

团 体 标 准

T/CASMES 288—2024

风力发电机组 变桨驱动器 第 1 部分：技术
要求

Wind turbine pitch drives - Part 1: Technical requirements

2024 - 03 - 01 发布

2024 - 03 - 03 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 技术要求	2
5.1 一般工作条件	2
5.2 外观结构	3
5.3 功能要求	3
5.4 性能要求	5
5.5 电气安全	6
5.6 与主控系统协调控制	6
5.7 耐久（温升）	6
5.8 环境适应性	6
5.9 电磁兼容性	9
6 标志、包装、运输和贮存	9
6.1 标志	9
6.2 包装	9
6.3 运输	9
6.4 贮存	9
参考文献	11

前 言

本文件按照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专利的责任。

本文件由重庆科凯前卫电气有限公司提出。

本文件由中国中小企业协会归口。

本文件起草单位：重庆科凯前卫电气有限公司、重庆前卫科技集团有限公司、宝光鸿瑞（北京）新材料科技有限公司、通华大数据科技（烟台）有限公司。

本文件主要起草人：刘行中、凌静、陈柳竹、唐显虎、刘志祥、夏桂森、徐键、廖川、徐连素、白云坤、周畅、罗圣杰、胥世强、敬利华、李俊锡、刘田雷、唐宁。

风力发电机组 变桨驱动器 第1部分：技术要求

1 范围

本文件规定了风力发电机组 变桨驱动器（以下简称“驱动器”）的技术要求、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于风力发电机组的变桨驱动器。

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 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.33 电工术语 电力电子技术

GB/T 2900.53 电工术语 风力发电机组

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡

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

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.33、GB/T 2900.53 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

驱动滞后 drive hysteresis

驱动器从给定位置增量开始到电机速度值开始增加的时间差。

3.2

正反转速率差 positive and negative speed difference

驱动器稳定运行期间正转和反转的实际转速平均值之差与正转和反转的实际转速平均值之和的比值。

[来源：GB/T 16439—2009, 3.8, 有修改]

3.3

负载变化转速调整率 load change speed adjustment rate

驱动器转速稳定期间空载时的转速平均值和额定负载时的转速平均值之差与空载时的转速平均值的比值。

[来源：JB/T 10184—2014, 3.7, 有修改]

3.4

转速波动率 speed fluctuation rate

驱动器转速稳定期间最大值与最小值之差与最大值与最小值之和的比值。

3.5

转速超调量 speed overshoot

驱动器转速上升期间转速最大值与转速稳定期间平均值之差与转速稳定期间平均值的比值。

3.6

转矩变化转速瞬态偏差 transient deviation of torque change speed

驱动器施加额定转矩过程中转速最大偏差量（转速最大值与设定转速的差值、转速最小值与设定转速的差值，这两个差值的最大值）与转速稳定期间转速平均值的比值。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ARM: 进阶精简指令集机器 (Advanced RISC Machine)

DSP: 数字信号处理器 (Digital Signal Processor)

EFC: 紧急顺桨 (Emergency Feather Command)

ENPO: 使能功率输出 (Enable Power Out)

FVC: 有速度传感器矢量控制 (Field Vector Control)

IGBT: 绝缘栅双极晶体管 (Insulate-Gate Bipolar Transistor)

MCU: 微控制单元 (Microcontroller Unit)

PC: 个人计算机 (Personal Computer)

PLC: 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)

SVC: 无速度传感器矢量控制 (Sensorless Vector Control)

5 技术要求

5.1 一般工作条件

5.1.1 环境条件

环境条件包括:

- a) 工作温度: $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 存储温度: $-45\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) 相对湿度: 小于或等于 95%, 无凝露;
- d) 海拔高度: 小于或等于 3 000 m (超过 3 000 m 时, 降容使用)。

5.1.2 电源要求

5.1.2.1 交流电源要求

交流电源要求包括:

- a) 电源电压: $3\times 400\text{ VAC}\pm 10\%$;
- b) 电源频率: $50\text{ Hz}\pm 10\%$;

- c) 不平衡度：应不超过 2%，短时不应超过 4%（详见 GB/T 15543—2008 第 4 章的规定）；
- d) 电源谐波：电源波形为正弦波，总谐波含量不超过 5%。

5.1.2.2 直流电源要求

直流电源要求包括：

- a) 电源电压：24V；
- b) 允许电压偏差：-15%~+10%；
- c) 纹波系数：应小于 5%。

注：直流供电仅用于冗余，不是驱动器工作必须条件。

5.2 外观结构

- 5.2.1 驱动器表面及结构零部件不应有锈蚀、碰伤、划痕、变形和涂覆层剥落现象。
- 5.2.2 驱动器的标牌和铭牌应粘贴牢固、光滑平整、无气泡及皱皮脱皮现象，字迹应清晰。
- 5.2.3 驱动器的紧固件、接线端应牢固、完整无损。

5.3 功能要求

5.3.1 外部 24 V 供电

- 5.3.1.1 在不接入交流电源，只接入外部 24 VDC 电源的情况下，驱动器控制器应能正常启动工作，驱动器“运行”指示灯应闪烁，驱动器数码管应能显示故障代码。
- 5.3.1.2 DSP 处理器的电机监控功能调试软件（以下简称“DSP 调试软件”）应能正常联机，观察 IGBT 温度应显示为室温，通过 DSP 调试软件应能读取 MCU 软件版本。
- 5.3.1.3 ARM 处理器的变桨系统监控功能调试软件（以下简称“ARM 调试软件”）应能正常联机，执行一次时间同步后，时间能同步到 PC 机并正常运行，通过 ARM 调试软件应能读取 DSP 软件版本号、ARM 软件版本号。

5.3.2 数字输入、输出

- 5.3.2.1 各数字输入端口的状态与输入的电平应相适应。
- 5.3.2.2 各数字输出端口的实际输出电压与输出的电平应相适应。

5.3.3 半控整流

启动半控整流后，直流母线电压应上升，实际直流母线电压与显示值相差应不超过 $\pm 2\%$ ，实际电网电压与显示值相差应不超过 $\pm 2\%$ 。关闭半控整流后，直流母线电压应逐渐降低到约 0 V。

5.3.4 超级电容充放电

启动超级电容充电后，超级电容开始充电。启动超级电容放电后，超级电容电压应逐渐降低，同时散热器风扇启动。超级电容实际电压与显示值相差应不超过 2%。

5.3.5 母线放电

启动母线放电后，直流母线电压应快速降低被动放电停止电压。

5.3.6 同步电机动态参数辨识

同步电机动态参数辨识结果包含定子电阻、同步电机 D 轴电感、同步电机 Q 轴电感、同步电机反电动势系数、电机电枢接线顺序、旋变零点位置角。其中定子电阻、同步电机 D 轴电感、同步电机 Q 轴电感与电机设计值相差应不超过 $\pm 20\%$ ；同步电机反电动势系数与电机设计值相差应不超过 $\pm 2\%$ ；电机电枢接线顺序辨识应正确；旋变零点位置角与电机设计值相差应不超过 $\pm 5^\circ$ 。

5.3.7 同步电机控制

5.3.7.1 SVC 控制

在各设定频率点，执行电机正转、反转，电机应能平稳运行，执行减速停车，电机应能平稳减速到 0。电机平稳运行期间，电机转速应与给定频率相适应。

5.3.7.2 FVC 控制

在各设定频率点，执行电机正转、反转，电机应能平稳运行，执行减速停车，电机应能平稳减速到 0。电机平稳运行期间，电机转速应与给定频率相适应。

5.3.8 速度位置控制

5.3.8.1 速度控制

速度控制模式下，加速完成后实际速度与设定速度应基本一致，波动应不超过 $0.02^\circ /s$ 。

5.3.8.2 位置控制

位置控制模式下，加速完成后实际速度与设定速度应基本一致，波动应不超过 $0.05^\circ /s$ 。到达给定位置后，电机应停止，给定位置与实际位置之差应不超过 0.01° 。

5.3.9 角度校零

执行角度校零命令后，实际角度应立即变为 0。

5.3.10 角度掉电保存

重启电源后，叶片角度与关闭电源前的叶片角度应一致。

5.3.11 接近开关校准

接近开关校准完成后，调试软件中“角度效验完成”指示灯应点亮，接近开关校准结果值应与接近开关触发时的叶片角度值一致。

5.3.12 叶片角度来回运转

试验期间电机运行应平稳，角度应能在参数设定的最小角度和最大角度之间运行，实际速度与设定速度应一致。

5.3.13 点动

将手动开关置正转，电机应开始顺时针旋转，变桨速度为 $1^\circ /s$ 。将手动开关置反转，电机应开始顺时针旋转，变桨速度为 $1^\circ /s$ 。将手动开关置复位，电机应减速停车。

5.3.14 故障电压穿越

5.3.14.1 低电压穿越

交流输入断开 3 s 内电机应能正常运行，驱动器应不报告故障。

5.3.14.2 高电压穿越

交流输入电压升高至不超过 520 V，3 s 内电机应能正常运行，驱动器应不报告故障。

5.3.15 紧急停机

断开 ENPO，电机应能立即停止运行。

5.3.16 安全顺桨

5.3.16.1 一般故障顺桨

在发生一般故障时（如电机过温），驱动器应能自动完成安全顺桨。

5.3.16.2 EFC 顺桨

在紧急顺桨功能发生故障时，驱动器应能自动完成安全顺桨。

5.3.16.3 电网掉电顺桨

在主电源掉电或低于限值门限时，驱动器应能自动完成安全顺桨。

5.3.16.4 编码器故障顺桨

在旋转变压器发生故障时，驱动器应能自动完成安全顺桨。

5.3.16.5 通讯故障顺桨

在驱动器与主控系统发生故障时，驱动器应能自动完成安全顺桨。

5.4 性能要求

5.4.1 电机空载运行

空载运行时，电机电流应小于 3 A。

5.4.2 电机额定负载运行

电机实际扭矩应不超过施加扭矩的 $\pm 10\%$ ，电机实际电流应不超过施加扭矩所对应电机电流的 ± 3 A。

5.4.3 电机最大负载运行

施加 2.5 倍额定扭矩时，驱动器应工作正常，不报告故障。电机实际扭矩应不超过施加扭矩的 $\pm 10\%$ ，电机实际电流应不超过施加扭矩所对应电机电流的 ± 3 A。

5.4.4 电网掉电加载顺桨

断开交流供电后 3 s，驱动器应报告“主电源掉电或低于限制门限”，驱动电机顺桨到 90° 后停止。放电效率应不低于 70%。

5.4.5 位置控制精度和过冲

位置过冲应不超过 0.02° ，位置控制精度应不超过 0.01° 。

5.4.6 驱动滞后

应不超过 120 ms。

5.4.7 正反转速率差

应不大于 0.05%。

5.4.8 负载变化转速调整率

应不大于 0.04%。

5.4.9 转速波动率

应不大于 0.2%。

5.4.10 转速超调量

应小于 5%。

5.4.11 转矩变化转速瞬态偏差

应小于 5%。

5.5 电气安全

5.5.1 绝缘电阻

驱动器绝缘电阻应大于 1 MΩ。

5.5.2 介电强度

驱动器应能经受交流（50 Hz）电压有效值 2 000 V 持续 1 min 的介电强度试验，无击穿、闪络及飞弧现象。

5.6 与主控系统协调控制

驱动器应能接收主控 PLC 的速度、加速度、位置指令，控制变桨电机以给定速度、加速度运行到给定位置。并能接受主控 PLC 的紧急顺桨、故障复位等指令以及向主控 PLC 发送驱动器的状态信息等。

5.7 耐久（温升）

驱动器在额定工况下连续运行 72 h，应保持正常运行，不报告故障，各部件温升应正常，不应出现超温报警。

5.8 环境适应性

5.8.1 气候环境适应性

5.8.1.1 高低温

在表 1 规定条件下进行高低温试验，运行期间，驱动器应能驱动电机正常工作，应能给超级电容正常充电，交流电源关闭时，驱动器应能利用超级电容储驱动电机正常工作。整个运行期间，驱动器不应报告故障。

表1 高低温试验条件

试验项目	试验内容	指标
低温试验	温度	先降温至 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，2 h 后升温至 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$
	温度变化速率	$\leq 1\text{ K/min}$
	驱动器状态	升温至 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后，通电并驱动电机以 $2^{\circ}/\text{s}$ 的速度运转
高温试验	温度	先降温至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，2 h 后降温至 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$
	温度变化速率	$\leq 1\text{ K/min}$
	驱动器状态	降温至 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后，通电并驱动电机以 $2^{\circ}/\text{s}$ 的速度运转

5.8.1.2 恒定湿热

在表 2 规定条件下进行恒定湿热试验，运行期间，驱动器应能驱动电机正常工作，应能给超级电容正常充电，交流电源关闭时，驱动器应能利用超级电容驱动电机正常工作。整个运行期间，驱动器不应报告故障。试验过程中，控制驱动器表面应无凝露。

表2 恒定湿热试验条件

试验项目	试验内容	指标	
恒定湿热试验	温度	升温至 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$	降温至 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
	温度变化速率	$\leq 1\text{ K/min}$	$\leq 1\text{ K/min}$
	环境相对湿度	95%	30%
	驱动器状态	通电并驱动电机以 $2^{\circ}/\text{s}$ 的速度运转	不通电

5.8.1.3 温度冲击

经受表 3 规定条件下的温度冲击试验，试验后将驱动器放到恢复至室温 1 h，并将驱动器通电并驱动电机以 $2^{\circ}/\text{s}$ 的速度运转。试验期间驱动器应无故障，电机应正常运行。试验后应结构完好、正常工作无异常现象。

表3 温度冲击试验条件

试验项目	试验内容	指标
温度冲击试验	温度	低温 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，高温 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$
	持续时间	高低温各 2 h
	温度变化速率	$(5+1)\text{ K/min}$
	温度转换时间	$\leq 1\text{ min}$
	测试循环	2
	驱动器状态	不通电

5.8.2 机械环境适应性

5.8.2.1 振动适应性

经受表 4 规定条件下振动试验，试验期间驱动器应无故障，电机应正常运行。试验后应结构完好、正常工作无异常现象。

表4 振动试验条件

试验项目	试验内容	指标
振动响应试验	振动轴线	X、Y、Z 三轴
	频率范围	10 Hz~150 Hz, 交越频率 58 Hz~62 Hz
	振动强度	交越频率以下位移振幅 0.075 mm, 交越频率以上峰值加速度 10 m/s ²
	持续时间	每个方向 1 次扫频循环(往返一次), 每次 8 min 共 24 min
	通电要求	系统通电, 电机以 2°/s 的速度运转
振动耐受试验	振动轴线	X、Y、Z 三轴
	频率范围	10 Hz~150 Hz, 交越频率 58 Hz~62 Hz
	振动强度	峰值加速度 10 m/s ²
	持续时间	每个方向 20 次扫频循环(往返一次), 每次 8 min 共 480 min
	通电要求	不通电

5.8.2.2 冲击适应性

经受表 5 规定条件下冲击试验, 试验期间驱动器应无故障, 电机应正常运行。试验后应结构完好、正常工作无异常现象。

表5 冲击试验条件

试验项目	试验内容	指标
冲击响应试验	轴线	X、Y、Z 三轴(正负)
	脉冲量	每个方向 3 次脉冲, 脉冲持续时间 11 ms
	强度	峰值加速度 49 m/s ²
	通电要求	系统通电, 电机以 2°/s 的速度运转
冲击耐久试验	轴线	X、Y、Z 三轴(正负)
	脉冲量	每个方向 3 次脉冲, 脉冲持续时间 11 ms
	强度	峰值加速度 149 m/s ²
	通电要求	不通电

5.8.2.3 碰撞适应性

经受表 6 规定条件下碰撞试验, 试验期间驱动器应无故障, 电机应正常运行。试验后应结构完好、正常工作无异常现象。

表6 碰撞试验条件

试验项目	试验内容	指标
碰撞试验	轴线	X、Y、Z 三轴(正负)
	碰撞次数	每个方向 1 000 次, 共 6 000 次
	脉冲波形	半正弦波形
	脉冲持续时间	16 ms
	峰值加速度	10 m/s ²
	碰撞频率	60 次/min
	通电要求	不通电

5.9 电磁兼容性

5.9.1 静电放电抗扰度

应能承受 GB/T 17626.2—2018 中第 5 章规定的严酷等级 3 级的静电放电抗扰度试验。

5.9.2 射频电磁场辐射抗扰度

应能承受 GB/T 17626.3—2016 中第 5 章规定的严酷等级 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

5.9.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

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

5.9.4 浪涌（冲击）抗扰度

应能承受 GB/T 17626.5—2019 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

5.9.5 射频场感应的传导骚扰的抗扰度

应能承受 GB/T 17626.6—2017 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的射频场感应的传导骚扰的抗扰度试验。

6 标志、包装、运输和贮存

6.1 标志

产品标志应符合 GB/T 13384 的规定，主要包括：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 产品序列号；
- d) 厂家名称；
- e) 商标；
- f) 产品电气参数；
- g) 产品制造年、月。

6.2 包装

6.2.1 产品包装应符合 GB/T 13384 的有关规定，并根据实际情况考虑防水、防潮、防腐等要求。

6.2.2 包装箱内应附有产品质量合格证书、装箱单、备件和附件清单。

6.3 运输

6.3.1 运输期间环境温度范围为 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，月平均相对湿度不大于 95%，应防止凝露和霜冻。

6.3.2 整体运输时，应采取防震措施，保证包装物的完好无损，保护所有组部件，避免碰伤、雨淋和有害气体的侵蚀。

6.3.3 带包装运输时，包装箱外面应有“小心轻放”“不准倒置”等标志和符号。

6.4 贮存

贮存期间环境温度范围为 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，月平均相对湿度不大于 95%，应防止凝露和结冻。应贮存在清洁、干燥的库房内，避免温度剧变、高湿度及尘埃。

参 考 文 献

- [1] GB/T 16439—2009 交流伺服系统通用技术条件
 - [2] JB/T 10184—2014 交流伺服驱动器通用技术条件
-

全国团体标准信息平台