



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Wind energy generation systems –
Part 8: Design of wind turbine structural components**

**Systèmes de génération d'énergie éolienne –
Partie 8: Conception des composants structurels des éoliennes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-9063-7

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	10
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 Symbols and abbreviated terms	12
4 Reliability considerations	14
4.1 Approaches to reliability based design	14
4.2 Models and basic variables for structural verification	16
4.2.1 Reliability assessment	16
4.2.2 Material properties.....	16
4.3 Partial safety factors and reliability targets.....	16
5 Application of loads and analysis models.....	17
5.1 Loads models	17
5.2 Analysis model.....	17
5.2.1 General	17
5.2.2 Load path modelling	17
5.2.3 Application of load components	17
5.2.4 Boundary conditions	18
5.3 Modelling of nonlinear mechanical behaviour	18
5.3.1 General	18
5.3.2 Nonlinear stress effects	18
5.3.3 Application of ultimate loads	18
5.3.4 Application of fatigue loads.....	18
5.4 Partial safety factors	19
5.5 Partial safety factor for resistance.....	21
5.6 Nacelle and hub component considerations	22
5.6.1 General	22
5.6.2 Hub structure and bolts.....	22
5.6.3 Nacelle front structure (alternatively: mechanical drive-train structure)	23
5.6.4 Gearbox structure.....	23
5.6.5 Yaw structure	23
5.6.6 Nacelle rear structure	24
5.6.7 Nacelle cover and spinner	24
6 Deflection analysis	24
7 Strength verification.....	25
7.1 General.....	25
7.2 Determination of stress and strain.....	25
7.3 Material properties	25
7.3.1 Material data	25
7.3.2 Influence of size	26
7.4 Static strength assessment	26
7.4.1 Assessment process.....	26
7.4.2 Cast, forged and steel components.....	26
7.4.3 Welded structures.....	28

7.4.4	Bolted joints.....	28
7.4.5	Fibre reinforced material.....	29
7.5	Fatigue strength assessment	29
7.5.1	Fatigue strength methods	29
7.5.2	Determination of local stresses.....	29
7.5.3	Stress hypothesis for fatigue	29
7.5.4	S/N curves.....	30
7.5.5	Influence on fatigue strength	30
7.5.6	Partial safety factors for fatigue	31
7.5.7	Damage accumulation	32
7.5.8	Bolted joints.....	33
7.5.9	Fibre reinforced material.....	33
7.6	Fracture mechanics assessment.....	33
7.6.1	General	33
7.6.2	Define objective.....	34
7.6.3	Material parameter	34
7.6.4	Defect model	35
7.6.5	Structural model	36
7.6.6	Loading	36
7.6.7	Strength assessment	37
7.7	Fracture mechanics-based design.....	40
8	Material data for design from testing.....	41
8.1	Qualification of material	41
8.2	Derivation of static strength and impact energy properties (base material).....	41
8.3	Derivation of fatigue strength properties (base material)	41
8.4	Welded joints	42
8.5	Cast, forged and steel.....	42
8.5.1	Derivation of static strength properties.....	42
8.5.2	Fracture toughness.....	42
8.5.3	Derivation of fatigue strength properties	43
8.6	Bolts	44
8.7	Nacelle cover	44
9	Model verification and validation.....	44
Annex A (informative)	Model verification and validation methods	46
A.1	General.....	46
A.2	Verification.....	46
A.3	Validation (laboratory testing)	46
A.4	Validation (field testing)	46
Annex B (informative)	Welded joint stresses	47
Annex C (informative)	S-N curve determination by test, statistical evaluation and influencing factors.....	48
C.1	General.....	48
C.2	S-N curve.....	48
C.3	Specimens	48
C.4	Test procedure.....	48
C.4.1	General	48
C.4.2	Finite lifetime	49
C.4.3	Long life fatigue regime	49

C.5	Influencing factors of S-N curve	49
Annex D (informative)	Limit state equations	50
D.1	General.....	50
D.2	Yielding failure.....	50
D.3	Fatigue limit state equation	51
D.4	Fatigue assessment based on fracture mechanics	55
Annex E (informative)	Load effect uncertainty computation	58
Annex F (informative)	Considerations for structural elements.....	60
F.1	General.....	60
F.2	Global and local failures	60
F.3	Mean stress influence	61
Bibliography	63
Figure 1	– Illustration of a nacelle structure, where for example a direct drive generator is mounted behind the hub.....	22
Figure 2	– Idealized elastic plastic stress-strain curve	27
Figure 3	– Representative S /N curve	30
Figure 4	– Fracture mechanics calculation – process flow chart.....	34
Figure 5	– Idealized crack types	35
Figure 6	– Failure assessment diagram (FAD)	37
Figure 7	– Crack growth under cyclic loading by Paris/Erdogan	39
Figure 8	– Crack propagation and critical crack length in failure assessment diagram.....	40
Figure B.1	– Fatigue analysis procedure for the weld toe	47
Figure D.1	– Haigh diagram with R_e as the yield stress and R_m as the tensile limit.....	53
Figure E.1	– Model example	58
Figure F.1	– Locations of failure for local (A) and global (B) failure	60
Figure F.2	– Local and global failure for two different notch radii	61
Figure F.3	– Haigh-diagram for evaluation of mean stress influence	61
Table 1	– Component classes as in IEC 61400-1:2019	17
Table 2	– List of potential sources for modelling deviations.....	20
Table 3	– Modelling partial safety factor $\gamma_{\text{modelling}}$: yielding where coefficient of variation of yield strength is less than 15 %.....	20
Table 4	– Modelling partial safety factor, $\gamma_{\text{modelling}}$: fatigue of welded details and cast iron	21
Table 5	– Minimum resistance partial safety factors, γ_M , for welded steel for different survival probabilities of the characteristic S-N curve	21
Table 6	– Minimum resistance partial safety factors γ_M , for cast iron, forged and steel components (if not utilizing relevant design standards such as EN 1993-1-9) for different survival probabilities of the characteristic S-N curve.....	21
Table 7	– Partial safety factors γ_M for S/N-curves of cast iron materials.....	32
Table D.1	– Representative stochastic model for fatigue analysis of cast iron	55
Table E.1	– Test cases combination.....	58
Table E.2	– Result comparison validation vs simplified models and ratio δ_{mf} calculation	59

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 8: Design of wind turbine structural components

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61400-8 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
88/1010/FDIS	88/1023/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of the IEC 61400 series, under the general title: *Wind energy generation systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This part of the IEC 61400 series outlines the minimum requirements for the design of wind turbine nacelle-based structures and is not intended for use as a complete design specification or instruction manual.

Several different groups can be responsible for undertaking the various elements of the design, manufacture, assembly, installation and maintenance of a wind turbine nacelle and for ensuring that the requirements of this document are met. The division of responsibilities between these parties is a contractual matter and is outside the scope of this document.

The requirements stated in this document may be altered if it can be sufficiently demonstrated that the structural integrity of the system is not compromised.

The specific scope of the document is provided in Clause 1. For cases out of the scope of this document, reference should be made to relevant IEC/ISO standards.

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 8: Design of wind turbine structural components

1 Scope

This part of IEC 61400 outlines the minimum requirements for the design of wind turbine nacelle-based structures and is not intended for use as a complete design specification or instruction manual. This document focuses on the structural integrity of the structural components constituted within and in the vicinity of the nacelle, including the hub, mainframe, main shaft, associated structures of direct-drives, gearbox structures, yaw structural connection, nacelle enclosure. It also addresses connections of the structural components to control and protection mechanisms, as well as structural connections of electrical units and other mechanical systems. This document focuses primarily on ferrous material-based nacelle structures but can apply to other materials also as appropriate. The design of bolted and welded joints in the nacelle structures is included, as well as cast and forged components. Material testing requirements to use in the design process for nacelle structures are specified. While the structural connections of the gearbox and the main shaft are in the scope, the design of the gears and bearings are not included.

The safety level of the wind turbine designed according to this document shall be at or exceed the level inherent in IEC 61400-1:2019. Probabilistic methods to calibrate partial safety factors and for use in the design process are provided.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61400-1:2019, *Wind energy generation systems – Part 1: Design requirements*

IEC 61400-3-1:2019, *Wind energy generation systems – Part 3: Design requirements for fixed offshore wind turbines*

IEC TS 61400-3-2:2019, *Wind energy generation systems – Part 3-2: Design requirements for floating offshore wind turbines*

IEC 61400-5:2020, *Wind energy generation systems – Part 5: Wind turbine blades*

IEC 61400-6:2020, *Wind energy generation systems – Part 6: Tower and foundation design requirements*

IEC 61400-13:2015, *Wind turbines – Part 13: Measurement of mechanical loads*

ISO/IEC 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO 148-1:2016, *Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 1: Test method*

ISO 945-1:2019, *Microstructure of cast irons – Part 1: Graphite classification by visual analysis*

ISO 1083:2018, *Spheroidal graphite cast irons – Classification*

ISO 1099:2017, *Metallic materials – Fatigue testing – Axial force-controlled method*

ISO 1143:2021, *Metallic materials – Rotating bar bending fatigue testing*

ISO 2394:2015, *General principles on reliability for structures*

ISO 3800:1993, *Threaded fasteners – Axial load fatigue testing – Test methods and evaluation of results*

ISO 6892-1:2019, *Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 7500-1:2018, *Metallic materials – Calibration and verification of static uniaxial testing machines – Part 1: Tension/compression testing machines – Calibration and verification of the force-measuring system*

ISO 12107:2012, *Metallic materials – Fatigue testing – Statistical planning and analysis of data*

ISO 12108:2018, *Metallic materials – Fatigue testing – Fatigue crack growth method*

ISO 12135:2021, *Metallic materials – Unified method of test for the determination of quasistatic fracture toughness*

ISO/TR 14345:2012, *Fatigue – Fatigue testing of welded components – Guidance*

ISO 16269-6:2014, *Statistical interpretation of data – Part 6: Determination of statistical tolerance intervals*

ASTM-E466-21:2021, *Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials*

BS 7910:2013, *Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures*

CEN/TS 16415:2013, *Personal fall protection equipment – Anchor devices – Recommendations for anchor devices for use by more than one person simultaneously*

EN 1090-2:2018, *Execution of steel structures and aluminium structures – Part 2: Technical requirements for steel structures*

EN 1090-3:2019, *Execution of steel structures and aluminium structures – Part 3: Technical requirements for aluminium structures*

EN 1369:2012, *Founding – Magnetic particle testing*

EN 1369:1996, *Founding – Magnetic particle inspection*

EN 1371-1:2011, *Founding – Liquid penetrant testing – Part 1: Sand, gravity die and low pressure die castings*

EN 1371-1:1997, *Founding – Liquid penetrant inspection – Part 1: Sand, gravity die and low pressure die castings*

EN 1993-1-8:2007, *Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints*

EN 1993-1-9:2007, *Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue*

EN 1993-1-10:2007, *Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties*

EN 1999-1-1:2008, *Eurocode 9: Design of aluminium structures – Part 1-1: General structural rule*

EN 1999-1-3:2007, *Eurocode 9: Design of aluminium structures – Part 1-3: Structures susceptible to fatigue*

EN 12680-3:2011, *Ultrasonic examination – Part 3: Spheroidal graphite cast iron castings*

EN 50308:2004, *Wind turbines – Protective measures – Requirements for design, operation and maintenance*

DIN 50100:2016, *Load controlled fatigue testing – Execution and evaluation of cyclic tests at constant load amplitudes on metallic specimens and components*

FKM Guideline, *Fracture Mechanics Proof of Strength for Engineering Components, 2018 (FKM – RBM-04-18)*

IIW-Doc. 2259-152259-15, *Hobbacher A., Recommendations for fatigue design of welded joints and components, International Institute of Welding, 2014*

IIW-Doc. XIII-2240r2-08/XV-1289r2-08, *Fricke W., Guideline for the Fatigue Assessment by Notch Stress Analysis for Welded Structures, 2010*

VDI 2230-1:2015, *Systematic calculation of highly stressed bolted joints – Joints with one cylindrical bolt*

VDI 2230-2:2014, *Systematic calculation of high duty bolted joints – Joints with several cylindrical bolts*

VDMA 23902:2014, *Guideline for fracture mechanical strength assessment of planet carriers made of nodular cast iron EN-GJS-700-2 for wind turbine gear boxes, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	70
INTRODUCTION.....	72
1 Domaine d'application	73
2 Références normatives.....	73
3 Termes, définitions, symboles et abréviations.....	76
3.1 Termes et définitions	76
3.2 Symboles et abréviations	78
4 Considérations relatives à la fiabilité	80
4.1 Approches de conception fondée sur la fiabilité	80
4.2 Modèles et variables de base pour la vérification structurelle.....	82
4.2.1 Évaluation de la fiabilité.....	82
4.2.2 Propriétés du matériau	82
4.3 Facteurs de sécurité partielle et fiabilité cible.....	82
5 Application des modèles de charges et d'analyse	83
5.1 Modèles de charges.....	83
5.2 Modèle d'analyse	83
5.2.1 Généralités.....	83
5.2.2 Modélisation du chemin de charge.....	83
5.2.3 Application des composantes de charge	83
5.2.4 Conditions aux limites.....	84
5.3 Modélisation du comportement mécanique non linéaire	84
5.3.1 Généralités.....	84
5.3.2 Effets de contraintes non linéaires	84
5.3.3 Application de charges ultimes	84
5.3.4 Application de charges de fatigue	84
5.4 Facteurs de sécurité partielle.....	85
5.5 Facteur de sécurité partielle pour la résistance	87
5.6 Prise en compte des composants de la nacelle et du moyeu	88
5.6.1 Généralités.....	88
5.6.2 Structure du moyeu et boulons	88
5.6.3 Structure avant de nacelle (ou structure de transmission mécanique).....	89
5.6.4 Structure de la boîte de vitesse	90
5.6.5 Structure d'orientation	90
5.6.6 Structure arrière de la nacelle.....	90
5.6.7 Capot de la nacelle et hélice.....	91
6 Analyse de la déviation.....	91
7 Vérification de la résistance.....	92
7.1 Généralités	92
7.2 Détermination des contraintes et des déformations	92
7.3 Propriétés du matériau.....	92
7.3.1 Données relatives au matériau	92
7.3.2 Influence des dimensions	92
7.4 Évaluation de la résistance statique.....	93
7.4.1 Processus d'évaluation	93
7.4.2 Composants coulés, forgés et en acier	93
7.4.3 Structures soudées.....	95

7.4.4	Assemblages boulonnés	96
7.4.5	Matériau renforcé par des fibres	96
7.5	Évaluation de la résistance à la fatigue	97
7.5.1	Méthodes de résistance à la fatigue	97
7.5.2	Détermination des contraintes locales	97
7.5.3	Hypothèse de contrainte pour la fatigue	97
7.5.4	Courbes S/N	97
7.5.5	Influence sur la résistance à la fatigue	98
7.5.6	Facteurs de sécurité partielle pour la fatigue	99
7.5.7	Accumulation des dommages	100
7.5.8	Assemblages boulonnés	100
7.5.9	Matériau renforcé par des fibres	100
7.6	Évaluation de la mécanique de rupture	100
7.6.1	Généralités	100
7.6.2	Définir l'objectif	101
7.6.3	Paramètre du matériau	102
7.6.4	Modèle de défaut	102
7.6.5	Modèle structurel	103
7.6.6	Charge	104
7.6.7	Évaluation de la résistance	104
7.7	Conception fondée sur la mécanique de rupture	107
8	Données relatives aux matériaux pour la conception à partir d'essais	108
8.1	Qualification des matériaux	108
8.2	Détermination des propriétés de résistance statique et d'énergie d'impact (matériau de base)	109
8.3	Détermination des propriétés de résistance à la fatigue (matériau de base)	109
8.4	Assemblages soudés	109
8.5	Fonte, forge et acier	110
8.5.1	Détermination des propriétés de résistance statique	110
8.5.2	Ténacité à la rupture	110
8.5.3	Détermination des propriétés de résistance à la fatigue	110
8.6	Boulons	111
8.7	Capot de la nacelle	112
9	Vérification et validation des modèles	112
Annexe A (informative)	Méthodes de vérification et de validation des modèles	113
A.1	Généralités	113
A.2	Vérification	113
A.3	Validation (essais en laboratoire)	113
A.4	Validation (essais sur le terrain)	113
Annexe B (informative)	Contraintes des assemblages soudés	114
Annexe C (informative)	Détermination de la courbe S-N par essai, évaluation statistique et facteurs d'influence	115
C.1	Généralités	115
C.2	Courbe S-N	115
C.3	Éprouvettes	115
C.4	Procédure d'essai	115
C.4.1	Généralités	115
C.4.2	Durée de vie finie	116
C.4.3	Régime de fatigue à longue durée de vie	116

C.5	Facteurs d'influence de la courbe S-N.....	117
Annexe D (informative)	Équations d'état limite	118
D.1	Généralités	118
D.2	Défaillance d'élasticité	118
D.3	Équation d'état limite de fatigue	119
D.4	Évaluation de fatigue fondée sur la mécanique de rupture	123
Annexe E (informative)	Calcul des incertitudes liées à l'effet de charge	127
Annexe F (informative)	Considérations relatives aux éléments structurels	129
F.1	Généralités	129
F.2	Défaillances globales et locales	129
F.3	Influence de la contrainte moyenne.....	130
Bibliographie.....		132
Figure 1	– Représentation d'une structure de nacelle, où un générateur à entraînement direct est monté derrière le moyeu, par exemple.....	89
Figure 2	– Courbe de contrainte-déformation élastique-plastique idéalisée	95
Figure 3	– Courbe S/N représentative	98
Figure 4	– Calcul de la mécanique de rupture – Organigramme du processus.....	101
Figure 5	– Types de fissures idéalisées	103
Figure 6	– Diagramme d'évaluation des défaillances (FAD).....	105
Figure 7	– Propagation des fissures sous charge cyclique par la loi de Paris	106
Figure 8	– Propagation et longueur critique des fissures dans le diagramme d'évaluation des défaillances	107
Figure B.1	– Procédure d'analyse de fatigue pour le bord de la soudure	114
Figure D.1	– Diagramme de Haigh où R_e est la contrainte d'élasticité et R_m est la limite de traction	121
Figure E.1	– Exemple de modèle	127
Figure F.1	– Emplacements de défaillance pour une défaillance locale (A) et globale (B).....	129
Figure F.2	– Défaillance locale et globale pour deux rayons d'entaille différents	130
Figure F.3	– Diagramme de Haigh pour l'évaluation de l'influence de la contrainte moyenne.....	130
Tableau 1	– Classes de composants selon l'IEC 61400-1:2019.....	82
Tableau 2	– Liste des sources potentielles d'écarts de modélisation	86
Tableau 3	– Facteur de sécurité partielle de modélisation $\gamma_{\text{modelling}}$: élasticité où le coefficient de variation de la limite d'élasticité est inférieur à 15 %	87
Tableau 4	– Facteur de sécurité partielle de modélisation $\gamma_{\text{modelling}}$: fatigue des détails soudés et de la fonte	87
Tableau 5	– Facteurs de sécurité partielle de résistance minimale, γ_M , pour l'acier soudé pour différentes probabilités de survie de la courbe caractéristique S-N	88
Tableau 6	– Facteurs de sécurité partielle de résistance minimale, γ_M , pour les composants en fonte, forgés et en acier (s'ils n'utilisent pas les normes de conception applicables telles que l'EN 1993-1-9) pour différentes probabilités de survie de la courbe caractéristique S-N.....	88

Tableau 7 – Facteurs de sécurité partielle γ_M pour les courbes S/N des matériaux en fonte	99
Tableau D.1 – Modèle stochastique représentatif pour l'analyse de fatigue de la fonte	123
Tableau E.1 – Combinaison de cas d'essai	127
Tableau E.2 – Comparaison des résultats entre les modèles de validation et simplifiés et calcul du rapport δ_{mf}	128

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 8: Conception des composants structurels des éoliennes

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC - entre autres activités - publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 61400-8 a été établie par le comité d'études 88 de l'IEC: Systèmes de génération d'énergie éolienne. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
88/1010/FDIS	88/1023/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61400, publiées sous le titre général *Systèmes de génération d'énergie éolienne*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente partie de la série IEC 61400 définit les exigences minimales de conception des structures d'éoliennes sur nacelles et n'est pas destinée à servir de spécification intégrale de conception ou de manuel d'instructions.

Plusieurs groupes peuvent être chargés d'entreprendre les différents éléments de la conception, de la fabrication, de l'assemblage, de l'installation et de la maintenance d'une nacelle d'éolienne et de s'assurer que les exigences du présent document sont respectées. La répartition des responsabilités entre ces parties est une question contractuelle et ne relève pas du domaine d'application du présent document.

Les exigences énoncées dans le présent document peuvent être modifiées s'il peut être démontré de manière suffisante que l'intégrité structurelle du système n'est pas compromise.

Le domaine d'application spécifique du présent document est indiqué à l'Article 1. Pour les cas qui ne relèvent pas du domaine d'application du présent document, il convient de se référer aux normes IEC/ISO applicables.

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 8: Conception des composants structurels des éoliennes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61400 définit les exigences minimales de conception des structures d'éoliennes sur nacelles et n'est pas destinée à servir de spécification de conception complète ou de manuel d'instructions. Le présent document porte sur l'intégrité structurelle des composants structurels constitués à l'intérieur et à proximité de la nacelle, y compris le moyeu, le cadre principal, l'arbre principal, les structures associées d'entraînement direct, les structures des boîtes de vitesse, la connexion structurelle d'orientation, l'enveloppe de la nacelle. Il traite également des connexions des composants structurels aux mécanismes de commande et de protection, ainsi que les connexions structurelles aux unités électriques et aux autres systèmes mécaniques. Le présent document concerne principalement les structures de nacelle en matériaux ferreux, mais peut également s'appliquer à d'autres matériaux, le cas échéant. La conception des assemblages boulonnés et soudés dans les structures de nacelle est incluse, ainsi que les composants coulés et forgés. Les exigences d'essai des matériaux à utiliser dans le processus de conception des structures de nacelle sont spécifiées. Les connexions structurelles de la boîte de vitesse et de l'arbre principal sont incluses dans le domaine d'application, mais la conception des engrenages et des roulements n'est pas incluse.

Le niveau de sécurité de l'éolienne conçue conformément au présent document doit être au moins équivalent au niveau inhérent à l'IEC 61400-1:2019. Des méthodes probabilistes pour étalonner les facteurs de sécurité partielle et pour les utiliser dans le processus de conception sont fournies.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61400-1:2019, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 1: Exigences de conception*

IEC 61400-3-1:2019, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 3-1: Exigences de conception des éoliennes fixes en mer fixes*

IEC TS 61400-3-2:2019, *Wind energy generation systems – Part 3-2: Design requirements for floating offshore wind turbines* (disponible en anglais seulement)

IEC 61400-5:2020, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 5: Pales d'éoliennes*

IEC 61400-6:2020, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 6: Exigences en matière de conception du mât et de la fondation*

IEC 61400-13:2015, *Éoliennes – Partie 13: Mesurage des charges mécaniques*

ISO/IEC 17025:2017, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

ISO 148-1:2016, *Matériaux métalliques – Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy – Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 945-1:2019, *Microstructure des fontes – Partie 1: Classification du graphite par analyse visuelle*

ISO 1083:2018, *Fontes à graphite sphéroïdal – Classification*

ISO 1099:2017, *Matériaux métalliques – Essais de fatigue – Méthode par force axiale contrôlée*

ISO 1143:2021, *Matériaux métalliques – Essais de fatigue par flexion rotative de barreaux*

ISO 2394:2015, *Principes généraux de la fiabilité des constructions*

ISO 3800:1993, *Éléments de fixation filetés – Essai de fatigue sous charge axiale – Méthodes d'essai et évaluation des résultats*

ISO 6892-1:2019, *Matériaux métalliques – Essai de traction – Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante*

ISO 7500-1:2018, *Matériaux métalliques – Étalonnage et vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux – Partie 1: Machines d'essai de traction/compression – Étalonnage et vérification du système de mesure de force*

ISO 12107:2012, *Matériaux métalliques – Essais de fatigue – Programmation et analyse statistique de données*

ISO 12108:2018, *Matériaux métalliques – Essais de fatigue – Méthode d'essai de propagation de fissure en fatigue*

ISO 12135:2021, *Matériaux métalliques – Méthode unifiée d'essai pour la détermination de la ténacité quasi statique*

ISO/TR 14345:2012, *Fatigue – Essais de fatigue sur composants soudés – Lignes directrices*

ISO 16269-6:2014, *Interprétation statistique des données – Partie 6: Détermination des intervalles statistiques de dispersion*

ASTM-E466-21:2021, *Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials*

BS 7910:2013, *Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures*

CEN/TS 16415:2013, *Personal fall protection equipment – Anchor devices – Recommendations for anchor devices for use by more than one person* (disponible en anglais seulement)

EN 1090-2:2018, *Exécution des structures en acier et des structures en aluminium – Partie 2: Exigences techniques pour les structures en acier*

EN 1090-3:2019, *Exécution des structures en acier et des structures en aluminium – Partie 3: Exigences techniques pour l'exécution des structures en aluminium*

EN 1369:2012, *Fonderie – Contrôle par magnétoscopie*

EN 1369:1996, *Fonderie – Contrôle par magnétoscopie*

EN 1371-1:2011, *Fonderie – Contrôle par ressuage – Partie 1: Pièces moulées au sable, en coquille, par gravité et basse pression*

EN 1371-1:1997, *Fonderie – Contrôle par ressuage – Partie 1: Pièces moulées au sable, en coquille, par gravité et basse pression*

EN 1993-1-8:2007, *Eurocode 3: Calcul des structures en acier – Partie 1-8: Calcul des assemblages*

EN 1993-1-9:2007, *Eurocode 3: Calcul des structures en acier – Partie 1-9: Fatigue*

EN 1993-1-10:2007, *Eurocode 3: Calcul des structures en acier – Partie 1-10: Choix des qualités d'acier*

EN 1999-1-1:2008, *Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium – Partie 1-1: Règles générales*

EN 1999-1-3:2007, *Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium – Partie 1-3: Structures sensibles à la fatigue*

EN 12680-3:2011, *Fonderie – Contrôle par ultrasons – Partie 3: Pièces moulées en fonte à graphite sphéroïdal*

EN 50308:2004, *Aérogénérateurs – Mesure de protection – Exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance*

DIN 50100:2016, *Load controlled fatigue testing – Execution and evaluation of cyclic tests at constant load amplitudes on metallic specimens and components (disponible en anglais seulement)*

FKM Guideline, *Fracture Mechanics Proof of Strength for Engineering Components, 2018 (FKM – RBM-04-18)*

IIW-Doc. 2259-152259-15, *Hobbacher A., Recommendations for fatigue design of welded joints and components, International Institute of Welding, 2014*

IIW-Doc. XIII-2240r2-08/XV-1289r2-08, *Fricke W., Guideline for the Fatigue Assessment by Notch Stress Analysis for Welded Structures, 2010*

VDI 2230-1:2015, *Systematic calculation of highly stressed bolted joints – Joints with one cylindrical bolt*

VDI 2230-2:2014, *Systematic calculation of high duty bolted joints – Joints with several cylindrical bolts*

VDMA 23902:2014, *Guideline for fracture mechanical strength assessment of planet carriers made of nodular cast iron EN-GJS-700-2 for wind turbine gear boxes, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.*