

norma española

UNE-EN 61400-23

Diciembre 2014

TÍTULO

Aerogeneradores

Parte 23: Ensayos estructurales de palas a escala real

Wind turbines. Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades.

Éoliennes. Partie 23: Essais en vraie grandeur des structures des pales de rotor.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61400-23:2014, que a su vez adopta la Norma Internacional IEC 61400-23:2014.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 206 *Producción de energía eléctrica* cuya Secretaría desempeña UNESA.

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 61400-23

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 36139:2014

© AENOR 2014
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

48 Páginas

Índice

Prólogo.....	8
Introducción.....	10
1 Objeto y campo de aplicación	11
2 Normas para consulta	11
3 Términos y definiciones.....	11
4 Notación.....	14
4.1 Símbolos	14
4.2 Símbolos griegos	15
4.3 Índices.....	15
4.4 Sistemas de coordenadas.....	15
5 Principios generales.....	16
5.1 Propósito de los ensayos	16
5.2 Estados límite	17
5.3 Limitaciones prácticas.....	17
5.4 Resultados del ensayo.....	18
6 Documentación y procedimientos para el ensayo de la pala	18
7 Programa de ensayo de la pala y planes de ensayo.....	19
7.1 Áreas de ensayo.....	19
7.2 Programa de ensayo	19
7.3 Planes de ensayo	19
7.3.1 Generalidades	19
7.3.2 Descripción de la pala.....	19
7.3.3 Condiciones de carga.....	20
7.3.4 Instrumentación.....	20
7.3.5 Resultados de ensayo esperados	20
8 Factores de carga para ensayo.....	20
8.1 Generalidades	20
8.2 Factores parciales de seguridad utilizados en el diseño.....	21
8.2.1 Generalidades	21
8.2.2 Factores parciales en materiales.....	21
8.2.3 Factores parciales para las consecuencias de los fallos	21
8.2.4 Factores parciales de cargas	21
8.3 Factores de la carga de ensayo	21
8.3.1 Variación de pala a pala.....	21
8.3.2 Posibles errores en la formulación de fatiga	22
8.3.3 Condiciones ambientales	22
8.4 Aplicación de factores de carga para obtener la carga objetivo	22
9 Carga de ensayo y evaluación de la carga de ensayo.....	23
9.1 Generalidades	23
9.2 Influencia de la introducción de la carga.....	24
9.3 Ensayo de carga estática	24
9.4 Ensayo de carga de fatiga	25
10 Requisitos de ensayo.....	25
10.1 Generalidades	25

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 61400-23

10.1.1	Registros del ensayo.....	25
10.1.2	Calibración de la instrumentación	26
10.1.3	Incertidumbres de medida	26
10.1.4	Soporte de la raíz y requisitos de la posición en el ensayo	26
10.1.5	Medida de condiciones ambientales	26
10.1.6	Correcciones deterministas.....	27
10.2	Ensayo estático.....	27
10.2.1	Generalidades	27
10.2.2	Ensayo de carga estática	27
10.2.3	Medida de la deformación	27
10.2.4	Mediciones de deflexión	28
10.3	Ensayo de fatiga	28
10.4	Otros ensayos de propiedades de la pala	28
10.4.1	Masa y centro de gravedad de la pala.....	28
10.4.2	Frecuencias naturales.....	28
10.4.3	Ensayos de propiedades de la pala opcionales	29
11	Evaluación de los resultados del ensayo	29
11.1	Generalidades	29
11.2	Fallo catastrófico	29
11.3	Deformación permanente, pérdida de rigidez o variación en otras propiedades de la pala.....	30
11.4	Daño superficial	30
11.5	Evaluación del fallo	30
12	Presentación de informes	31
12.1	Generalidades	31
12.2	Contenido del informe de ensayo	31
12.3	Evaluación del ensayo con relación a los requisitos de diseño	31
Anexo A (Informativo)	Líneas directrices para la necesidad de renovar los ensayos estáticos y de fatiga.....	32
Anexo B (Informativo)	Áreas a ensayar.....	33
Anexo C (Informativo)	Efectos de las deflexiones grandes y las direcciones de las cargas.....	34
Anexo D (Informativo)	Formulación de la carga de ensayo	35
D.1	Carga objetivo estática.....	35
D.2	Carga objetivo de fatiga	35
D.3	Ubicación axial-única, única secuencial.....	38
D.4	Ubicación única multiaxial	38
Anexo E (Informativo)	Diferencias entre las condiciones de diseño y de carga del ensayo	40
E.1	Generalidades	40
E.2	Introducción de la carga	40
E.3	Momentos de flexión y de cizalladura.....	40
E.4	Combinaciones de direcciones en alerón y en vaivén (avance-retardo)	41
E.5	Cargas radiales	41
E.6	Cargas de torsión.....	41
E.7	Condiciones de entorno	41
E.8	Espectro y secuencia de la carga de fatiga.....	41
Anexo F (Informativo)	Determinación del número de ciclos de carga para los ensayos por fatiga	42
F.1	Generalidades	42
F.2	Antecedentes	42
F.3	Enfoque utilizado.....	42

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 61400-23

Bibliografía.......... 47

Figura 1 – Sistemas de coordenadas en sentido de la cuerda (de plano, de canto)	16
Figura 2 – Sistemas de coordenadas del rotor (de alerón, de canto).....	16
Figura C.1 – Efectos de la aplicación de las cargas debido a la deformación y la angulación de la pala	34
Figura D.1 – Trazado polar de la envolvente de la carga de una pala típica	35
Figura D.2 – Factor de deformación por fatiga (FSF) de diseño	37
Figura D.3 – Área donde el FSF de diseño es menor que 1,4 (área crítica)	37
Figura D.4 – rFSF y áreas críticas, ensayo axial-único secuencial.....	38
Figura D.5 – rFSF y áreas críticas, ensayo axial-único secuencial.....	39
Figura E.1 – Diferencia de la distribución del momento para cargas objetivo y de ensayo real	40
Figura F.1 – Diagrama de Goodman simplificado.....	43
Figura F.2 – Factor de carga de ensayo γ_{ef} para un número diferente de ciclos de carga en el ensayo	46
Tabla 1 – Valores recomendados para γ_{ef} para diferentes números de ciclos de carga	22
Tabla A.1 – Ejemplos de situaciones que específicamente requieren o no nuevos ensayos.....	32
Tabla F.1 – Valores recomendados para γ_{ef} para un número diferente de ciclos de carga	42
Tabla F.2 – Valores recomendados ampliados para γ_{ef} para un número diferente de ciclos de carga	45

1 Objeto y campo de aplicación

Esta parte de la Norma IEC 61400 define los requisitos para los ensayos estructurales de las palas de rotor de aerogeneradores a escala real y para la interpretación y evaluación de los resultados de ensayo conseguidos. La norma se concentra en los aspectos del ensayo relativos a una evaluación de la integridad de la pala para su utilización por los fabricantes e investigadores independientes.

En esta norma se consideran los ensayos siguientes:

- ensayos de carga estática;
- ensayos de fatiga;
- ensayos de carga estática después de ensayos de fatiga;
- ensayos para determinar otras propiedades de las palas.

El propósito de los ensayos es confirmar con un nivel de probabilidad aceptable que todos los ejemplares de un tipo de pala cumplen las hipótesis de diseño.

Se asume que los datos requeridos para definir los parámetros de los ensayos están disponibles y se basan en la norma para requisitos de diseño de los aerogeneradores tales como la Norma IEC 61400-1 o equivalente. Las cargas de diseño y los datos del material de la pala se consideran puntos de partida para establecer y evaluar las cargas de ensayo. La evaluación de las cargas de diseño con respecto a las cargas reales en los aerogeneradores está fuera del campo de aplicación de esta norma.

En el momento en el que se escribió esta norma, los ensayos a escala real se llevaron a cabo sobre palas de aerogeneradores de eje horizontal. Las palas estaban construidas principalmente de plástico reforzado con fibra y madera/epoxy. Sin embargo, la mayoría de los principios serían aplicables a aerogeneradores de cualquier configuración, tamaño y material.

2 Normas para consulta

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son normas para consulta indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluyendo cualquier modificación de ésta).

IEC 60050-415:1999, *Vocabulario Electrotécnico Internacional. Parte 415: Aerogeneradores.*

IEC 61400-1:2005, *Aerogeneradores. Parte 1: Requisitos de diseño.*

ISO/IEC 17025:2005, *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.*

ISO 2394:1998, *Principios generales de fiabilidad para estructuras.*