定的试验 Bd 进行。在试验温度为工作温度上限且稳定后,控制系统通电启动运行,持续运行时间为 2 h。在高温通电运行期间,应对控制系统内输入输出信号进行测试。试验持续期结束时,先将被测系统断电,然后将试验箱温度慢慢降至试验标准条件的温度偏差范围内,试验箱内的温度变化应不超过 1 k/min(不超过 5 min 的平均值)。试验后应检查控制系统输入输出功能是否正常。

5.8 湿热性能试验

5.8.1 恒定湿热试验

恒定湿热试验应按照 GB/T 2423.3 规定的试验方法进行。控制系统无包装、不通电置于试验箱内,在试验箱温度 $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(93\pm 3)\%$ 的条件下,持续时间 48 h。恢复时应在 0.5 h 内将相对湿度降到 73%~77%,然后在 0.5 h 内将温度调节到试验室温度。试验后测试绝缘电阻应不小于 0.5 M Ω ,介电性能应满足 GB/T 25386.1—2021 中 4.6.2 规定的要求。

5.8.2 交变湿热试验

交变湿热试验应按照 GB/T 2423.4—2008 规定的试验方法 1 进行。控制系统无包装、不通电置于试验箱内,试验箱温度在 $(25\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 和 $(55\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 之间循环变化,循环次数 2 次。试验后测试绝缘电阻应不小于 0.5 M Ω ,介电性能应满足 GB/T 25386.1—2021 中 4.6.2 规定的要求,测量应在恢复期结束后马上进行,所有参数测量应在恢复后 0.5 h 内完成。

5.9 长霉试验

按照 GB/T 2423.16—2008 中的试验方法 1 进行,培养周期为 28 d。试验样品不包装、不通电。试验结果应满足 GB/T 25386.1—2021 中 4.11 规定的要求。

5.10 盐雾试验

按照 GB/T 2423.18—2012 中的严酷等级 2 进行,其包括:3 个喷雾周期,每个周期 2 h,每个喷雾周期后有一个为期 20 h~22 h 的湿热贮存周期。试验样品不包装、不通电。试验结果满足 GB/T 25386.1—2021 中 4.12 规定的要求。

5.11 运行监测功能试验

5.11.1 数据采集与处理功能试验

在模拟关键信号变化时,通过监控界面检验采集数据的正确性,以验证控制系统数据采集与处理功能的正确性与可靠性。

5.11.2 基本监测功能试验

通过监控界面查看控制系统能否实时监控机组运行状态、外部环境与电网状态等,通过模拟触发机组相关故障,校验控制系统保护是否满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.2.2 的要求。

5.11.3 人机交互试验

在人机交互界面查看机组的当前运行状态、参数、用户权限以及各个子系统状态,浏览故障信息与修改参数等,检验是否满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.2.3 的要求。

5.11.4 事故、故障信息记录试验

模拟触发机组事故或故障,通过监控界面检验控制系统能否正确记录对应的信息。

5.11.5 数据连续记录功能试验

模拟触发机组故障,通过监控界面检验连续记录数据是否满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.2.5 的要求。

5.11.6 数据统计功能试验

通过监控界面检验统计数据是否满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.2.6 的要求。

5.11.7 维护状态试验

通过拨动控制柜维护开关,检验维护功能是否满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.2.7 的要求。

5.12 变流器协调控制试验

该部分可采用地面仿真试验,也可以采用现场试验,采用仿真试验时,变流器应为实物。

在控制系统正常工作状态下,通过监控界面观察变流器接收控制系统下发的开机、关机与转矩需求给定值等指令,以及反馈给控制系统的发电机转速与发电机电磁转矩等信息,校验接口与功能是否正常,试验结果应能满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.3.1 的要求。

5.13 变桨距系统协调控制试验

该部分可采用地面仿真试验,也可以采用现场试验,采用仿真试验时,变桨距系统应为实物。

在控制系统正常工作状态下,通过监控界面观察变桨距系统接收控制系统下发的叶片位置与控制字等指令,以及反馈给控制系统的当前叶片实际角度与状态机等信息,校验接口与功能是否正常,试验结果应能满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.3.2 的要求。

5.14 启动并网试验

该部分可采用地面仿真试验,也可以采用现场试验,采用仿真试验时,变流器应为实物。

当机组无故障时,通过监控界面校验控制系统是否有启机条件检测过程,且在满足启机条件下,按照 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.3.3 中的启动方式分别启动机组,校验控制系统能否自动协调控制变桨距系统与变流器完成机组的并网动作,并进入发电状态,试验结果应能满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.3.3 的要求。

5.15 变速控制试验

该部分可采用地面仿真试验,也可以采用现场试验。

机组并网后,当风速在切入风速和额定风速之间变化时,控制系统协调控制变桨距系统与变流器,通过数据记录并分析风速-功率曲线或转矩-转速曲线与最优曲线是否一致。

5.16 恒功率控制试验

该部分可采用地面仿真试验,也可以采用现场试验。

机组并网后,当风速在额定风速和切出风速之间变化时,控制系统协调控制变桨距系统与变流器,通过数据记录并分析输出功率是否能保持在额定功率 $\pm 10\%$ 范围内。

5.17 停机过程试验

该部分应采用现场试验。

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。

当风速在切入风速和额定风速之间变化时,触发机组设计的各种类型的停机行为,检测并记录机组风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程,采样周期不大于 0.1 s,记录时间满足对应技术规范要求,试验结果应能满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.3.5 的要求。

5.18 偏航控制试验

5.18.1 手动偏航控制试验

分别操作左偏航和右偏航功能键执行偏航动作,核实偏航方向是否与要求的方向一致。

5.18.2 自动偏航控制试验

在偏航系统、风速仪与风向仪均无故障情况下,当风速大于偏航启动要求的最低风速时,通过手动偏航,使对风偏差满足自动偏航要求后停止手动偏航,此时机组应执行自动偏航,查看自动偏航方向与对风精度是否满足要求。

5.18.3 偏航优先级试验

在机舱偏航状态下,分别操作塔基偏航功能键和远程偏航功能键,机组应只执行机舱偏航操作;在

塔底偏航状态下,操作远程偏航功能键,机组应只执行塔底偏航操作;在塔底偏航状态,操作机舱偏航功能键,机组应只执行机舱偏航操作。在自动偏航过程中分别操作机舱偏航功能键、塔基偏航功能键或远程偏航功能键,控制系统应停止自动偏航动作,并执行相应手动偏航动作。

5.19 解缆控制试验

该部分可采用地面仿真试验,也可以采用现场试验。

偏航无故障,且风速大于偏航启动要求的最低风速时,通过手动偏航使得扭缆角度大于自动解缆角度后停止手动偏航,切换到自动偏航状态,此时机组应执行自动解缆,分析解缆完成后扭缆角度是否符合机组设计要求。

5.20 海上机组控制试验

5.20.1 冗余功能测试

根据机组的设计说明,在机组发电运行状态下,针对机组声明具备冗余功能的模块,人为触发冗余功能,观察机组表现是否符合设计说明、冗余功能是否能自动投入、是否报出冗余设备异常警告信息。

5.20.2 远程故障诊断测试

根据机组的设计说明,在机组发电运行状态下,人为制造有针对性的故障,通过远程系统观测的数据是否能满足精准定位故障部位、确定机组故障状态、确定复位可行性的要求。

5.20.3 远程控制功能和权限测试

根据机组的设计说明,在机组发电运行状态下,测试不同权限是否只能执行对应权限远程控制功能,测试各项远程控制功能响应是否符合设计要求。

5.20.4 远程安全链复位测试

根据机组的设计说明,在不同等级远程控制权限下,测试安全链故障复位功能是否满足 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.3.8 的要求。

5.21 分散式机组控制试验

可采用仿真平台测试,也可以采用现场测试。

机组处于发电状态下,遭遇非计划性孤岛,观察风电机组是否能快速识别孤岛,并进行有效的保护动作,非计划孤岛保护功能试验方法可按照 NB/T 33011—2014 中 6.8.2。

检测并记录机组风速、发电机转速、并网点电压、电流、频率、相位和运行状态机的动态过程,采样周期不大于 0.1 s,包括孤岛发生前 10 s~孤岛发生后 30 s,分析其结果是否符合设计要求。

机组处于发电状态下,以远程改变机组的有功功率-频率和无功功率-电压的下垂曲线关系,使机组对该曲线进行跟踪的运行模式,观察在改变参数前后,机组对于频率和电压动态稳定性追求下的有功和无功功率情况。检测并记录风速、发电机转速、有功功率、无功功率、电网频率、并网点电压,采样周期不大于 0.1 s,可在不同风速条件下采集 5 个连续 5 min 的数据片段,分析其结果是否符合设计要求。除远程方式改变设置参数以外,以本地设置该曲线关系再进行一次试验。地面仿真试验时,可人为改变电网频率和电压进行观测。

机组处于发电状态下,以远程改变机组电流变化斜率限定值,使机组对该斜率进行跟踪的运行模式,观察在改变参数前后,机组对于电流变化斜率追求下的有功和无功功率情况。检测并记录风速、发电机转速、有功功率、无功功率、电网频率、并网点电压,采样周期不大于 0.1 s,可在不同风速条件下采

集 5 个连续 5 min 的数据片段,其中包括一次机组并网过程和正常脱网过程,分析其结果是否符合设计要求。除远程方式改变设置参数以外,以本地设置该参数再进行一次试验。

5.22 有功功率升速率控制试验

在仿真测试和现场试验中,机组正常发电运行时,按照 GB/T 20320—2013 中 7.6.2 的要求进行测试。

5.23 有功功率设定值控制试验

在仿真测试和现场试验中,机组正常发电运行时,按照 GB/T 20320—2013 中 7.6.3 的要求进行测试。

5.24 无功功率设定值控制试验

在仿真测试和现场试验中,机组正常发电运行时,按照 GB/T 20320—2013 中 7.2.2 的要求进行测试。

5.25 电压故障穿越试验

通过仿真试验平台模拟测试或现场测试。

现场测试可以采用电压真实跌落和抬升的方式进行测试,试验方法按照 GB/T 36995—2018 中第 9 章的要求执行。

仿真试验平台可以采用信号模拟电网电压跌落和抬升的方式进行测试,其低电压穿越验证方法按照 NB/T 31053—2014 中第 6 章的要求执行,高电压穿越可参考执行。

5.26 时钟与对时试验

5.26.1 时钟功能测试

记录同一时刻控制系统时间与基准时钟的偏差,在失去外部电源的情况下,硬件时钟应能正常工作,24 h 后记录控制系统时间与基准时钟的偏差,两者的差值应不超过 1 s。

5.26.2 对时功能测试

记录同一时刻控制系统和授时时钟源的时间,触发控制系统对时功能,并记录对时后的控制系统与授时时钟源的时间,对时后控制系统时间应与授时时钟源时间同步。

5.27 监控系统接口测试

该功能应在现场进行测试。

控制系统应具备 100 M/1 000 M 光纤以太网接口,通信接口可以采用 OPC、Modbus TCP 其中的一种,或其他方式。通过和控制系统通信协议相匹配的 SCADA 系统连接,从 SCADA 系统中记录控制系统及风力发电机组的信息,应符合 GB/T 25386.1—2021 中 5.2.5.2 的要求。

5.28 保护功能试验

5.28.1 风轮超速

5.28.1.1 风轮超速(硬件)

安全链闭合,调低风轮超速保护触发装置的设置点处于正常转速范围,启动机组,当风轮转速达到

超速继电器的设定值,超速继电器动作,确认机组安全链断开,执行相应的停机等级,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。测试后将风轮超速继电器设置恢复到设计值。

5.28.1.2 风轮超速(软件)

调低风轮超速的设置值,启动机组,当风轮转速达到风轮超速设定值,执行相应的停机等级,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。测试后将风轮超速设置值恢复到设计值。

5.28.2 振动

5.28.2.1 振动超限(硬件)

当机组处于并网运行状态时,安全链闭合,触发振动开关,确认机组安全链断开情况,执行相应的停机等级,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率、振动值和运行状态机的动态过程。

5.28.2.2 振动超限(软件)

当机组处于并网运行状态时,人工触发振动传感器使振动值超过保护设定值,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率、振动值和运行状态机的动态过程。

5.28.3 人工急停

当机组处于并网运行状态时,安全链闭合,按下机组的急停按钮。记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.4 主控制器失效

当机组处于并网运行状态时,安全链闭合,断开主控制器看门狗输出信号,确认机组安全链断开情况,执行相应的停机等级,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.5 过度扭缆

当机组处于并网运行状态时,安全链闭合,分别手动触发顺时针扭缆开关和逆时针扭缆开关,确认机组安全链断开,并执行相应的停机模式,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率、偏航扭缆角度和运行状态机的动态过程。

5.28.6 电网掉电

当机组处于并网运行状态时,在发电机输出功率低于额定值的 20% 的情况下,断开控制系统的电网电压测量点,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.7 发电机超速

当机组处于并网运行状态时,调低发电机超速的设置点,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.8 制动器磨损

当机组处于待机状态时,拨动制动器磨损传感器限位开关,记录故障报警状态。

5.28.9 制动器反馈信号丢失

当机组处于待机状态时,断开制动反馈信号,记录故障报警状态。

5.28.10 风速信号失效

当机组处于并网运行状态,断开风速传感器的风速信号,记录故障报警状态。

5.28.11 风向信号失效

当机组处于待机状态时,断开风向传感器的风向信号,记录故障报警状态。

5.28.12 风轮转速传感器失效

当机组处于并网运行状态时,断开风轮转速传感器信号后,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.13 发电机转速传感器失效

当机组处于并网运行状态时,断开发电机转速传感器信号后,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.14 液压系统油位低

当机组处于待机状态时,断开液压油位传感器信号线并维持设定时间,记录故障报警状态。

5.28.15 液压系统油压低

当机组处于待机状态时,断开液压系统油泵供电,同时断开液压传感器信号线,记录故障报警状态。

5.28.16 过功率故障

当机组处于并网运行状态时,调低过功率故障设定值,当机组功率超过设定的过功率保护值时,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.17 与变桨距控制系统通信故障

当机组处于并网运行状态时,断开控制系统与变桨距控制系统通信线并维持设定时间,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.18 与变流器通信故障

当机组处于并网运行状态时,断开控制系统与变流器通信线并维持设定时间,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.19 400 V 供电电源故障

当机组处于并网运行状态时,断开控制系统/电气变桨距控制系统 400 V 供电电源,记录停机时风速、发电机转速、桨距角、并网点电压、电流、有功功率和运行状态机的动态过程。

5.28.20 温度超限故障

当机组处于待机状态时,调整温度超限条件设置点,使当前稳定满足故障触发条件,记录故障报警信息。

温度超限故障测试包括但不限于环境温度超限、机舱温度超限、发电机温度超限、控制柜温度超限、齿轮箱温度超限(如有齿轮箱)、主轴承温度超限、发电机轴承温度超限。

5.29 其他试验

系统设计、制造单位或系统供需双方商定的其他试验。

6 试验报告

试验报告格式和内容参见附录 C。

附 录 A
(资料性附录)
试验方案推荐

推荐的试验方案见表 A.1。

表 A.1

序号	试验名称	可靠性试验	功能性试验	
			地面仿真试验	现场试验
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	—	√	√
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	海上风电机组控制试验	—	√	√
21	分散式风电机组控制试验	—	√	√
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	监控系统接口测试	—	—	√
28	保护功能试验	—	—	√

附 录 B
(资料性附录)
测量设备要求

以下是对测量设备的要求:

- a) 电压探头
量程:AC 0 V~750 V,DC V 0~2 000 V;
准确度:0.5 级;
- b) 电流传感器
量程:AC 0 A~3 000 A,DC 0 A~3 000 A;
准确度:0.5 级;
- c) 兆欧表
电压:1 000 V;
量程:0 M Ω ~500 M Ω ,0 M Ω ~1 000 M Ω ;
准确度:5 级;
- d) 数据记录仪
频带响应:0 kHz~100 kHz;
采样精度:<0.2%。



附 录 C
(资料性附录)
试验报告格式和内容

C.1 封面

C.1.1 封 1

封 1 应包括试验报告名称、编写报告单位和日期等。

C.1.2 封 2

封 2 应包括以下内容:报告名称、报告编号、试验地点、试验负责人、试验日期、主要参试人员、报告编写日期、报告编写人(职务或职称)、校对入(职务或职称)、审核人(职务或职称)、批准人(职务或职称)等。

C.2 报告内容

C.2.1 前言

任务来源、试验目的、试验时间等。

C.2.2 试验样机

试验样机简介,依据设计或制造厂商说明书列出主要技术参数、软件版本等。

C.2.3 试验设备

试验台简介,主要仪器、仪表、装置的名称、型号、规格、精度等级及检验日期等。

C.2.4 试验项目

试验项目名称、试验条件。

C.2.5 试验方法

试验方法及有关标准代号,名称。

C.2.6 试验结果

分别列出必要的原始数据和经整理得出的结果,对试验结果进行必要的分析和讨论。

C.2.7 结论

结论要科学、真实、可靠。对试验样机性能、指标和技术参数按有关技术文件进行认真评价,并对试验过程中所发生的问题进行分析,提出改进意见和建议。

C.3 其他

报告中一般应附有试验照片。

试验发生中断或重要故障时,应在报告中明确中断原因,继续试验的时间和情况。重要故障应较详细地说明情况和处理办法。

