



IEC 61400-1

Edition 4.0 2019-02
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD



**Wind turbines energy generation systems –
Part 1: Design requirements**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-6571-0

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 61400-1
Edition 4.0 2019-02

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 1: Design requirements

INTERPRETATION SHEET 1

This interpretation sheet has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

DISH	Report on voting
88/1065/DISH	88/1078/RVDISH

Full information on the voting for the approval of this interpretation sheet can be found in the report on voting indicated in the above table.

Question 1:

Subclause 6.4.2 mentions normal other environmental conditions that shall be taken into account and, specifically speaking, an ambient temperature range of -10 °C to $+40\text{ °C}$. Does this mean that the wind turbines shall be designed to operate at rated power up to 40 °C on the maximum limit, or does it mean that the wind turbine can be designed to operate at any maximum temperature limit below 40 °C , let's assume 35 °C or 32 °C , etc. ?

Answer 1:

The standard requires that turbines designed to one of the design classes stated in Table 1 in Subclause 6.2 be capable of operating and generating at temperatures up to $+40\text{ °C}$. There is no requirement that the turbine shall generate maximum rated power at $+40\text{ °C}$.

CONTENTS

FOREWORD.....	10
INTRODUCTION.....	13
1 Scope.....	14
2 Normative references	14
3 Terms and definitions	16
4 Symbols and abbreviated terms.....	25
4.1 Symbols and units.....	25
4.2 Abbreviated terms.....	28
5 Principal elements	29
5.1 General.....	29
5.2 Design methods	29
5.3 Safety classes	29
5.4 Quality assurance	29
5.5 Wind turbine markings	29
6 External conditions	30
6.1 General.....	30
6.2 Wind turbine classes.....	30
6.3 Wind conditions	32
6.3.1 General	32
6.3.2 Normal wind conditions.....	34
6.3.3 Extreme wind conditions	36
6.4 Other environmental conditions.....	41
6.4.1 General	41
6.4.2 Normal other environmental conditions	42
6.4.3 Extreme other environmental conditions	42
6.5 Electrical power network conditions	42
7 Structural design	43
7.1 General.....	43
7.2 Design methodology	43
7.3 Loads.....	43
7.3.1 General	43
7.3.2 Gravitational and inertial loads	44
7.3.3 Aerodynamic loads	44
7.3.4 Actuation loads.....	44
7.3.5 Other loads.....	44
7.4 Design situations and load cases.....	44
7.4.1 General	44
7.4.2 Power production (DLC 1.1 to 1.5).....	47
7.4.3 Power production plus occurrence of fault or loss of electrical network connection (DLC 2.1 to 2.4 2.5)	48
7.4.4 Start-up (DLC 3.1 to 3.3)	50
7.4.5 Normal shutdown (DLC 4.1 to 4.2).....	50
7.4.6 Emergency shutdown stop (DLC 5.1).....	51
7.4.7 Parked (standstill or idling) (DLC 6.1 to 6.4)	51
7.4.8 Parked plus fault conditions (DLC 7.1).....	52
7.4.9 Transport, assembly, maintenance and repair (DLC 8.1 and 8.2).....	52

7.5	Load calculations	53
7.6	Ultimate limit state analysis.....	54
7.6.1	Method	54
7.6.2	Ultimate strength analysis.....	56
7.6.3	Fatigue failure	60
7.6.4	Stability	61
7.6.5	Critical deflection analysis	61
7.6.6	Special partial safety factors.....	62
8	Control and protection system	63
8.1	General.....	63
8.2	Control functions.....	63
8.3	Protection functions	64
8.4	Control system failure analysis	65
8.4.1	General	65
8.4.2	Independence and common-cause failures	65
8.4.3	Fault exclusions.....	66
8.4.4	Failure mode return periods.....	66
8.4.5	Systematic failures	66
8.5	Manual operation	66
8.6	Emergency stop button function	66
8.7	Manual, automatic, and remote restart	67
8.8	Braking system	68
9	Mechanical systems	68
9.1	General.....	68
9.2	Errors of fitting.....	69
9.3	Hydraulic or pneumatic systems.....	69
9.4	Main gearbox	69
9.5	Yaw system	69
9.6	Pitch system	70
9.7	Protection function mechanical brakes	70
9.8	Rolling element bearings.....	71
9.8.1	General	71
9.8.2	Main shaft bearings	71
9.8.3	Generator bearings.....	71
9.8.4	Pitch and yaw bearings.....	71
10	Electrical system	72
10.1	General.....	72
10.2	General requirements for the electrical system	72
10.3	Internal environmental conditions.....	72
10.4	Protective devices.....	74
10.5	Disconnection devices from supply sources	74
10.6	Earth system.....	74
10.7	Lightning protection	75
10.8	Electrical cables.....	75
10.9	Self-excitation	75
10.10	Protection against lightning electromagnetic impulse	76
10.11	Power quality	76
10.12	Electromagnetic compatibility.....	76
10.13	Power electronic converter systems and equipment	76

10.14	Twist/drip loop	76
10.15	Slip rings	77
10.16	Vertical power transmission conductors and components	77
10.17	Motor drives and converters	78
10.18	Electrical machines	78
10.19	Power transformers	78
10.20	Low voltage switchgear and controlgear	78
10.21	High voltage switchgear	79
10.22	Hubs	79
11	Assessment of a wind turbine for site-specific conditions	79
11.1	General	79
11.2	Assessment of the topographical complexity of the site and its effect on turbulence	80
11.2.1	Assessment of the topographical complexity	80
11.2.2	Assessment of turbulence structure at the site	83
11.3	Wind conditions required for assessment	84
11.3.1	General	84
11.3.2	Wind condition parameters	84
11.3.3	Measurement setup	85
11.3.4	Data evaluation	86
11.4	Assessment of wake effects from neighbouring wind turbines	87
11.5	Assessment of other environmental conditions	87
11.6	Assessment of earthquake conditions	87
11.7	Assessment of electrical network conditions	88
11.8	Assessment of soil conditions	89
11.9	Assessment of structural integrity by reference to wind data	89
11.9.1	General	89
11.9.2	Assessment of the fatigue load suitability by reference to wind data	90
11.9.3	Assessment of the ultimate load suitability by reference to wind data	91
11.10	Assessment of structural integrity by load calculations with reference to site-specific conditions	92
12	Assembly, installation and erection	93
12.1	General	93
12.2	Planning	94
12.3	Installation conditions	94
12.4	Site access	94
12.5	Environmental conditions	94
12.6	Documentation	95
12.7	Receiving, handling and storage	95
12.8	Foundation/anchor systems	95
12.9	Assembly of wind turbine	95
12.10	Erection of wind turbine	95
12.11	Fasteners and attachments	95
12.12	Cranes, hoists and lifting equipment	96
13	Commissioning, operation and maintenance	96
13.1	General	96
13.2	Design requirements for safe operation, inspection and maintenance	96
13.3	Instructions concerning commissioning	97
13.3.1	General	97

13.3.2	Energization	97
13.3.3	Commissioning tests	97
13.3.4	Records	97
13.3.5	Post commissioning activities	97
13.4	Operator's instruction manual	98
13.4.1	General	98
13.4.2	Instructions for operations and maintenance records	98
13.4.3	Instructions for unscheduled automatic shutdown	98
13.4.4	Instructions for diminished reliability	98
13.4.5	Work procedures plan	98
13.4.6	Emergency procedures plan	99
13.5	Maintenance manual	99
14	Cold climate	100
14.1	General	100
14.2	Low temperature and icing climate	100
14.3	External conditions for cold climate	100
14.3.1	General	100
14.3.2	Wind turbine class for cold climate	100
14.4	Structural design	101
14.5	Design situations and load cases	101
14.5.1	General	101
14.5.2	Load calculations	101
14.5.3	Selection of suitable materials	102
14.6	Control systems	102
14.7	Mechanical systems	102
14.8	Electrical systems	102
Annex A (normative)	Design parameters for external conditions	103
A.1	Design parameters for describing wind turbine class S	103
A.1.1	General	103
A.1.2	Machine parameters	103
A.1.3	Wind conditions	103
A.1.4	Electrical network conditions	103
A.1.5	Other environmental conditions (where taken into account)	104
A.2	Additional design parameters for describing cold climate wind turbine class S (CC-S)	104
Annex B (informative)	Design load cases for special class S wind turbine design or site suitability assessment	106
B.1	General	106
B.2	Power production (DLC 1.1 to 1.9)	106
Annex C (informative)	Turbulence models	110
C.1	General	110
C.2	Mann [3] uniform shear turbulence model	110
C.3	Kaimal [1] spectrum and exponential coherence model	113
C.4	Reference documents	115
Annex D (informative)	Assessment of earthquake loading	116
D.1	General	116
D.2	Design response spectrum	116
D.3	Structure model	118
D.4	Seismic load evaluation	118

D.5	Additional load	119
D.6	Reference documents	120
Annex E (informative)	Wake and wind farm turbulence	121
E.1	Wake effects Added wake turbulence method	121
E.2	Dynamic wake meandering model	123
E.2.1	General	123
E.2.2	Wake deficit	124
E.2.3	Meandering	125
E.2.4	Wake induced turbulence	126
E.2.5	Wake superposition	126
E.2.6	Model synthesis	127
E.3	Reference documents	127
Annex F (informative)	Prediction of wind distribution for wind turbine sites by measure- correlate-predict (MCP) methods	128
F.1	General	128
F.2	Measure-correlate-predict (MCP)	128
F.3	Application to annual mean wind speed and distribution	128
F.4	Application to extreme wind speed	128
F.5	Reference documents	129
Annex G (informative)	Statistical extrapolation of loads for ultimate strength analysis	130
G.1	General	132
G.2	Data extraction for extrapolation	133
G.3	Load extrapolation methods	133
G.3.1	General	133
G.3.2	Global extremes	134
G.3.3	Local extremes	135
G.3.4	Long-term empirical distributions	136
G.4	Convergence criteria	136
G.4.1	General	136
G.4.2	Load fractile estimate	137
G.4.3	Confidence bounds	137
G.4.4	Confidence intervals based on bootstrapping	138
G.4.5	Confidence intervals based on the binomial distribution	138
G.5	Inverse first-order reliability method (IFORM)	139
G.6	Reference documents	141
Annex H (informative)	Fatigue analysis using Miner's rule with load extrapolation	143
H.1	Fatigue analysis	143
H.2	Reference documents	146
Annex I (informative)	Contemporaneous loads	148
I.1	General	148
I.2	Scaling	149
I.3	Averaging	149
Annex J (informative)	Prediction of the extreme wind speed of tropical cyclones by using Monte Carlo simulation method	150
J.1	General	150
J.2	Prediction of tropical cyclone induced extreme wind speeds	150
J.2.1	General	150
J.2.2	Evaluation of tropical cyclone parameters	150
J.2.3	Generation of synthetic tropical cyclones	151

J.2.4	Prediction of wind speeds in the tropical cyclone boundary.....	151
J.3	Prediction of extreme wind speed in mixed climate regions	152
J.3.1	General	152
J.3.2	Extreme wind distributions of extratropical cyclones by the MCP method.....	152
J.3.3	Extreme wind distributions of tropical cyclones by the MCS method.....	153
J.3.4	Determination of extreme wind speed in a mixed climate region	153
J.4	Reference documents	153
Annex K (informative)	Calibration of structural material safety factors and structural design assisted by testing.....	155
K.1	Overview and field of application.....	155
K.2	Target reliability level.....	155
K.3	Safety formats	155
K.4	Reliability-based calibration	157
K.5	Calibration using the design value format.....	158
K.6	Partial safety factors for fatigue for welded details in steel structures.....	158
K.7	Types of tests for materials.....	160
K.8	Planning of tests	160
K.8.1	General	160
K.8.2	Objectives and scope	160
K.8.3	Prediction of test results	160
K.8.4	Specification of test specimen and sampling.....	161
K.8.5	Loading specifications	161
K.8.6	Testing arrangement.....	161
K.8.7	Measurements.....	162
K.8.8	Evaluation and reporting the test	162
K.9	General principles for statistical evaluations	162
K.10	Derivation of characteristic values.....	163
K.11	Statistical determination of characteristic value for a single property.....	163
K.12	Statistical determination of characteristic value for resistance models.....	164
K.12.1	General	164
K.12.2	Step 1: Develop a design model	165
K.12.3	Step 2: Compare experimental and theoretical values.....	165
K.12.4	Step 3: Estimate the mean value correction factor (bias) b	166
K.12.5	Step 4: Estimate the coefficient of variation of the errors	166
K.12.6	Step 5: Analyse compatibility	167
K.12.7	Step 6: Determine the coefficients of variation V_{X_i} of the basic variables.....	167
K.12.8	Step 7: Determine the characteristic value r_k of the resistance	167
K.13	Reference documents	169
Annex L (informative)	Cold climate: assessment and effects of icing climate.....	170
L.1	Assessment of icing climate conditions	170
L.1.1	General	170
L.1.2	Icing climate	170
L.1.3	Rotor icing.....	171
L.1.4	Measurement methods	172
L.1.5	Profile coefficients modification for ice.....	172
L.2	Ice mass effects on wind turbine blades.....	173
L.3	Cold climate design situations and load case	174
L.3.1	General	174
L.3.2	Power production (DLC 1.1 to 1.6).....	174

L.3.3	Parked (standstill or idling) (DLC 6.1 to 6.5)	174
L.3.4	Parked and fault conditions (DLC 7.1)	174
L.4	Cold climate load calculations	174
L.5	Reference documents and bibliography	175
Annex M (informative)	Medium wind turbines	176
M.1	Overview	176
M.2	External conditions	176
M.2.1	General	176
M.2.2	Wind shear	176
M.3	Assembly, installation and erection	176
M.4	Commissioning, operation and maintenance	177
M.5	Documentation	178
Bibliography		180

~~Figure – Exceedance probability for largest out-of-plane blade bending load in 10 min (normalized by mean bending load at rated wind speed)~~

Figure 1	Turbulence standard deviation and turbulence intensity for the normal turbulence model (NTM)	35
Figure 2	Example of extreme operating gust	37
Figure 3	Example of extreme direction change magnitude	38
Figure 4	Example of extreme direction change transient	38
Figure 5	Example of extreme coherent gust amplitude for ECD	39
Figure 6	Direction change for ECD	40
Figure 7	Example of direction change transient	40
Figure 8	Examples of extreme positive and negative vertical wind shear, wind profile before onset ($t = 0$, dashed line) and at maximum shear ($t = 6$ s, full line)	41
Figure 9	Example of wind speeds at rotor top and bottom, respectively, which illustrate the transient positive wind shear	41
Figure 10	Examples of 30° sectors for fitting the terrain data	81
Figure 11	Terrain variation (Δz) and terrain slope (θ)	81
Figure 12	Possible combinations of normalized mean wind speed and Weibull shape parameter k (shaded area)	91
Figure D.1	Structure model for response spectrum method	118
Figure E.1	Configuration – Inside a wind farm with more than 2 rows	123
Figure E.2	The three fundamental parts of the DWM model	124
Figure K.1	r_e - r_t diagram	166
Figure L.1	Definition of meteorological icing and rotor icing	171
Figure L.2	Representative ice affected rotor area as defined by rotor icing height	172
Figure L.3	Iced airfoil lift and drag penalty factors	173

~~Table – Terrain complexity indicators~~

Table 1	Basic parameters for wind turbine class	31
Table 2	Design load cases (DLC)	46
Table 3	Partial safety factors for loads γ_f	58
Table 4	Minimum safety factor $S_{H,min}$ and $S_{F,min}$ for the yaw gear system	70
Table 5	Threshold values of the terrain complexity categories L, M and H	83

Table 6 – Values of lateral and vertical turbulence standard deviations relative to the longitudinal component depending on terrain complexity category L, M and H	83
Table 7 – Values of turbulence structure correction parameter depending on terrain complexity category L, M and H	84
Table A.1 – Design parameters for describing cold climate wind turbine class S (CC-S)	105
Table B.1 – Design load cases.....	107
Table C.1 – Turbulence spectral parameters for the Kaimal model.....	114
Table E.1 – Number (N) of neighbouring wind turbines	122
Table G.1 – Parameters needed to establish binomial-based confidence intervals	139
Table G.2 – Short-term load exceedance probabilities as a function of hub-height wind speed for different wind turbine classes for use with the IFORM procedure.....	141
Table I.1 – Extreme loading matrix.....	148
Table K.1 – Partial safety factor for model uncertainty, γ_{δ}	158
Table K.2 – Recommended values for partial safety factor for fatigue strength, γ_{Mf}	159
Table K.3 – Recommended partial safety factor for fatigue stresses, γ_{Ff}	160
Table K.4 – Values of k_n for the 5 % characteristic value	164
Table L.1 – Cold climate design load cases	174
Table L.2 – Blade ice mass and airfoil penalty factors used in different analysis types.....	175

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WIND ~~TURBINES~~ ENERGY GENERATION SYSTEMS –**Part 1: Design requirements**

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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

International Standard IEC 61400-1 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2005 and Amendment 1:2010. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) general update and clarification of references and requirements;
- b) extension of wind turbine classes to allow for tropical cyclones and high turbulence;
- c) Weibull distribution of turbulence standard deviation for normal turbulence model (NTM);
- d) updated design load cases (DLCs), in particular DLC 2.1 and 2.2;
- e) revision of partial safety factor specifications;
- f) major revision of Clauses 8, 10 and 11;
- g) introduction of cold climate requirements, Clause 14;
- h) new Annex B on design load cases for site-specific or special class S wind turbine design or site suitability assessment;
- i) new Annex J on prediction of the extreme wind speed of tropical cyclones by using Monte Carlo simulation method;
- j) new Annex K on calibration of structural material safety factors and structural design assisted by testing;
- k) new Annex L on assessment and effects of icing climate;
- l) new Annex M on medium wind turbines.

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

FDIS	Report on voting
88/696/FDIS	88/701/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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.

The contents of the corrigendum of September 2019 and the Interpretation Sheet 1 (2025-02) have been included in this copy.

INTRODUCTION

This part of IEC 61400 outlines minimum design requirements for wind turbines and is not intended for use as a complete design specification or instruction manual.

Any of the requirements of this document may be altered if it can be suitably demonstrated that the safety of the system is not compromised. This provision, however, does not apply to the classification and the associated definitions of external conditions in Clause 6. Compliance with this document does not relieve any person, organization, or corporation from the responsibility of observing other applicable regulations.

This document is not intended to give requirements for wind turbines installed offshore, in particular for the support structure. ~~A future document dealing with offshore installations is under consideration.~~ For offshore installations, reference is made to the IEC 61400-3 series.

WIND ~~TURBINES~~ ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 1: Design requirements

1 Scope

This part of IEC 61400 specifies essential design requirements to ensure the ~~engineering~~ structural integrity of wind turbines. Its purpose is to provide an appropriate level of protection against damage from all hazards during the planned lifetime.

This document is concerned with all subsystems of wind turbines such as control and protection ~~mechanisms~~ functions, internal electrical systems, mechanical systems and support structures.

This document applies to wind turbines of all sizes. For small wind turbines, IEC 61400-2 ~~may~~ can be applied. IEC 61400-3-1 provides additional requirements to offshore wind turbine installations.

This document ~~should~~ is intended to be used together with the appropriate IEC and ISO standards mentioned in Clause 2.

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 60034 (all parts), *Rotating electrical machines*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines*

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

IEC 60204-1:~~1997~~, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60204-11:2000, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V AC or 1 500 V DC and not exceeding 36 kV*

IEC 60364 (all parts), *Low voltage electrical installations*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

~~IEC 60721-2-1:1982, Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Temperature and humidity~~

~~IEC 61000-6-1:1997, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 1: Immunity for residential, commercial and light industrial environments~~

IEC 61000-6-2:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

~~IEC 61000-6-4:1997, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 4: Emission standard for industrial environments~~

~~IEC 61024-1:1990, Protection of structures against lightning – Part 1: General principles~~

~~IEC 61312-1:1995, Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 1: General principle~~

IEC 61400-3, *Wind turbines – Part 3: Design requirements for offshore wind turbines*

IEC 61400-4, *Wind Turbines – Part 4: Design requirements for wind turbine gearboxes*

~~IEC 61400-21:2001, Wind turbine generator systems – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid-connected wind turbines~~

IEC 61400-24:2002, *Wind turbines generator systems – Part 24: Lightning protection*

IEC 61439 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 61800-4, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 4: General requirements – Rating specifications for AC power drive systems above 1 000 V AC and not exceeding 35 kV*

IEC 61800-5-1, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

IEC 62271 (all parts), *High-voltage switchgear and controlgear*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

IEC 62477-1:2012, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*

ISO 76:1987, *Rolling bearings – Static load ratings*

ISO 281:1990, *Rolling bearings – Dynamic load ratings and rating life*

ISO 2394:~~1998~~, *General principles on reliability for structures*

ISO 2533:~~1975~~, *Standard Atmosphere*

ISO 4354:~~1997~~, *Wind actions on structures*

~~ISO 6336 (all parts), Calculation of load capacity of spur and helical gears~~

ISO 6336-2, *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*

ISO 6336-3:2006, *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 3: Calculation of tooth bending strength*

~~ISO 9001:2000, Quality management systems – Requirements~~

ISO 12494:2001, *Atmospheric icing on structures*

ISO 13850, *Safety of machinery – Emergency stop function – Principles for design*

ISO/TS 16281, *Rolling bearings – Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings*

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Wind energy generation systems –
Part 1: Design requirements**

**Systèmes de génération d'énergie éolienne –
Partie 1: Exigences de conception**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 61400-1
Edition 4.0 2019-02

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 1: Design requirements

INTERPRETATION SHEET 1

This interpretation sheet has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

DISH	Report on voting
88/1065/DISH	88/1078/RVDISH

Full information on the voting for the approval of this interpretation sheet can be found in the report on voting indicated in the above table.

Question 1:

Subclause 6.4.2 mentions normal other environmental conditions that shall be taken into account and, specifically speaking, an ambient temperature range of -10 °C to $+40\text{ °C}$. Does this mean that the wind turbines shall be designed to operate at rated power up to 40 °C on the maximum limit, or does it mean that the wind turbine can be designed to operate at any maximum temperature limit below 40 °C , let's assume 35 °C or 32 °C , etc. ?

Answer 1:

The standard requires that turbines designed to one of the design classes stated in Table 1 in Subclause 6.2 be capable of operating and generating at temperatures up to $+40\text{ °C}$. There is no requirement that the turbine shall generate maximum rated power at $+40\text{ °C}$.

CONTENTS

FOREWORD.....	10
INTRODUCTION.....	12
1 Scope.....	13
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	15
4 Symbols and abbreviated terms.....	23
4.1 Symbols and units.....	23
4.2 Abbreviated terms.....	26
5 Principal elements	27
5.1 General.....	27
5.2 Design methods	27
5.3 Safety classes	27
5.4 Quality assurance	27
5.5 Wind turbine markings	27
6 External conditions	28
6.1 General.....	28
6.2 Wind turbine classes.....	28
6.3 Wind conditions	30
6.3.1 General	30
6.3.2 Normal wind conditions.....	31
6.3.3 Extreme wind conditions	33
6.4 Other environmental conditions.....	38
6.4.1 General	38
6.4.2 Normal other environmental conditions	39
6.4.3 Extreme other environmental conditions	39
6.5 Electrical power network conditions	39
7 Structural design	40
7.1 General.....	40
7.2 Design methodology	40
7.3 Loads.....	40
7.3.1 General	40
7.3.2 Gravitational and inertial loads	41
7.3.3 Aerodynamic loads	41
7.3.4 Actuation loads.....	41
7.3.5 Other loads.....	41
7.4 Design situations and load cases.....	41
7.4.1 General	41
7.4.2 Power production (DLC 1.1 to 1.5).....	44
7.4.3 Power production plus occurrence of fault or loss of electrical network connection (DLC 2.1 to 2.5).....	45
7.4.4 Start-up (DLC 3.1 to 3.3)	47
7.4.5 Normal shutdown (DLC 4.1 to 4.2).....	47
7.4.6 Emergency stop (DLC 5.1).....	48
7.4.7 Parked (standstill or idling) (DLC 6.1 to 6.4)	48
7.4.8 Parked plus fault conditions (DLC 7.1).....	49
7.4.9 Transport, assembly, maintenance and repair (DLC 8.1 and 8.2).....	49

7.5	Load calculations	49
7.6	Ultimate limit state analysis.....	50
7.6.1	Method	50
7.6.2	Ultimate strength analysis.....	53
7.6.3	Fatigue failure	56
7.6.4	Stability	57
7.6.5	Critical deflection analysis	57
7.6.6	Special partial safety factors.....	58
8	Control system	58
8.1	General.....	58
8.2	Control functions.....	58
8.3	Protection functions	59
8.4	Control system failure analysis	59
8.4.1	General	59
8.4.2	Independence and common-cause failures	60
8.4.3	Fault exclusions.....	60
8.4.4	Failure mode return periods.....	60
8.4.5	Systematic failures	60
8.5	Manual operation	60
8.6	Emergency stop button function	60
8.7	Manual, automatic, and remote restart	61
8.8	Braking system	62
9	Mechanical systems	62
9.1	General.....	62
9.2	Errors of fitting.....	63
9.3	Hydraulic or pneumatic systems.....	63
9.4	Main gearbox	63
9.5	Yaw system	63
9.6	Pitch system	64
9.7	Protection function mechanical brakes	64
9.8	Rolling element bearings.....	64
9.8.1	General	64
9.8.2	Main shaft bearings	64
9.8.3	Generator bearings.....	64
9.8.4	Pitch and yaw bearings.....	65
10	Electrical system	65
10.1	General.....	65
10.2	General requirements for the electrical system	65
10.3	Internal environmental conditions.....	65
10.4	Protective devices.....	67
10.5	Disconnection from supply sources	67
10.6	Earth system.....	67
10.7	Lightning protection	67
10.8	Electrical cables.....	68
10.9	Self-excitation	68
10.10	Protection against lightning electromagnetic impulse	68
10.11	Power quality	68
10.12	Electromagnetic compatibility.....	69
10.13	Power electronic converter systems and equipment	69

10.14	Twist/drip loop	69
10.15	Slip rings	69
10.16	Vertical power transmission conductors and components.....	70
10.17	Motor drives and converters.....	70
10.18	Electrical machines.....	71
10.19	Power transformers.....	71
10.20	Low voltage switchgear and controlgear.....	71
10.21	High voltage switchgear	71
10.22	Hubs.....	72
11	Assessment of a wind turbine for site-specific conditions.....	72
11.1	General.....	72
11.2	Assessment of the topographical complexity of the site and its effect on turbulence.....	72
11.2.1	Assessment of the topographical complexity.....	72
11.2.2	Assessment of turbulence structure at the site.....	75
11.3	Wind conditions required for assessment.....	76
11.3.1	General	76
11.3.2	Wind condition parameters	76
11.3.3	Measurement setup	77
11.3.4	Data evaluation	78
11.4	Assessment of wake effects from neighbouring wind turbines	78
11.5	Assessment of other environmental conditions.....	78
11.6	Assessment of earthquake conditions	79
11.7	Assessment of electrical network conditions	80
11.8	Assessment of soil conditions	80
11.9	Assessment of structural integrity by reference to wind data	80
11.9.1	General	80
11.9.2	Assessment of the fatigue load suitability by reference to wind data	80
11.9.3	Assessment of the ultimate load suitability by reference to wind data	82
11.10	Assessment of structural integrity by load calculations with reference to site- specific conditions	82
12	Assembly, installation and erection.....	83
12.1	General.....	83
12.2	Planning	84
12.3	Installation conditions	84
12.4	Site access	84
12.5	Environmental conditions	84
12.6	Documentation.....	84
12.7	Receiving, handling and storage	85
12.8	Foundation/anchor systems	85
12.9	Assembly of wind turbine	85
12.10	Erection of wind turbine	85
12.11	Fasteners and attachments.....	85
12.12	Cranes, hoists and lifting equipment	85
13	Commissioning, operation and maintenance.....	86
13.1	General.....	86
13.2	Design requirements for safe operation, inspection and maintenance	86
13.3	Instructions concerning commissioning	87
13.3.1	General	87

13.3.2	Energization	87
13.3.3	Commissioning tests.....	87
13.3.4	Records.....	87
13.3.5	Post commissioning activities	87
13.4	Operator's instruction manual	87
13.4.1	General	87
13.4.2	Instructions for operations and maintenance records	88
13.4.3	Instructions for unscheduled automatic shutdown	88
13.4.4	Instructions for diminished reliability	88
13.4.5	Work procedures plan.....	88
13.4.6	Emergency procedures plan	89
13.5	Maintenance manual	89
14	Cold climate	90
14.1	General.....	90
14.2	Low temperature and icing climate.....	90
14.3	External conditions for cold climate.....	90
14.3.1	General	90
14.3.2	Wind turbine class for cold climate.....	90
14.4	Structural design.....	91
14.5	Design situations and load cases	91
14.5.1	General	91
14.5.2	Load calculations.....	91
14.5.3	Selection of suitable materials	91
14.6	Control systems	92
14.7	Mechanical systems.....	92
14.8	Electrical systems	92
Annex A	(normative) Design parameters for external conditions.....	93
A.1	Design parameters for describing wind turbine class S.....	93
A.1.1	General	93
A.1.2	Machine parameters	93
A.1.3	Wind conditions	93
A.1.4	Electrical network conditions	93
A.1.5	Other environmental conditions (where taken into account)	94
A.2	Additional design parameters for describing cold climate wind turbine class S (CC-S).....	94
Annex B	(informative) Design load cases for special class S wind turbine design or site suitability assessment	96
B.1	General.....	96
B.2	Power production (DLC 1.1 to 1.9)	96
Annex C	(informative) Turbulence models.....	100
C.1	General.....	100
C.2	Mann [3] uniform shear turbulence model	100
C.3	Kaimal [1] spectrum and exponential coherence model	103
C.4	Reference documents	105
Annex D	(informative) Assessment of earthquake loading.....	106
D.1	General.....	106
D.2	Design response spectrum.....	106
D.3	Structure model	107
D.4	Seismic load evaluation	108

D.5	Additional load	109
D.6	Reference documents	110
Annex E	(informative) Wake and wind farm turbulence	111
E.1	Added wake turbulence method	111
E.2	Dynamic wake meandering model	113
E.2.1	General	113
E.2.2	Wake deficit	114
E.2.3	Meandering	115
E.2.4	Wake induced turbulence	116
E.2.5	Wake superposition	116
E.2.6	Model synthesis	117
E.3	Reference documents	117
Annex F	(informative) Prediction of wind distribution for wind turbine sites by measure-correlate-predict (MCP) methods	118
F.1	General	118
F.2	Measure-correlate-predict (MCP)	118
F.3	Application to annual mean wind speed and distribution	118
F.4	Application to extreme wind speed	118
F.5	Reference documents	119
Annex G	(informative) Statistical extrapolation of loads for ultimate strength analysis	120
G.1	General	120
G.2	Data extraction for extrapolation	120
G.3	Load extrapolation methods	121
G.3.1	General	121
G.3.2	Global extremes	121
G.3.3	Local extremes	123
G.3.4	Long-term empirical distributions	123
G.4	Convergence criteria	124
G.4.1	General	124
G.4.2	Load fractile estimate	124
G.4.3	Confidence bounds	125
G.4.4	Confidence intervals based on bootstrapping	125
G.4.5	Confidence intervals based on the binomial distribution	125
G.5	Inverse first-order reliability method (IFORM)	126
G.6	Reference documents	128
Annex H	(informative) Fatigue analysis using Miner's rule with load extrapolation	130
H.1	Fatigue analysis	130
H.2	Reference documents	133
Annex I	(informative) Contemporaneous loads	135
I.1	General	135
I.2	Scaling	136
I.3	Averaging	136
Annex J	(informative) Prediction of the extreme wind speed of tropical cyclones by using Monte Carlo simulation method	137
J.1	General	137
J.2	Prediction of tropical cyclone induced extreme wind speeds	137
J.2.1	General	137
J.2.2	Evaluation of tropical cyclone parameters	137
J.2.3	Generation of synthetic tropical cyclones	138

J.2.4	Prediction of wind speeds in the tropical cyclone boundary.....	138
J.3	Prediction of extreme wind speed in mixed climate regions	139
J.3.1	General	139
J.3.2	Extreme wind distributions of extratropical cyclones by the MCP method.....	139
J.3.3	Extreme wind distributions of tropical cyclones by the MCS method.....	140
J.3.4	Determination of extreme wind speed in a mixed climate region	140
J.4	Reference documents	140
Annex K (informative)	Calibration of structural material safety factors and structural design assisted by testing.....	142
K.1	Overview and field of application.....	142
K.2	Target reliability level.....	142
K.3	Safety formats	142
K.4	Reliability-based calibration	144
K.5	Calibration using the design value format.....	145
K.6	Partial safety factors for fatigue for welded details in steel structures.....	145
K.7	Types of tests for materials.....	147
K.8	Planning of tests	147
K.8.1	General	147
K.8.2	Objectives and scope	147
K.8.3	Prediction of test results	147
K.8.4	Specification of test specimen and sampling.....	148
K.8.5	Loading specifications	148
K.8.6	Testing arrangement.....	148
K.8.7	Measurements.....	149
K.8.8	Evaluation and reporting the test	149
K.9	General principles for statistical evaluations	149
K.10	Derivation of characteristic values.....	150
K.11	Statistical determination of characteristic value for a single property.....	150
K.12	Statistical determination of characteristic value for resistance models.....	151
K.12.1	General	151
K.12.2	Step 1: Develop a design model	152
K.12.3	Step 2: Compare experimental and theoretical values.....	152
K.12.4	Step 3: Estimate the mean value correction factor (bias) b	153
K.12.5	Step 4: Estimate the coefficient of variation of the errors	153
K.12.6	Step 5: Analyse compatibility.....	154
K.12.7	Step 6: Determine the coefficients of variation V_{X_i} of the basic variables.....	154
K.12.8	Step 7: Determine the characteristic value r_k of the resistance	154
K.13	Reference documents	156
Annex L (informative)	Cold climate: assessment and effects of icing climate.....	157
L.1	Assessment of icing climate conditions	157
L.1.1	General	157
L.1.2	Icing climate	157
L.1.3	Rotor icing.....	158
L.1.4	Measurement methods	159
L.1.5	Profile coefficients modification for ice.....	159
L.2	Ice mass effects on wind turbine blades.....	160
L.3	Cold climate design situations and load case	161
L.3.1	General	161
L.3.2	Power production (DLC 1.1 to 1.6).....	161

L.3.3	Parked (standstill or idling) (DLC 6.1 to 6.5)	161
L.3.4	Parked and fault conditions (DLC 7.1)	161
L.4	Cold climate load calculations	161
L.5	Reference documents and bibliography	162
Annex M (informative)	Medium wind turbines	163
M.1	Overview	163
M.2	External conditions	163
M.2.1	General	163
M.2.2	Wind shear	163
M.3	Assembly, installation and erection	163
M.4	Commissioning, operation and maintenance	164
M.5	Documentation	165
Bibliography	167
Figure 1	– Turbulence standard deviation and turbulence intensity for the normal turbulence model (NTM)	32
Figure 2	– Example of extreme operating gust	34
Figure 3	– Example of extreme direction change magnitude	35
Figure 4	– Example of extreme direction change transient	35
Figure 5	– Example of extreme coherent gust amplitude for ECD	36
Figure 6	– Direction change for ECD	37
Figure 7	– Example of direction change transient	37
Figure 8	– Examples of extreme positive and negative vertical wind shear, wind profile before onset ($t = 0$, dashed line) and at maximum shear ($t = 6$ s, full line)	38
Figure 9	– Example of wind speeds at rotor top and bottom, respectively, which illustrate the transient positive wind shear	38
Figure 10	– Examples of 30° sectors for fitting the terrain data	73
Figure 11	– Terrain variation (Δz) and terrain slope (θ)	74
Figure 12	– Possible combinations of normalized mean wind speed and Weibull shape parameter k (shaded area)	81
Figure D.1	– Structure model for response spectrum method	108
Figure E.1	– Configuration – Inside a wind farm with more than 2 rows	113
Figure E.2	– The three fundamental parts of the DWM model	114
Figure K.1	– r_e - r_t diagram	153
Figure L.1	– Definition of meteorological icing and rotor icing	158
Figure L.2	– Representative ice affected rotor area as defined by rotor icing height	159
Figure L.3	– Iced airfoil lift and drag penalty factors	160
Table 1	– Basic parameters for wind turbine classes	29
Table 2	– Design load cases (DLC)	43
Table 3	– Partial safety factors for loads γ_f	54
Table 4	– Minimum safety factor $S_{H,min}$ and $S_{F,min}$ for the yaw gear system	63
Table 5	– Threshold values of the terrain complexity categories L, M and H	75
Table 6	– Values of lateral and vertical turbulence standard deviations relative to the longitudinal component depending on terrain complexity category L, M and H	75

Table 7 – Values of turbulence structure correction parameter depending on terrain complexity category L, M and H	76
Table A.1 – Design parameters for describing cold climate wind turbine class S (CC-S)	94
Table B.1 – Design load cases.....	97
Table C.1 – Turbulence spectral parameters for the Kaimal model.....	104
Table E.1 – Number (N) of neighbouring wind turbines	112
Table G.1 – Parameters needed to establish binomial-based confidence intervals	126
Table G.2 – Short-term load exceedance probabilities as a function of hub-height wind speed for different wind turbine classes for use with the IFORM procedure.....	128
Table I.1 – Extreme loading matrix.....	135
Table K.1 – Partial safety factor for model uncertainty, γ_{δ}	145
Table K.2 – Recommended values for partial safety factor for fatigue strength, γ_{Mf}	146
Table K.3 – Recommended partial safety factor for fatigue stresses, γ_{Ff}	147
Table K.4 – Values of k_n for the 5 % characteristic value	151
Table L.1 – Cold climate design load cases	161
Table L.2 – Blade ice mass and airfoil penalty factors used in different analysis types.....	162

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 1: Design requirements

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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61400-1 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2005 and Amendment 1:2010. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) general update and clarification of references and requirements;
- b) extension of wind turbine classes to allow for tropical cyclones and high turbulence;
- c) Weibull distribution of turbulence standard deviation for normal turbulence model (NTM);
- d) updated design load cases (DLCs), in particular DLC 2.1 and 2.2;
- e) revision of partial safety factor specifications;
- f) major revision of Clauses 8, 10 and 11;

- g) introduction of cold climate requirements, Clause 14;
- h) new Annex B on design load cases for site-specific or special class S wind turbine design or site suitability assessment;
- i) new Annex J on prediction of the extreme wind speed of tropical cyclones by using Monte Carlo simulation method;
- j) new Annex K on calibration of structural material safety factors and structural design assisted by testing;
- k) new Annex L on assessment and effects of icing climate;
- l) new Annex M on medium wind turbines.

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

FDIS	Report on voting
88/696/FDIS	88/701/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

The contents of the corrigendum of September 2019 and the Interpretation Sheet 1 (2025-02) have been included in this copy.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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 IEC 61400 outlines minimum design requirements for wind turbines and is not intended for use as a complete design specification or instruction manual.

Any of the requirements of this document may be altered if it can be suitably demonstrated that the safety of the system is not compromised. This provision, however, does not apply to the classification and the associated definitions of external conditions in Clause 6. Compliance with this document does not relieve any person, organization, or corporation from the responsibility of observing other applicable regulations.

This document is not intended to give requirements for wind turbines installed offshore, in particular for the support structure. For offshore installations, reference is made to the IEC 61400-3 series.

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 1: Design requirements

1 Scope

This part of IEC 61400 specifies essential design requirements to ensure the structural integrity of wind turbines. Its purpose is to provide an appropriate level of protection against damage from all hazards during the planned lifetime.

This document is concerned with all subsystems of wind turbines such as control and protection functions, internal electrical systems, mechanical systems and support structures.

This document applies to wind turbines of all sizes. For small wind turbines, IEC 61400-2 can be applied. IEC 61400-3-1 provides additional requirements to offshore wind turbine installations.

This document is intended to be used together with the appropriate IEC and ISO standards mentioned in Clause 2.

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 60034 (all parts), *Rotating electrical machines*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines*

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60204-11:2000, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V AC or 1 500 V DC and not exceeding 36 kV*

IEC 60364 (all parts), *Low voltage electrical installations*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

IEC 61400-3, *Wind turbines – Part 3: Design requirements for offshore wind turbines*

IEC 61400-4, *Wind Turbines – Part 4: Design requirements for wind turbine gearboxes*

IEC 61400-24, *Wind turbines – Part 24: Lightning protection*

IEC 61439 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 61800-4, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 4: General requirements – Rating specifications for AC power drive systems above 1 000 V AC and not exceeding 35 kV*

IEC 61800-5-1, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

IEC 62271 (all parts), *High-voltage switchgear and controlgear*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

IEC 62477-1:2012, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*

ISO 76, *Rolling bearings – Static load ratings*

ISO 281, *Rolling bearings – Dynamic load ratings and rating life*

ISO 2394, *General principles on reliability for structures*

ISO 2533, *Standard Atmosphere*

ISO 4354, *Wind actions on structures*

ISO 6336-2, *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*

ISO 6336-3:2006, *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 3: Calculation of tooth bending strength*

ISO 12494:2001, *Atmospheric icing on structures*

ISO 13850, *Safety of machinery – Emergency stop function – Principles for design*

ISO/TS 16281, *Rolling bearings – Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings*

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 61400-1
Édition 4.0 2019-02

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 1: Exigences de conception

FEUILLE D'INTERPRÉTATION 1

Cette feuille d'interprétation a été établie par le comité d'études 88 de l'IEC: Systèmes de génération d'énergie éolienne.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issu des documents suivants:

DISH	Rapport de vote
88/1065/DISH	88/1078/RVDISH

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette feuille d'interprétation.

Question 1:

Le Paragraphe 6.4.2 mentionne d'autres conditions d'environnement normales qui doivent être prises en compte et, en ce qui concerne plus particulièrement la température, il est mentionné une plage de températures ambiantes comprise entre -10 °C to $+40\text{ °C}$. Cela signifie-t-il que les éoliennes doivent être conçues pour fonctionner à la puissance assignée jusqu'à 40 °C à la limite maximale, ou que l'éolienne peut être conçue pour fonctionner à n'importe quelle limite de température maximale inférieure à 40 °C , soit par exemple 35 °C or 32 °C , etc., ?

Réponse 1:

La norme exige que les éoliennes conçues selon l'une des classes de conception énoncées dans le Tableau 1 du Paragraphe 6.2 soient en mesure de fonctionner et produire à des températures allant jusqu'à $+40\text{ °C}$. Aucune exigence ne stipule que l'éolienne doive générer une puissance assignée maximale à $+40\text{ °C}$.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	178
INTRODUCTION.....	180
1 Domaine d'application	181
2 Références normatives	181
3 Termes et définitions	183
4 Symboles et abréviations.....	192
4.1 Symboles et unités.....	192
4.2 Abréviations.....	195
5 Éléments principaux	195
5.1 Généralités	195
5.2 Méthodes relatives à la conception	195
5.3 Classes de sécurité	196
5.4 Assurance qualité	196
5.5 Marquage des éoliennes	196
6 Conditions externes.....	197
6.1 Généralités	197
6.2 Classes d'éoliennes	197
6.3 Conditions de vent	199
6.3.1 Généralités	199
6.3.2 Conditions normales de vent.....	200
6.3.3 Conditions extrêmes de vent.....	203
6.4 Autres conditions d'environnement.....	208
6.4.1 Généralités	208
6.4.2 Autres conditions d'environnement normales	209
6.4.3 Autres conditions d'environnement extrêmes	209
6.5 Conditions relatives au réseau d'alimentation électrique	210
7 Conception structurelle	210
7.1 Généralités	210
7.2 Méthodologie conceptuelle.....	211
7.3 Charges	211
7.3.1 Généralités	211
7.3.2 Charges d'inertie et gravitationnelles	211
7.3.3 Charges aérodynamiques	211
7.3.4 Charges de manœuvre	212
7.3.5 Autres charges	212
7.4 Situations conceptuelles et cas de charge pour la conception	212
7.4.1 Généralités	212
7.4.2 Production d'électricité (DLC 1.1 à 1.5)	215
7.4.3 Production d'électricité et survenance de panne ou perte du raccordement au réseau électrique (DLC 2.1 à 2.5)	216
7.4.4 Démarrage (DLC 3.1 à 3.3).....	218
7.4.5 Arrêt normal (DLC 4.1 à 4.2).....	219
7.4.6 Arrêt d'urgence (DLC 5.1).....	219
7.4.7 Immobilisation (arrêt ou ralenti) (DLC 6.1 à 6.4)	219
7.4.8 Immobilisation et conditions de panne (DLC 7.1)	220
7.4.9 Transport, assemblage, maintenance et réparation (DLC 8.1 et 8.2).....	221

7.5	Calculs de charge	221
7.6	Analyse de l'état limite ultime.....	222
7.6.1	Méthode	222
7.6.2	Analyse de la résistance ultime	225
7.6.3	Défaillance due la fatigue	229
7.6.4	Stabilité	230
7.6.5	Analyse de la déviation critique	230
7.6.6	Facteurs spéciaux de sécurité partielle	231
8	Système de commande	231
8.1	Généralités	231
8.2	Fonctions de commande	231
8.3	Fonctions de protection.....	232
8.4	Analyse des défaillances du système de commande	232
8.4.1	Généralités	232
8.4.2	Indépendance et défaillances de cause commune	233
8.4.3	Exclusions de défaut	233
8.4.4	Périodes de retour du mode de défaillance	233
8.4.5	Défaillances systématiques	233
8.5	Fonctionnement manuel.....	234
8.6	Fonction du bouton d'arrêt d'urgence	234
8.7	Redémarrage manuel, automatique et à distance.....	234
8.8	Système de freinage	235
9	Systèmes mécaniques.....	236
9.1	Généralités	236
9.2	Erreurs de montage	236
9.3	Systèmes hydrauliques ou pneumatiques.....	236
9.4	Multiplicateur de vitesse principal	237
9.5	Système d'orientation	237
9.6	Système de calage	237
9.7	Freins mécaniques pour fonction de protection	238
9.8	Roulements des éléments roulants	238
9.8.1	Généralités	238
9.8.2	Roulements de l'arbre principal.....	238
9.8.3	Roulements du générateur.....	238
9.8.4	Roulements de calage et d'orientation	238
10	Système électrique	239
10.1	Généralités	239
10.2	Exigences générales pour le système électrique	239
10.3	Conditions d'environnement internes	239
10.4	Dispositifs de protection.....	241
10.5	Déconnexion des sources d'alimentation.....	241
10.6	Système de mise à la terre	241
10.7	Protection contre la foudre.....	242
10.8	Câbles électriques	242
10.9	Autoexcitation	242
10.10	Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre	243
10.11	Qualité de puissance	243
10.12	Compatibilité électromagnétique	243
10.13	Systèmes électroniques de conversion de puissance et matériel.....	243

10.14	Boucle de torsion/d'égouttement	243
10.15	Bagues collectrices	244
10.16	Conducteurs et composants de transmission de puissance verticale	244
10.17	Entraînements par moteur et convertisseurs	245
10.18	Machines électriques	245
10.19	Transformateurs de puissance	245
10.20	Appareillage basse tension	246
10.21	Appareillage haute tension.....	246
10.22	Moyeux.....	246
11	Évaluation d'une éolienne pour des conditions spécifiques au site.....	247
11.1	Généralités	247
11.2	Évaluation de la complexité topographique du site et de ses effets sur la turbulence.....	247
11.2.1	Évaluation de la complexité topographique	247
11.2.2	Évaluation de la structure de la turbulence sur le site	250
11.3	Conditions de vent exigées pour l'évaluation.....	251
11.3.1	Généralités	251
11.3.2	Paramètres de condition de vent.....	251
11.3.3	Montage de mesure	252
11.3.4	Évaluation des données.....	253
11.4	Évaluation des effets de sillage provenant d'éoliennes avoisinantes	253
11.5	Évaluation d'autres conditions d'environnement.....	253
11.6	Évaluation des conditions de tremblements de terre	254
11.7	Évaluation des conditions du réseau électrique.....	255
11.8	Évaluation des conditions du sol	255
11.9	Évaluation de l'intégrité structurelle par référence aux données du vent	255
11.9.1	Généralités	255
11.9.2	Évaluation de l'adaptabilité de la charge de fatigue par référence aux données du vent	256
11.9.3	Évaluation de l'adaptabilité de la charge ultime par référence aux données du vent	257
11.10	Évaluation de l'intégrité structurelle par les calculs de charge par rapport aux conditions spécifiques au site.....	258
12	Assemblage, installation et levage.....	258
12.1	Généralités	258
12.2	Planification	259
12.3	Conditions d'installation	259
12.4	Accès au site	259
12.5	Conditions d'environnement.....	260
12.6	Documentation.....	260
12.7	Réception, manutention et stockage	260
12.8	Fondations / systèmes d'ancrage.....	260
12.9	Assemblage de l'éolienne	260
12.10	Levage de l'éolienne.....	261
12.11	Dispositifs de fixation et attaches.....	261
12.12	Grues, treuils et engins de levage.....	261
13	Mise en service, fonctionnement et maintenance	261
13.1	Généralités	261
13.2	Exigences de conception pour le fonctionnement, le contrôle et la maintenance en toute sécurité	262

13.3	Instructions concernant la mise en service	262
13.3.1	Généralités	262
13.3.2	Alimentation	263
13.3.3	Essais de mise en service	263
13.3.4	Enregistrements	263
13.3.5	Activités postérieures à la mise en service	263
13.4	Manuel d'utilisation de l'opérateur.....	263
13.4.1	Généralités.....	263
13.4.2	Renseignements concernant les enregistrements de fonctionnement et de maintenance	264
13.4.3	Instructions pour l'arrêt automatique non programmé	264
13.4.4	Instructions pour la fiabilité réduite	264
13.4.5	Plan de procédures de travail	264
13.4.6	Plan de procédures d'urgence	265
13.5	Manuel de maintenance	265
14	Climat froid.....	266
14.1	Généralités	266
14.2	Climat à basse température et climat givrant.....	266
14.3	Conditions externes pour le climat froid	266
14.3.1	Généralités	266
14.3.2	Classe d'éoliennes pour le climat froid.....	266
14.4	Conception structurelle	267
14.5	Situations conceptuelles et cas de charge pour la conception.....	267
14.5.1	Généralités.....	267
14.5.2	Calculs de charge.....	268
14.5.3	Choix des matériaux adaptés.....	268
14.6	Systèmes de commande	268
14.7	Systèmes mécaniques	268
14.8	Systèmes électriques.....	269
Annexe A (normative)	Paramètres de conception pour les conditions externes	270
A.1	Paramètres de conception destinés à décrire la classe S d'éoliennes	270
A.1.1	Généralités.....	270
A.1.2	Paramètres de machine.....	270
A.1.3	Conditions de vent.....	270
A.1.4	Conditions du réseau électrique.....	270
A.1.5	Autres conditions d'environnement (si prises en compte).....	271
A.2	Paramètres de conception supplémentaires pour décrire la classe S d'éoliennes en climat froid (CC-S).....	271
Annexe B (informative)	Cas de charge conceptuelle pour éolienne de classe S spécifique au site ou particulière ou évaluation d'adaptabilité au site	273
B.1	Généralités	273
B.2	Production d'électricité (DLC 1.1 à 1.9).....	273
Annexe C (informative)	Modèles de turbulence	277
C.1	Généralités	277
C.2	Modèle de turbulence de cisaillement uniforme de Mann [3]	277
C.3	Modèle de cohérence spectrale et exponentielle de Kaimal [1].....	281
C.4	Documents de référence	282
Annexe D (informative)	Évaluation de la charge sismique	283
D.1	Généralités	283

D.2	Spectre de réponse conceptuel	283
D.3	Modèle de structure	284
D.4	Évaluation de la charge sismique	285
D.5	Charge supplémentaire	286
D.6	Documents de référence	286
Annexe E (informative) Turbulence de sillage et dans le parc éolien		288
E.1	Méthode de la turbulence de sillage ajoutée	288
E.2	Modèle de déstabilisation du sillage dynamique	290
E.2.1	Généralités	290
E.2.2	Déficit de sillage	291
E.2.3	Déstabilisation	292
E.2.4	Turbulence induite du sillage	293
E.2.5	Superposition de sillages	293
E.2.6	Synthèse du modèle	294
E.3	Documents de référence	294
Annexe F (informative) Prédiction de distribution du vent pour les sites des éoliennes par des méthodes de mesure-corrélation-prédiction (MCP)		295
F.1	Généralités	295
F.2	Mesure-corrélation-prédiction (MCP)	295
F.3	Application à la vitesse et à la distribution moyennes annuelles du vent	295
F.4	Application à la vitesse de vent extrême	295
F.5	Documents de référence	296
Annexe G (informative) Extrapolation statistique des charges pour l'analyse de la résistance ultime		297
G.1	Généralités	297
G.2	Extraction de données pour extrapolation	297
G.3	Méthodes d'extrapolation de charge	298
G.3.1	Généralités	298
G.3.2	Extrêmes globaux	298
G.3.3	Extrêmes locaux	300
G.3.4	Distributions empiriques à long terme	300
G.4	Critères de convergence	301
G.4.1	Généralités	301
G.4.2	Estimation du fractile de charge	302
G.4.3	Limites de confiance	302
G.4.4	Intervalles de confiance fondés sur la méthode d'autoamorçage	303
G.4.5	Intervalles de confiance fondés sur la loi binomiale	303
G.5	Méthode inverse de fiabilité du premier ordre (IFORM)	304
G.6	Documents de référence	306
Annexe H (informative) Analyse de fatigue à l'aide de la règle de Miner avec extrapolation des charges		308
H.1	Analyse de fatigue	308
H.2	Documents de référence	312
Annexe I (informative) Charges simultanées		313
I.1	Généralités	313
I.2	Mise à l'échelle	314
I.3	Moyennage	314
Annexe J (informative) Prédiction de la vitesse du vent extrême dans les zones tropicales à l'aide de la méthode de simulation de Monte-Carlo		315

J.1	Généralités	315
J.2	Prédiction de vitesses du vent extrêmes induites par un cyclone tropical	315
J.2.1	Généralités	315
J.2.2	Évaluation des paramètres de cyclone tropical	315
J.2.3	Génération de cyclones tropicaux synthétiques	316
J.2.4	Prédiction des vitesses du vent en limite de cyclone tropical	316
J.3	Prédiction de la vitesse de vent extrême dans des régions au climat contrasté.....	317
J.3.1	Généralités.....	317
J.3.2	Distributions de vent extrême des cyclones extratropicaux par la méthode MCP.....	318
J.3.3	Distributions de vent extrême des cyclones tropicaux par la méthode MCS	318
J.3.4	Détermination de la vitesse de vent extrême dans une région au climat contrasté	318
J.4	Documents de référence	318
Annexe K (informative) Étalonage des facteurs de sécurité des matériaux structurels et conception structurelle assistée par des essais.....		320
K.1	Aperçu et champ d'application	320
K.2	Niveau de fiabilité cible	320
K.3	Formats de sécurité	320
K.4	Étalonage fondé sur la fiabilité	322
K.5	Étalonage à l'aide du format de la valeur de conception.....	323
K.6	Facteurs de sécurité partielle pour la fatigue des éléments soudés dans les structures en acier	323
K.7	Types d'essais des matériaux	325
K.8	Planification des essais.....	325
K.8.1	Généralités	325
K.8.2	Objectifs et domaine d'application	326
K.8.3	Prédiction des résultats d'essai	326
K.8.4	Spécification des éprouvettes et échantillonnage.....	326
K.8.5	Spécifications de charge.....	327
K.8.6	Montage d'essai	327
K.8.7	Mesurages.....	327
K.8.8	Évaluation et consignation de l'essai	327
K.9	Principes généraux des évaluations statistiques	327
K.10	Dérivation des valeurs caractéristiques	328
K.11	Détermination statistique de la valeur caractéristique d'une seule propriété	329
K.12	Détermination statistique de la valeur caractéristique des modèles de résistance	330
K.12.1	Généralités	330
K.12.2	Étape 1: développement d'un modèle de conception.....	331
K.12.3	Étape 2: comparaison des valeurs expérimentales et des valeurs théoriques	331
K.12.4	Étape 3: estimation du facteur de correction de valeur moyenne (biais) b	332
K.12.5	Étape 4: estimation du coefficient de variation des erreurs	332
K.12.6	Étape 5: analyse de la compatibilité.....	333
K.12.7	Étape 6: détermination des coefficients de variation V_{Xi} des variables de base	333
K.12.8	Étape 7: détermination de la valeur caractéristique r_k de la résistance	334

K.13	Documents de référence	335
Annexe L	(informative) Climat froid: évaluation et effets du climat givrant	336
L.1	Évaluation des conditions climatiques givrantes	336
L.1.1	Généralités	336
L.1.2	Climat givrant	336
L.1.3	Givrage du rotor	337
L.1.4	Méthodes de mesure	338
L.1.5	Modification des coefficients de profil pour la glace	338
L.2	Effet de masse de la glace sur les pales de l'éolienne	339
L.3	Situations conceptuelles en climat froid et cas de charge pour la conception	340
L.3.1	Généralités	340
L.3.2	Production d'électricité (DLC 1.1 à 1.6)	340
L.3.3	Immobilisation (arrêt ou ralenti) (DLC 6.1 à 6.5)	340
L.3.4	Immobilisation et conditions de panne (DLC 7.1)	340
L.4	Calculs de charge en climat froid	341
L.5	Documents de référence et bibliographie	341
Annexe M	(informative) Éoliennes moyennes	342
M.1	Présentation	342
M.2	Conditions externes	342
M.2.1	Généralités	342
M.2.2	Cisaillement du vent	342
M.3	Assemblage, installation et levage	342
M.4	Mise en service, fonctionnement et maintenance	343
M.5	Documentation	344
Bibliographie	346
Figure 1	– Écart type de la turbulence et intensité de la turbulence pour le modèle de turbulence normale (NTM)	202
Figure 2	– Exemple de rafale extrême de fonctionnement	204
Figure 3	– Exemple d'amplitude de changement de direction extrême	205
Figure 4	– Exemple de phase transitoire de changement de direction extrême	205
Figure 5	– Exemple d'amplitude de rafale extrême cohérente pour ECD	206
Figure 6	– Changement de direction pour ECD	207
Figure 7	– Exemple de phase transitoire de changement de direction	207
Figure 8	– Exemples de cisaillement vertical extrême du vent positif et négatif, profil du vent avant début de l'événement ($t = 0$, ligne en pointillés) et lors du cisaillement maximal ($t = 6$ s, ligne continue)	208
Figure 9	– Exemples de vitesses du vent au niveau des parties supérieure et inférieure du rotor, respectivement, qui illustrent le cisaillement positif transitoire du vent	208
Figure 10	– Exemples de secteurs de 30° pour l'ajustement des données du terrain	248
Figure 11	– Variation du terrain (Δz) et pente du terrain (θ)	248
Figure 12	– Combinaisons possibles de la vitesse moyenne du vent normalisée et du paramètre de forme de Weibull k (zone ombrée)	256
Figure D.1	– Modèle de structure pour la méthode du spectre de réponse	285
Figure E.1	– Configuration – à l'intérieur d'un parc éolien avec plus de 2 rangées	290
Figure E.2	– Les trois parties essentielles du modèle DWM	291
Figure K.1	– Schéma $r_e - r_t$	332

Figure L.1– Définition du givrage météorologique et du givrage du rotor	337
Figure L.2 – Zone représentative du rotor affectée par la glace telle que définie par la hauteur de givrage du rotor.....	338
Figure L.3 – Facteurs de pénalité de portance et de traînée de profil aérodynamique gelé	339
Tableau 1 – Paramètres de base pour les classes d'éoliennes.....	198
Tableau 2 – Cas de charge pour la conception (DLC)	214
Tableau 3 – Facteurs de sécurité partielle des charges γ_f	227
Tableau 4 – Facteurs de sécurité minimale $S_{H,min}$ et $S_{F,min}$ pour le système d'orientation à engrenage	237
Tableau 5 – Valeurs de seuil des catégories de complexité de terrain L, M et H	250
Tableau 6 – Valeurs des écarts types de turbulence latérale et verticale par rapport à la composante longitudinale en fonction de la catégorie de complexité du terrain L, M et H.....	250
Tableau 7 – Valeurs du paramètre de correction de la structure de la turbulence en fonction de la catégorie de complexité du terrain L, M et H	250
Tableau A.1– Paramètres de conception supplémentaires pour décrire la classe S d'éoliennes en climat froid (CC-S).....	271
Tableau B.1– Cas de charge pour la conception	274
Tableau C.1 – Paramètres du spectre de la turbulence pour le modèle de Kaimal.....	281
Tableau E.1– Nombre (N) d'éoliennes avoisinantes	289
Tableau G.1 – Paramètres nécessaires à l'établissement d'intervalles de confiance binomiaux	304
Tableau G.2 – Probabilités de dépassement de charge à court terme en fonction de la vitesse du vent à hauteur du moyeu pour différentes classes d'éoliennes à utiliser avec la procédure IFORM	306
Tableau I.1 – Matrice de charge extrême	313
Tableau K.1– Facteur de sécurité partielle pour l'incertitude du modèle, γ_δ	323
Tableau K.2 – Valeurs recommandées pour le facteur de sécurité partielle pour la résistance à la fatigue, γ_{Mf}	325
Tableau K.3 – Facteur de sécurité partielle recommandé pour les résistances à la fatigue, γ_{Ff}	325
Tableau K.4 – Valeurs de k_n pour la valeur caractéristique de 5 %.....	330
Tableau L.1– Cas de charge pour la conception en climat froid.....	340
Tableau L.2 – Masse de glace sur la pale et facteurs de pénalité aérodynamique utilisés dans différents types d'analyses	341

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 1: Exigences de conception

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61400-1 a été établie par le comité d'études 88 de l'IEC: Systèmes de génération d'énergie éolienne.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition, parue en 2005, et son Amendement 1:2010. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) mise à jour générale et clarification des références et des exigences;
- b) extension des classes d'éoliennes pour les adapter aux cyclones tropicaux et aux fortes turbulences;
- c) loi de Weibull de l'écart type de la turbulence pour le modèle de turbulence normale (NTM);

- d) cas de charge pour la conception (DLC) mis à jour, en particulier les DLC 2.1 et 2.2;
- e) révision des spécifications du facteur de sécurité partielle;
- f) révision majeure des Articles 8, 10 et 11;
- g) introduction des exigences relatives au climat froid, Article 14;
- h) nouvelle Annexe B sur les cas de charge pour la conception d'éolienne de classe S spécifique au site ou particulière ou à l'évaluation d'adaptabilité au site;
- i) nouvelle Annexe J sur les prévisions de vitesse de vent extrême des cyclones tropicaux par la méthode de simulation de Monte-Carlo;
- j) nouvelle Annexe K sur l'étalonnage des facteurs de sécurité des matériaux de structure et à la conception structurelle assistée par des essais;
- k) nouvelle Annexe L sur l'évaluation et aux effets du climat givrant;
- l) nouvelle Annexe M sur les éoliennes moyennes.

La présente version bilingue (2020-03) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2019-02.

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

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 « <http://webstore.iec.ch> » dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

Le contenu du corrigendum de septembre 2019 et la feuille d'interprétation 1 (2025-02) a été inclus dans cette copie.

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

INTRODUCTION

Cette partie de l'IEC 61400 expose les exigences minimales de conception des éoliennes et n'est pas destinée à servir de spécification intégrale de conception ou de manuel d'instruction.

Toute exigence du présent document peut être modifiée s'il peut être démontré de manière adéquate que la sécurité du système n'est pas compromise. Cette disposition, cependant, ne s'applique pas à la classification et aux définitions associées des conditions externes de l'Article 6. La conformité au présent document ne dégage pas toute personne, organisation ou personne morale de sa responsabilité d'observer d'autres réglementations applicables.

Le présent document n'est pas destiné à donner des exigences pour les éoliennes installées en pleine mer, en particulier pour la structure de support. Pour les installations en pleine mer, il est fait référence à la série IEC 61400-3.

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 1: Exigences de conception

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61400 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité structurelle des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les dangers pendant la durée de vie prévue.

Le présent document concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les fonctions de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de support.

Le présent document s'applique aux éoliennes de toutes dimensions. Pour les petites éoliennes, l'IEC 61400-2 peut s'appliquer. L'IEC 61400-3-1 donne les exigences supplémentaires relatives aux installations d'éoliennes en pleine mer.

Le présent document est destiné à être utilisé avec les normes IEC et ISO appropriées mentionnées à l'Article 2.

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 60034 (toutes les parties), *Machines électriques tournantes*

IEC 60038, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

IEC 60071-2, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Lignes directrices en matière d'application*

IEC 60076 (toutes les parties), *Transformateurs de puissance*

IEC 60204-1, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60204-11:2000, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 11: Prescriptions pour les équipements HT fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. et ne dépassant pas 36 kV*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension - Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension - Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60721 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements industriels*

IEC 61400-3, *Wind turbines - Part 3 : design requirements for offshore wind turbines* (disponible en anglais seulement)

IEC 61400-4, *Wind Turbines – Part 4: Design requirements for wind turbine gearboxes* (disponible en anglais seulement)

IEC 61400-24, *Wind turbines – Part 24: Lightning protection* (disponible en anglais seulement)

IEC 61439 (toutes les parties), *Ensembles d'appareillage à basse tension*

IEC 61800-4, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 4: Exigences générales - Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînements de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1 000 V alternatif et ne dépassant pas 35 kV*

IEC 61800-5-1, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 5-1: Exigences de sécurité - Électrique, thermique et énergétique*

IEC 62271 (toutes les parties), *Appareillage à haute tension*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard* (disponible en anglais seulement)

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures* (disponible en anglais seulement)

IEC 62477-1:2012, *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance - Partie 1: Généralités*

ISO 76, *Roulements – Charges statiques de base*

ISO 281, *Roulements – Charges dynamiques de base et durée nominale*

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

ISO 2533, *Atmosphère Type*

ISO 4354, *Actions du vent sur les structures*

ISO 6336-2, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale - Partie 2: Calcul de la résistance à la pression de contact (piqûre).*

ISO 6336-3:2006, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale - Partie 3: Calcul de la résistance à la flexion en pied de dent*

ISO 12494:2001, *Charges sur les structures dues à la glace*

ISO 13850, *Sécurité des machines - Fonction d'arrêt d'urgence - Principes de conception*

ISO/TS 16281, *Roulements - Méthodes de calcul de la durée nominale de référence corrigée pour les roulements chargés universellement*