IEC 61400-12-2

Edition 2.0 2022-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Wind energy generation systems – Part 12-2: Power performance of electricity producing wind turbines based on nacelle anemometry

Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 12-2: Performance de puissance des éoliennes de production d'électricité fondée sur l'anémométrie de nacelle

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-5594-0

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms and definitions 10
4 Symbols, units and abbreviated terms 14
5 Overview of test method 17
6 Preparation for performance test 19
6.1 General 19
6.2 Wind turbine 19
6.3 Test site 19
6.4 Nacelle wind speed transfer function 20
6.5 Test plan 20
7 Test equipment 20
7.1 Electric power 20
7.2 Wind speed 21
7.3 Wind direction 21
7.4 Air density 21
7.5 Rotor speed 22
7.6 Pitch angle 22
7.7 Wind turbine status 22
7.8 Data acquisition 22
8 Measurement procedure 23
8.1 General 23
8.2 Wind turbine operation 23
8.3 Data system(s) synchronisation 23
8.4 Data collection 24
8.5 Data quality check 24
8.5.1 General 24
8.5.2 Measured signals are in range and available 24
8.5.3 Sensors are operating properly 24
8.5.4 Ensure data acquisition system(s) is/are operating properly 25
8.5.5 Sector self-consistency check 25
8.6 Data rejection 25
8.7 Data correction 26
8.8 Database 26
9 Derived results 27
9.1 Data normalisation – Density correction 27
9.2 Determination of measured power curve 28
9.3 Annual energy production (AEP) 28
9.4 Power coefficient 29
9.5 Uncertainty analysis 30
10 Reporting format 30
Annex A (normative) Nacelle wind speed transfer function validity procedure 38
A.1 General 38

A.2 Measurement procedure: 38
A.3 Terrain class and slope: 38
A.4 Measurement hardware: 38
A.5 Other turbine hardware: 38
A.6 Turbine controls: 39
Annex B (normative) Evaluation of uncertainty in measurement 40
B.1 General 40
B.2 The measurands 40
B.3 Uncertainty components 40
B.4 Wind direction uncertainty 42
Annex C (normative) Theoretical basis for determining the uncertainty of measurement using the method of bins 43
C.1 General 43
C.2 Propagation of uncertainty through the stages of NTF/NPC measurement 44
C.3 Category A uncertainties 47
C.3.1 General 47
C.3.2 Category A uncertainty in electric power 47
C.4 Category B uncertainties 49
C.4.1 General 49
C.4.2 Category B uncertainties in climatic variations 49
C.5 Expanded uncertainty 49
Annex D (normative) NPC uncertainty estimates and calculation 51
D.1 Methods and assumptions 51
D.1.1 General 51
D.1.2 Nacelle power curve uncertainty component estimates 51
D.1.3 Wind direction uncertainty 54
D.1.4 Contribution factors 55
D.2 Uncertainty example calculations 57
D.2.1 Example description 57
D.2.2 Example case – NTF uncertainty 57
D.2.3 Example case – NPC uncertainty 58
Annex E (normative) Allowable anemometry instrument types 60
E.1 General 60
E.2 Calibration of sonic anemometers 60
E.2.1 General 60
E.2.2 Step 1: Wind speed calibration (required) 60
E.2.3 Step 2: Wind direction calibration (required) 61
E.2.4 Step 3: Tilting test (recommended) 61
E.3 Recalibration of sonic anemometers 61
E.4 Uncertainty of sonic and propeller anemometers 61
Annex F (informative) Results and uncertainty considerations 62
F.1 General 62
F.2 Method for calculation of measurement uncertainty 62
F.3 Method for calculation of sampling uncertainty 66
F.4 Combined measurement and sampling uncertainty 66
Annex G (informative) Example multi-turbine NTF/NPC uncertainty calculation 67
G.1 Overview 67
G.2 Outline of procedure: 67

G.3 Example of measurement uncertainty calculation 70
G.4 Example of sampling uncertainty calculation 74
G.5 Combined uncertainty 74
G.6 Discussion of sample size and uncertainty 74
Annex H (informative) Organisation of test, safety and communication 76
H.1 Overview 76
H.2 Responsibility for test 76
H.3 Safety during test 76
H.4 Communication 76
H.5 Prior to test 76
H.6 During test 76
H.7 After test 77
Bibliography 78

Figure 1 – Procedural overview 18
Figure 2 – Presentation of sample data: nacelle power performance test scatter plots 34
Figure 3 – Presentation of sample data: binned power curve with uncertainty bands 34
Figure 4 – Example of sample data: measured power curve and C_p curve 35
Figure G.1 – Impact of multiple turbine testing on measurement uncertainty 74
Figure G.2 – Impact of multiple turbine testing on sampling uncertainty 75

Table 1 – Example of a measured power curve 36
Table 2 – Example of estimated annual energy production 37
Table B.1 – Uncertainty components in nacelle power curve evaluation 41
Table B.2 – Uncertainty components in nacelle based absolute wind direction 42
Table C.1 – Example cancellation sources 45
Table C.2 – List of category A and B uncertainties for NPC 48
Table C.3 – Expanded uncertainties 50
Table D.1 – Estimates for uncertainty components from NPC measurement 52
Table D.2 – Estimates for $u_{V5,i}$ for NPC terrain class 54
Table D.3 – Estimates for uncertainty components for wind direction 55
Table D.4 – Estimates for contribution factors for NPC 56
Table G.1 – List of correlated uncertainty components 68
Table G.2 – Sample AEP and uncertainty data from three turbines 70
Table G.3 – Component uncertainty contribution to AEP uncertainty on turbine 1 71
Table G.4 – Combination of uncertainty components across turbines 72

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 12-2: Power performance of electricity producing wind turbines based on nacelle anemometry

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.

IEC 61400-12-2 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems. It is an International Standard.

This second edition of IEC 61400-12-2 is part of a structural revision that cancels and replaces the performance standards IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013. The structural revision contains no technical changes with respect to IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013, but the parts that relate to wind measurements, measurement of site calibration and assessment of obstacle and terrain have been extracted into separate standards.

The purpose of the re-structure was to allow the future management and revision of the power performance standards to be carried out more efficiently in terms of time and cost and to provide a more logical division of the wind measurement requirements into a series of separate standards which could be referred to by other use case standards in the IEC 61400 series and subsequently maintained and developed by appropriate experts.

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

Draft	Report on voting
88/823/CDV	88/868/RVC

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/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 61400 series, published 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,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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 second edition contains no technical changes with respect to the previous edition but the parts that relate to wind measurements, measurement of nacelle transfer functions and assessment of obstacles and terrain have been extracted into separate standards. The separated standards comprise:

– IEC 61400-50, *Wind measurements – Overview*

– IEC 61400-50-1, *Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments*

– IEC 61400-50-2, *Wind measurement – Application of ground-mounted remote sensing technology*

– IEC 61400-12, *Power performance measurements of electricity producing wind turbines – Overview*

– IEC 61400-12-1, *Power performance measurement of electricity producing wind turbines*

– IEC 61400-12-2, *Power performance of electricity producing turbines based on nacelle anemometry*

– IEC 61400-12-3, *Power performance – Measurement based site calibration*

– IEC 61400-12-5, *Power performance – Assessment of obstacles and terrain*

– IEC 61400-12-6, *Measurement based nacelle transfer function of electricity producing wind turbines.*

This procedure describes how to characterise a wind turbine's power performance characteristics in terms of a measured power curve and the estimated annual energy production (AEP) based on nacelle-anemometry. In this procedure, the anemometer is located on or near the test turbine's nacelle. In this location, the anemometer is measuring wind speed that is strongly affected by the test turbine's rotor. The procedure provides guidance on determination of measurement uncertainty including assessment of uncertainty sources and recommendations for combining them into uncertainties in reported power and AEP.

The measured power curve is determined by collecting simultaneous measurements of nacelle-measured wind speed and power output for a period that is long enough to establish a statistically significant database over a range of wind speeds and under varying wind and atmospheric conditions. In order to accurately measure the power curve, the nacelle-measured wind speed is adjusted using a transfer function to estimate the free stream wind speed. The procedure to measure such a transfer function is given in IEC 61400-12-6. The AEP is calculated by applying the measured power curve to the reference wind speed frequency distributions, assuming 100 % availability.

A key element of power performance testing is the measurement of wind speed. Even when anemometers are carefully calibrated in a quality wind tunnel, fluctuations in magnitude and direction of the wind vector can cause different anemometers to perform differently in the field. Further, the flow conditions close to a turbine nacelle are complex and variable. Therefore special care should be taken in the selection and installation of the anemometer. These issues are addressed in this document.

This document will benefit those parties involved in the manufacture, installation, planning and permitting, operation, utilisation and regulation of wind turbines. When appropriate, the technically accurate measurement and analysis techniques recommended in this document should be applied by all parties to ensure that continuing development and operation of wind turbines is carried out in an atmosphere of consistent and accurate communication relative to environmental concerns. This document presents measurement and reporting procedures expected to provide accurate results that can be replicated by others.

Meanwhile, a user of this document should be aware of differences that arise from large variations in wind shear and turbulence intensity, and from the chosen criteria for data selection. Therefore, a user should consider the influence of these differences and the data selection criteria in relation to the purpose of the test before contracting power performance measurements.

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 12-2: Power performance of electricity producing wind turbines based on nacelle anemometry

1 Scope

This part of IEC 61400-12 specifies a procedure for verifying the power performance characteristics of a single electricity-producing, horizontal axis wind turbine that is not considered to be a small wind turbine per IEC 61400-2. It is expected that this document be used when the specific operational or contractual specifications do not comply with the requirements set out in IEC 61400-12-1. The procedure can be used for power performance evaluation of specific turbines at specific locations, but equally the methodology can be used to make generic comparisons between different turbine models or different turbine settings.

The purpose of this document is to provide a uniform methodology of measurement, analysis, and reporting of power performance characteristics for individual electricity producing wind turbines utilising nacelle-anemometry methods. This document is intended to be applied only to horizontal axis wind turbines of sufficient size that the nacelle-mounted anemometer does not significantly affect the flow through the turbine's rotor and around the nacelle and hence does not affect the wind turbine's performance. The intent of this document is that the methods presented in this document be utilised when the requirements set out in IEC 61400-12-1 are not feasible. This will ensure that the results are as consistent, accurate, and reproducible as possible within the current state of the art for instrumentation and measurement techniques.

This document describes how to characterise a wind turbine's power performance in terms of a measured power curve and the estimated AEP. Guidance on uncertainty considerations relating to the power performance of the sample of turbines tested relative to the power performance of all turbines in a wind farm is provided. Guidance on the evaluation of the combined uncertainty for the case where multiple turbines are tested is also 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 60688:2021, *Electrical measuring transducers for converting AC and DC electrical quantities to analogue or digital signals*

IEC 61400-12-1, *Wind energy generation systems – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines*

IEC 61400-12-3, *Wind energy generation systems – Part 12-3: Power performance – Measurement based site calibration*

IEC 61400-12-5:2022, *Wind energy generation systems – Part 12-5: Power performance – Assessment of obstacles and terrain*

IEC 61400-12-6, *Wind energy generation systems – Part 12-6: Measurement based nacelle transfer function of electricity producing wind turbines*

IEC 61400-50-1, *Wind energy generation systems – Part 50-1: Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments*

IEC 61869-2, *Instrument transformers – Part 2: Additional requirements for current transformers*

IEC 61869-3, *Instrument transformers – Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers*

ISO 2533:1975, *Standard atmosphere*

ISO/IEC GUIDE 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 83
INTRODUCTION 85
1 Domaine d’application 87
2 Références normatives 87
3 Termes et définitions 88
4 Symboles, unités et termes abrégés 92
5 Vue d’ensemble de la méthode d’essai 95
6 Préparation de l'essai de performance 98
6.1 Généralités 98
6.2 Éolienne 98
6.3 Site d'essai 98
6.4 Fonction de transfert de vitesse du vent à la nacelle 99
6.5 Plan d’essai 100
7 Matériel d'essai 100
7.1 Puissance électrique 100
7.2 Vitesse du vent 100
7.3 Direction du vent 100
7.4 Masse volumique de l'air 100
7.5 Vitesse du rotor 101
7.6 Angle de pas 101
7.7 État de l'éolienne 102
7.8 Acquisition de données 102
8 Procédure de mesure 102
8.1 Généralités 102
8.2 Fonctionnement de l'éolienne 103
8.3 Synchronisation du ou des systèmes d'acquisition de données 103
8.4 Collecte des données 103
8.5 Contrôle de qualité des données 104
8.5.1 Généralités 104
8.5.2 Les signaux mesurés sont dans la plage de mesure et sont disponibles 104
8.5.3 Les capteurs fonctionnent correctement 104
8.5.4 Assurer que le ou les systèmes d'acquisition de données fonctionnent correctement 104
8.5.5 Vérification de la cohérence interne des secteurs 105
8.6 Rejet des données 105
8.7 Correction des données 106
8.8 Base de données 106
9 Résultats déduits 107
9.1 Normalisation des données – Correction de la masse volumique 107
9.2 Détermination de la courbe de puissance mesurée 108
9.3 Production annuelle d'énergie (AEP) 108
9.4 Coefficient de puissance 110
9.5 Analyse d'incertitude 110
10 Format de rapport 110

Annexe A (normative) Procédure du contrôle de validité de la fonction de transfert de vitesse du vent à la nacelle 118
A.1 Généralités 118
A.2 Procédure de mesure: 118
A.3 Classe de terrain et pente: 118
A.4 Matériel de mesure: 118
A.5 Matériel des autres éoliennes: 118
A.6 Commandes de l'éolienne: 119
Annexe B (normative) Évaluation de l'incertitude de mesure 120
B.1 Généralités 120
B.2 Mesurandes 120
B.3 Composantes d'incertitude 120
B.4 Incertitude de direction du vent 122
Annexe C (normative) Fondements théoriques de la détermination de l'incertitude de mesure à l'aide de la méthode des tranches 123
C.1 Généralités 123
C.2 Propagation de l'incertitude au cours des étapes de mesure de la NTF/NPC 125
C.3 Incertitudes de catégorie A 127
C.3.1 Généralités 127
C.3.2 Incertitude de catégorie A sur la puissance électrique 127
C.4 Incertitudes de catégorie B 129
C.4.1 Généralités 129
C.4.2 Incertitudes de catégorie B dans les variations climatiques 129
C.5 Incertitude élargie 129
Annexe D (normative) Estimations et calcul de l'incertitude de la NPC 131
D.1 Méthodes et hypothèses 131
D.1.1 Généralités 131
D.1.2 Estimations de la composante d'incertitude de la courbe de puissance de la nacelle 131
D.1.3 Incertitude de direction du vent 135
D.1.4 Facteurs de contribution 136
D.2 Exemples de calculs d'incertitude 137
D.2.1 Description des exemples 137
D.2.2 Exemple de cas – Incertitude de la NTF 137
D.2.3 Exemple de cas – Incertitude de la NPC 138
Annexe E (normative) Types d'appareils d'anémométrie admissibles 140
E.1 Généralités 140
E.2 Étalonnage des anémomètres soniques 140
E.2.1 Généralités 140
E.2.2 Étape 1: Étalonnage de la vitesse du vent (exigé) 140
E.2.3 Étape 2: Étalonnage de la direction du vent (exigé) 141
E.2.4 Étape 3: Essai d'inclinaison (recommandé) 141
E.3 Réétalonnage des anémomètres soniques 141
E.4 Incertitude des anémomètres soniques et à hélice 141
Annexe F (informative) Résultats et considérations sur l'incertitude 142
F.1 Généralités 142
F.2 Méthode de calcul de l'incertitude de mesure 143
F.3 Méthode de calcul de l'incertitude d'échantillonnage 146
F.4 Incertitude composée de mesure et d'échantillonnage 147

Annexe G (informative) Exemple de calcul d'incertitude sur la NTF/NPC pour plusieurs éoliennes 148
G.1 Vue d'ensemble 148
G.2 Vue d'ensemble de la procédure: 148
G.3 Exemple de calcul d'incertitude de mesure 152
G.4 Exemple de calcul d'incertitude d'échantillonnage 156
G.5 Incertitude composée 156
G.6 Explication de la taille de l'échantillon et de l'incertitude 156
Annexe H (informative) Organisation de l'essai, de la sécurité et de la communication 158
H.1 Vue d'ensemble 158
H.2 Responsabilité de l'essai 158
H.3 Sécurité pendant l'essai 158
H.4 Communication 158
H.5 Avant l'essai 158
H.6 Pendant l'essai 158
H.7 Après l'essai 159
Bibliographie 160

Figure 1 – Vue d'ensemble du mode opératoire 97
Figure 2 – Présentation de données d'échantillonnage: diagrammes de dispersion de l'essai de performance de puissance de la nacelle 114
Figure 3 – Présentation de données d'échantillonnage: courbe de puissance en tranches avec les plages d'incertitude 115
Figure 4 – Présentation de données d'échantillonnage: courbe de puissance mesurée et courbe du coefficient de puissance C_p mesurée 115
Figure G.1 – Impact du nombre d'éoliennes en essai sur l'incertitude de mesure 157
Figure G.2 – Impact du nombre d'éoliennes en essai sur l'incertitude d'échantillonnage 157

Tableau 1 – Exemple de présentation d'une courbe de puissance mesurée 116
Tableau 2 – Exemple de production annuelle d'énergie estimée 117
Tableau B.1 – Composantes d'incertitude dans l'évaluation de la courbe de puissance de la nacelle 121
Tableau B.2 – Composantes d'incertitude de la direction absolue du vent mesurée à la nacelle 122
Tableau C.1 – Exemple de sources d'annulation 125
Tableau C.2 – Liste des incertitudes de catégories A et B pour la NPC 128
Tableau C.3 – Incertitudes élargies 130
Tableau D.1 – Estimations des composantes d'incertitude d'après le mesurage de la NPC 132
Tableau D.2 – Estimations de $u_{V5,i}$ pour une classe de terrain de la NPC 134
Tableau D.3 – Estimations des composantes d'incertitude sur la direction du vent 135
Tableau D.4 – Estimations des facteurs de contribution pour la NPC 136
Tableau G.1 – Liste des composantes d'incertitude corrélées 149
Tableau G.2 – Exemple d'AEP et de données d'incertitude des trois éoliennes 152
Tableau G.3 – Contribution de l'incertitude des composantes à l'incertitude de l'AEP de l'éolienne 1 153
Tableau G.4 – Combinaison des composantes d'incertitude entre les éoliennes 154

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 12-2: Performance de puissance des éoliennes de production d'électricité fondée sur l'anémométrie de nacelle

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'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.

L'IEC 61400-12-2 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.

Cette deuxième édition de l'IEC 61400-12-2 fait partie d'une révision structurelle qui annule et remplace les normes de performance IEC 61400-12-1:2017 et IEC 61400-12-2:2013. Cette révision structurelle ne contient aucune modification technique par rapport à l'IEC 61400-12-1:2017 et l'IEC 61400-12-2:2013. Toutefois, les parties relatives aux mesurages du vent, au mesurage de l'étalonnage du site et à l'évaluation des obstacles et du terrain ont été extraites vers des normes distinctes.

Cette restructuration a pour objet de permettre, à l'avenir, une gestion et une révision plus efficaces des normes de performance de puissance en matière de temps et de coût, ainsi que de fournir une division plus logique des exigences de mesure du vent en une série de normes distinctes auxquelles d'autres normes de cas d'utilisation de la série IEC 61400 pourront faire

référence. Ces normes distinctes pourront ultérieurement être maintenues et élaborées par les experts appropriés.

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

Projet	Rapport de vote
88/823/CDV	88/868/RVC

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.

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/standardsdev/publications.

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.

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

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

Cette deuxième édition n'inclut pas de modification technique par rapport à l'édition précédente, mais les parties relatives aux mesurages du vent, aux mesurages des fonctions de transfert de la nacelle et à l'évaluation des obstacles et du terrain ont été extraites vers des normes distinctes. Ces normes distinctes comprennent:

– IEC 61400-50, *Mesurages du vent – Vue d'ensemble*

– IEC 61400-50-1, *Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments* (disponible en anglais seulement)

– IEC 61400-50-2, *Mesurage du vent – Application de la technologie de télédétection montée au sol*

– IEC 61400-12: *Mesurages de performance de puissance des éoliennes de production d'électricité – Vue d'ensemble*

– IEC 61400-12-1, *Mesures de performance de puissance des éoliennes de production d'électricité*

– IEC 61400-12-2, *Performance de puissance des éoliennes de production d'électricité fondée sur l'anémométrie de nacelle*

– IEC 61400-12-3, *Performance de puissance – Étalonnage du site fondé sur le mesurage*

– IEC 61400-12-5, *Performance de puissance – Évaluation des obstacles et du terrain*

– IEC 61400-12-6, *Fonction de transfert de la nacelle fondée sur le mesurage des éoliennes de production d'électricité*

Cette procédure décrit la façon de déterminer la performance de puissance d'une éolienne en matière de courbe de puissance mesurée et de production annuelle d'énergie (AEP – annual energy production) estimée en se fondant sur l'anémométrie de nacelle. Dans cette procédure, l'anémomètre est situé sur ou près de la nacelle de l'éolienne d'essai. À cet emplacement, l'anémomètre mesure la vitesse du vent, qui subit une forte influence du rotor de l'éolienne d'essai. Cette procédure fournit également des recommandations relatives à la détermination de l'incertitude de mesure, incluant l'évaluation des sources d'incertitude et des recommandations pour les combiner en incertitudes de puissance et d'AEP consignées.

La courbe de puissance mesurée est déterminée en collectant des mesurages simultanés de la vitesse du vent mesurée à la nacelle et de la puissance de sortie pendant une période suffisamment longue pour créer une base de données statistiquement significative sur une plage donnée de vitesses du vent et dans des conditions de vent et des conditions atmosphériques variables. Pour mesurer avec exactitude la courbe de puissance, la vitesse du vent mesurée à la nacelle est réglée en utilisant une fonction de transfert pour estimer la vitesse du vent en écoulement libre. La procédure de mesure de cette fonction de transfert est présentée dans l'IEC 61400-12-6. L'AEP est calculée en appliquant la courbe de puissance mesurée aux distributions de fréquence de vitesses du vent de référence, en prenant pour hypothèse une disponibilité de 100 %.

Un élément fondamental de l'essai de performance de puissance est le mesurage de la vitesse du vent. Même lorsque les anémomètres sont soigneusement étalonnés dans une soufflerie de qualité, les fluctuations de l'amplitude et de la direction du vecteur vent peuvent entraîner des différences de performance entre les anémomètres sur le terrain. De plus, les conditions d'écoulement à proximité de la nacelle d'une éolienne sont complexes et variables. Il convient donc d'apporter un soin particulier au choix et à l'installation de l'anémomètre. Ces questions sont traitées dans le présent document.

Le présent document est utile aux parties impliquées dans la fabrication, l'installation, la planification et la délivrance de permis, le fonctionnement, l'exploitation et la réglementation des éoliennes. Le cas échéant, il convient que toutes les parties appliquent les techniques de mesure et d'analyse techniquement exactes recommandées dans le présent document pour assurer le développement et le fonctionnement en continu des éoliennes dans un climat de communication cohérente et exacte par rapport aux préoccupations environnementales. Il décrit les procédures de mesure et de rapport qui sont réputées donner des résultats exacts pouvant être reproduits par d'autres personnes.

D'autre part, il convient que les utilisateurs du présent document soient informés des différences qui découlent des variations importantes du cisaillement du vent et de l’intensité de turbulence, ainsi que des critères retenus pour le choix des données. Il convient donc que les utilisateurs prennent en considération l'influence de ces différences ainsi que des critères de choix des données par rapport à l'objectif de l'essai avant de procéder aux mesurages de performance de puissance.

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 12-2: Performance de puissance des éoliennes de production d'électricité fondée sur l'anémométrie de nacelle

1 Domaine d’application

La présente partie de l’IEC 61400-12 spécifie une procédure de vérification des caractéristiques de performance de puissance d'une éolienne simple de production d'électricité à axe horizontal, qui n'est pas considérée comme un petit aérogénérateur selon l’IEC 61400-2. Il est prévu que le présent document soit utilisé lorsque les spécifications de fonctionnement ou contractuelles spécifiques ne sont pas conformes aux exigences définies dans l’IEC 61400-12-1. Cette procédure peut être utilisée pour évaluer la performance de puissance d’éoliennes spécifiques à des emplacements spécifiques, mais elle peut également être utilisée pour effectuer des comparaisons génériques entre différents modèles d’éoliennes ou différents réglages d’éoliennes.

Le présent document a pour objet de fournir une méthodologie uniforme de mesure, d'analyse et de rapport des caractéristiques de performance de puissance de chacune des éoliennes de production d'électricité qui applique les méthodes d'anémométrie de nacelle. Le présent document est destiné à être appliqué uniquement aux éoliennes à axe horizontal et de taille suffisante pour que l’anémomètre monté sur la nacelle n’ait pas d’influence significative sur l’écoulement d’air dans le rotor de l’éolienne et autour de la nacelle, et n’ait donc pas d’influence sur les performances de l’éolienne. Le but du présent document est que les méthodes qu’il présente soient utilisées lorsque les exigences définies dans l’IEC 61400-12-1 ne sont pas réalisables. Cela assure des résultats aussi cohérents, exacts et reproductibles que possible dans l'état actuel de l'art des techniques d'instrumentation et de mesure.

Le présent document décrit la façon de déterminer les performances de puissance d’une éolienne en matière de courbe de puissance mesurée et d’AEP estimée. Il fournit des recommandations relatives à l’incertitude de performance de puissance de l’échantillon d’éoliennes soumises à l’essai par rapport à la performance de puissance de toutes les éoliennes dans un parc éolien. Il donne également des recommandations relatives à l’évaluation des incertitudes composées pour le cas où plusieurs éoliennes sont soumises à l’essai.

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 60688:2021, *Transducteurs électriques de mesure convertissant les grandeurs électriques alternatives ou continues en signaux analogiques ou numériques*

IEC 61400-12-1, *Systèmes de génération d’énergie éolienne – Partie 12-1: Mesures de performance de puissance des éoliennes de production d’électricité*

IEC 61400-12-3, *Systèmes de génération d’énergie éolienne – Partie 12-3: Performance de puissance – Étalonnage du site fondé sur le mesurage*

IEC 61400-12-5:2022, *Systèmes de génération d’énergie éolienne – Partie 12-5: Performance de puissance – Évaluation des obstacles et du terrain*

IEC 61400-12-6, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 12-6: Fonction de transfert de la nacelle fondée sur le mesurage des éoliennes de production d'électricité*

IEC 61400-50-1, *Wind energy generation systems – Part 50-1: Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments* (disponible en anglais seulement)

Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 50-1: Mesurages du vent – Application d'instruments météorologiques montés sur mât, nacelle et nez de rotor

IEC 61869-2, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant*

IEC 61869-3, *Transformateurs de mesure – Partie 3: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs inductifs de tension*

ISO 2533:1975, *Atmosphère Type*

Guide ISO/IEC 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*