

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Wind turbines –

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

Eoliennes –

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XE

ICS 27.180

ISBN 978-2-83220-658-4

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Symbols and units	13
5 Overview of test method	16
6 Preparation for performance test	19
6.1 General	19
6.2 Wind turbine	19
6.3 Test site	19
6.3.1 Terrain classification.....	20
6.3.2 RIX indices	20
6.3.3 Average slope	21
6.3.4 Determine terrain class.....	21
6.3.5 Ridge formations	22
6.4 Nacelle wind speed transfer function	23
6.5 Test plan	23
7 Test equipment.....	23
7.1 Electric power	23
7.2 Wind speed	24
7.3 Wind direction	24
7.3.1 Nacelle yaw position sensor	24
7.3.2 Nacelle wind direction sensor	25
7.3.3 Wind direction	25
7.4 Air density	25
7.5 Rotor speed	26
7.6 Pitch angle	26
7.7 Wind turbine status	26
7.8 Data acquisition.....	26
8 Measurement procedure	27
8.1 General	27
8.2 Wind turbine operation	27
8.3 Data system(s) synchronisation.....	27
8.4 Data collection	28
8.5 Data quality check.....	28
8.6 Data rejection.....	29
8.7 Data correction.....	30
8.8 Database.....	30
9 Derived results	31
9.1 Data normalisation	31
9.1.1 Density correction.....	31
9.2 Determination of measured power curve.....	32
9.3 Annual energy production (AEP).....	32
9.4 Power coefficient.....	33
9.5 Uncertainty analysis	34

10 Reporting format.....	34
Annex A (informative) Nacelle instrument mounting	42
Annex B (normative) Measurement sector procedure	44
Annex C (normative) Nacelle wind speed transfer function validity procedure	49
Annex D (normative) Nacelle wind speed transfer function measurement procedure	51
Annex E (normative) Evaluation of uncertainty in measurement	58
Annex F (normative) Theoretical basis for determining the uncertainty of measurement using the method of bins	62
Annex G (normative) NTF/NPC uncertainty estimates and calculation.....	70
Annex H (normative) Allowable anemometry instrument types	83
Annex I (informative) Results and uncertainty considerations.....	85
Annex J (informative) Example multi-turbine NTF/NPC uncertainty calculation.....	90
Annex K (informative) Organisation of test, safety and communication.....	98
Annex L (informative) NPC and NTF flowchart	100
 Figure 1 – Procedural overview.....	 18
Figure 2 – Presentation of example data: transfer function resulting from Annex D	37
Figure 3 – Presentation of example data: nacelle power performance test scatter plots	38
Figure 4 – Presentation of example data: binned power curve with uncertainty bands	38
Figure 5 – Presentation of example data: measured power curve and C_p curve	39
Figure A.1 – Mounting of anemometer on top of nacelle.....	43
Figure B.1 – Sectors to exclude due to wakes of neighbouring and operating wind turbines and significant obstacles	46
Figure B.2 – Example of the result of a sector self-consistency check.....	48
Figure D.1 – Nacelle transfer function for wind speed	56
Figure J.1 – Impact of multiple turbine testing on measurement uncertainty	97
Figure J.2 – Impact of multiple turbine testing on sampling uncertainty	97
Figure L.1 – NPC flowchart	100
Figure L.2 – NTF flowchart.....	101
 Table 1 – Slope terrain classification	 21
Table 2 – RIX terrain classification.....	22
Table 3 – Final terrain class.....	22
Table 4 – Maximum ridge step effects on terrain class	22
Table 5 – Example of a measured power curve.....	40
Table 6 – Example of estimated annual energy production.....	41
Table B.1 – Obstacle requirements: relevance of obstacles	45
Table D.1 – Example of presentation of a measured power curve based on data from the meteorological mast, for consistency check	57
Table E.1 – Uncertainty components in nacelle transfer function evaluation.....	59
Table E.2 – Uncertainty components in nacelle power curve evaluation	60
Table E.3 – Uncertainty components in nacelle based absolute wind direction	61
Table F.1 – Example cancellation sources	64
Table F.2 – List of category A and B uncertainties for NTF	64

Table F.3 – List of category A and B uncertainties for NPC	66
Table F.4 – Expanded uncertainties	69
Table G.1 – Estimates for uncertainty components from site calibration	70
Table G.2 – Estimates for uncertainty components from NTF measurement	72
Table G.3 – Estimates for uncertainty components from NPC measurement	74
Table G.4 – Estimates for $u_{V5,i}$ for NPC terrain class	76
Table G.5 – Estimates for uncertainty components for wind direction	77
Table G.6 – Estimates for contribution factors for site calibration	78
Table G.7 – Estimates for contribution factors for NTF	79
Table G.8 – Estimates for contribution factors for NPC	80
Table J.1 – List of correlated uncertainty components	91
Table J.2 – Sample AEP and uncertainty data from 3 turbines	93
Table J.3 – Component uncertainty contribution to AEP uncertainty on turbine 1	93
Table J.4 – Combination of uncertainty components across turbines	95

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WIND TURBINES –

**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.

International Standard IEC 61400-12-2 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind turbines.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
88/442/FDIS	88/445/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

The purpose of this part of IEC 61400-12 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 standard 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 standard is that the methods presented herein be utilised when the requirements set forth in IEC 61400-12-1:2005 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 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. This procedure includes methods for determining and applying appropriate corrections for this interference. However, it must be noted that these corrections inherently increase the measurement uncertainty compared to a properly-configured test conducted in accordance with IEC 61400-12-1:2005. The procedure also provides guidance on determination of measurement uncertainty including assessment of uncertainty sources and recommendations for combining them into uncertainties in reported power and AEP.

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 standard.

The standard 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 standard 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 standard presents measurement and reporting procedures expected to provide accurate results that can be replicated by others.

Meanwhile, a user of the standard 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 TURBINES –

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, which is not considered to be a small wind turbine per IEC 61400-2. It is expected that this standard will be used when the specific operational or contractual specifications may not comply with the requirements set forth in IEC 61400-12-1:2005. 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 wind turbine power performance characterised by the measured power curve and the estimated AEP based on nacelle-measured wind speed will be affected by the turbine rotor (i.e. speeded up or slowed down wind speed). The nacelle-measured wind speed shall be corrected for this flow distortion effect. Procedures for determining that correction will be included in the methodology. In IEC 61400-12-1:2005, an anemometer is located on a meteorological tower that is located between two and four rotor diameters upwind of the test turbine. This location allows direct measurement of the ‘free’ wind with minimum interference from the test turbine’s rotor. In this IEC 61400-12-2 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 and the nacelle. This procedure includes methods for determining and applying appropriate corrections for this interference. However, it should be noted that these corrections inherently increase the measurement uncertainty compared to a properly-configured test conducted in accordance with IEC 61400-12-1:2005.

This IEC 61400-12-2 standard describes how to characterise a wind turbine’s power performance in terms of a measured power curve and the estimated 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 and validate such a transfer function is presented herein. The AEP is calculated by applying the measured power curve to the reference wind speed frequency distributions, assuming 100 % availability. The procedure also provides guidance on determination of measurement uncertainty including assessment of uncertainty sources and recommendations for combining them into uncertainties in reported power and AEP.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC/TR 60688, *Electrical measuring transducers for converting a.c. electrical quantities to analogue or digital signals*

Amendment 1 (1997)

Amendment 2 (2001)

IEC 61400-12-1:2005, *Wind turbines – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines*

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

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

ISO 2533, *Standard atmosphere*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	105
INTRODUCTION.....	107
1 Domaine d'application	108
2 Références normatives	108
3 Termes et définitions	109
4 Symboles et unités	113
5 Vue d'ensemble de la méthode d'essai	117
6 Préparation de l'essai de performance.....	120
6.1 Généralités.....	120
6.2 Eoliennes	120
6.3 Site d'essai	121
6.3.1 Classification du terrain	121
6.3.2 Indices RIX.....	122
6.3.3 Pente moyenne	122
6.3.4 Détermination de la classe de terrain.....	123
6.3.5 Formations de crête.....	124
6.4 Fonction de transfert de vitesse du vent à la nacelle	124
6.5 Plan d'essai.....	125
7 Matériel d'essai	125
7.1 Puissance électrique	125
7.2 Vitesse du vent.....	126
7.3 Direction du vent	126
7.3.1 Capteur d'orientation de la nacelle.....	126
7.3.2 Capteur de direction du vent à la nacelle	127
7.3.3 Direction du vent	127
7.4 Masse volumique de l'air	127
7.5 Vitesse du rotor	128
7.6 Angle d'inclinaison	128
7.7 Etat de l'éolienne.....	128
7.8 Acquisition des données.....	129
8 Mode opératoire de mesure	129
8.1 Généralités.....	129
8.2 Exploitation de l'éolienne.....	129
8.3 Synchronisation du ou des systèmes d'acquisition de données.....	130
8.4 Collecte des données	130
8.5 Contrôle de qualité des données	131
8.6 Rejet de données	132
8.7 Correction des données.....	132
8.8 Base de données	133
9 Résultats dérivés.....	134
9.1 Normalisation des données	134
9.1.1 Correction de la masse volumique	134
9.2 Détermination de la courbe de puissance mesurée.....	135
9.3 Production annuelle d'énergie (AEP)	135
9.4 Coefficient de puissance	136
9.5 Analyse d'incertitude	137

10	Format de rapport.....	137
Annexe A (informative)	Montage des appareils sur la nacelle.....	147
Annexe B (normative)	Mode opératoire pour le secteur de mesure.....	149
Annexe C (normative)	Mode opératoire du contrôle de validité de la fonction de transfert de vitesse du vent à la nacelle	156
Annexe D (normative)	Mode opératoire de détermination de la fonction de transfert de vitesse du vent à la nacelle	158
Annexe E (normative)	Evaluation de l'incertitude de mesure	166
Annexe F (normative)	Fondement théorique pour déterminer l'incertitude de mesure en utilisant la méthode des tranches	170
Annexe G (normative)	Estimations et calcul de l'incertitude de la fonction de transfert de la nacelle et de la courbe de puissance de la nacelle	179
Annexe H (normative)	Types d'appareils d'anémométrie admissibles	194
Annexe I (informative)	Résultats et considérations sur l'incertitude	197
Annexe J (informative)	Exemple de calcul d'incertitude sur la fonction de transfert de la nacelle et sur la courbe de puissance de la nacelle pour plusieurs turbines	203
Annexe K (informative)	Organisation de l'essai, de la sécurité et de la communication	213
Annexe L (informative)	Organigramme du mode opératoire de détermination de la courbe de puissance de la nacelle et de la fonction de transfert de la nacelle	215
Figure 1	– Vue d'ensemble du mode opératoire	120
Figure 2	– Présentation d'un exemple de données: fonction de transfert résultant de l'Annexe D	141
Figure 3	– Présentation d'un exemple de données: nuages de points de l'essai de performance de puissance de la nacelle	142
Figure 4	– Présentation d'un exemple de données: courbe de puissance en tranches avec les plages d'incertitude	143
Figure 5	– Présentation d'un exemple de données: courbe du coefficient de puissance C_p	144
Figure A.1	– Montage de l'anémomètre en haut de la nacelle	148
Figure B.1	– Secteurs à exclure en raison des sillages d'éoliennes voisines et en exploitation et d'obstacles significatifs	152
Figure B.2	– Exemple de résultat du contrôle de cohérence interne de secteur	155
Figure D.1	– Fonction de transfert de vitesse du vent à la nacelle.....	164
Figure J.1	– Impact du nombre de turbines testées sur l'incertitude de mesure.....	211
Figure J.2	– Impact de l'essai du nombre de turbines testées sur l'incertitude d'échantillonnage.....	212
Figure L.1	– Organigramme du mode opératoire de détermination de la courbe de puissance de la nacelle.....	217
Figure L.2	– Organigramme de la fonction de transfert de la nacelle	220
Tableau 1	– Classification des terrains par pente.....	123
Tableau 2	– Classification des terrains par RIX.....	123
Tableau 3	– Classe finale de terrain.....	124
Tableau 4	– Effets de marche maximale de la crête sur la classe de terrain.....	124
Tableau 5	– Exemple de courbe de puissance mesurée.....	145
Tableau 6	– Exemple de production annuelle d'énergie estimée	146

Tableau B.1 – Exigences concernant les obstacles: pertinence des obstacles	151
Tableau D.1 – Exemple de présentation d'une courbe de puissance mesurée basée sur les données du mât météorologique, pour le contrôle de cohérence	165
Tableau E.1 – Composantes d'incertitude dans l'évaluation de la fonction de transfert de la nacelle	167
Tableau E.2 – Composantes d'incertitude dans l'évaluation de la courbe de puissance de la nacelle	168
Tableau E.3 – Composantes d'incertitude de la direction absolue du vent mesurée sur la nacelle	169
Tableau F.1 – Exemple de sources d'annulation	172
Tableau F.2 – Liste des incertitudes de catégorie A et B pour la fonction de transfert de la nacelle	173
Tableau F.3 – Liste des incertitudes de catégorie A et B pour la courbe de puissance de la nacelle	174
Tableau F.4 – Incertitudes élargies	178
Tableau G.1 – Estimations des composantes d'incertitude d'après la calibration du site	179
Tableau G.2 – Estimations des composantes d'incertitude d'après la détermination de la fonction de transfert de la nacelle	181
Tableau G.3 – Estimations des composantes d'incertitude d'après la détermination de la courbe de puissance de la nacelle	183
Tableau G.4 – Estimations de $u_{V5,i}$ pour une classe de terrain de la courbe de puissance de la nacelle.....	185
Tableau G.5 – Estimations des composantes d'incertitude sur la direction du vent.....	186
Tableau G.6 – Estimations des facteurs de contribution à la calibration du site	188
Tableau G.7 – Estimations des facteurs de contribution pour la fonction de transfert de la nacelle	189
Tableau G.8 – Estimations des facteurs de contribution pour la courbe de puissance de la nacelle	190
Tableau J.1 – Liste des composantes d'incertitude corrélées	204
Tableau J.2 – Exemple de production annuelle d'énergie et de données d'incertitude des 3 turbines	207
Tableau J.3 – Contribution de l'incertitude des composantes à l'incertitude sur la production annuelle d'énergie de la turbine 1	207
Tableau J.4 – Combinaison des composantes d'incertitude entre les turbines.....	209

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉOLIENNES –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 61400-12-2 a été établie le comité d'études 88 de la CEI: Eoliennes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
88/442/FDIS	88/445/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61400, publiées sous le titre général *Eoliennes*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

Le but de la présente partie de la CEI 61400-12 est de fournir une méthodologie uniforme de mesure, d'analyse et de rapport des caractéristiques de performance de puissance des éoliennes individuelles de production d'électricité utilisant les méthodes d'anémométrie de nacelle. La présente norme est destinée à être appliquée aux seules éoliennes à axe horizontal dont les dimensions sont suffisantes pour que l'anémomètre monté sur la nacelle n'ait pas d'influence significative sur l'écoulement traversant le rotor de la turbine et passant autour de la nacelle et donc n'ait pas d'influence sur la performance de l'éolienne. Le but de la présente norme est d'utiliser les méthodes présentées dans celle-ci lorsque les exigences présentées dans la CEI 61400-12-1:2005 ne sont pas réalisables. Ceci garantit que les résultats sont cohérents, exacts et autant que possible reproductibles dans l'état de l'art actuel des techniques d'instrumentation et de mesure.

Ce mode opératoire décrit la façon de caractériser les caractéristiques de performance de puissance d'une éolienne en termes de courbe de puissance mesurée et la production annuelle d'énergie (AEP) estimée en se basant sur l'anémométrie de nacelle. Dans ce mode opératoire, l'anémomètre est situé sur la nacelle de la turbine testée ou près de celle-ci. À cet emplacement, l'anémomètre mesure la vitesse du vent, qui subit une forte influence du rotor de la turbine testée. Ce mode opératoire présente des méthodes de détermination et d'application de corrections appropriées de cette interférence. On doit toutefois noter que ces corrections augmentent intrinsèquement l'incertitude de mesure par rapport à un essai correctement configuré réalisé conformément à la CEI 61400-12-1:2005. Ce mode opératoire fournit également des directives 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 de production annuelle d'énergie consignées.

Un élément fondamental de l'essai de performance de puissance est la mesure de la vitesse du vent. Même lorsque les anémomètres sont soigneusement étalonnés dans une soufflerie de qualité, des fluctuations d'amplitude et de direction du vecteur vent peuvent conduire des anémomètres différents à se comporter différemment sur le site. En outre, les conditions d'écoulement à proximité de la nacelle d'une turbine 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 la présente norme.

Cette norme profitera aux parties prenantes dans la fabrication, l'installation, la planification et l'autorisation, l'exploitation, l'utilisation et la régulation des éoliennes. Le cas échéant, il convient que toutes les parties appliquent les techniques de mesure et d'analyse techniquement précises recommandées dans la présente norme, pour s'assurer d'effectuer une mise en place et une exploitation continues dans une atmosphère de communication cohérente et précise vis-à-vis des problèmes environnementaux. Cette norme présente des modes opératoires de mesure et de rapport dont on s'attend qu'ils fournissent des résultats précis pouvant être reproduits par d'autres personnes.

D'autre part, il convient qu'un utilisateur de cette norme soit informé des différences provenant des variations importantes du cisaillement du vent et de l'intensité de turbulence et des critères choisis pour le choix des données. Il convient donc qu'un utilisateur tienne compte de l'influence de ces différences et des critères de choix des données en relation avec le but de l'essai avant de commencer des mesures de performance de puissance.

ÉOLIENNES –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61400-12 spécifie un mode opératoire pour vérifier les caractéristiques de performance de puissance d'une éolienne simple de production d'électricité à axe horizontal, qui n'est pas considérée comme une petite éolienne selon la CEI 61400-2. Il est prévu que cette norme sera utilisée lorsque les spécifications d'exploitation ou contractuelles spécifiques peuvent ne pas être conformes aux exigences présentées dans la CEI 61400-12-1:2005. Ce mode opératoire peut être utilisé pour l'évaluation de la performance de puissance de turbines spécifiques à des emplacements spécifiques, mais cette méthodologie peut également être utilisée pour effectuer des comparaisons génériques entre différents modèles de turbines ou différents réglages de turbines.

La performance de puissance des éoliennes caractérisée par la courbe de puissance mesurée et la production annuelle d'énergie estimée, basées sur la vitesse du vent mesurée au niveau de la nacelle, subit l'influence du rotor de la turbine (c'est-à-dire une vitesse du vent accélérée ou ralentie). La vitesse du vent mesurée à la nacelle doit être corrigée de cet effet de distorsion de l'écoulement. Les modes opératoires pour déterminer cette correction sont inclus dans la méthodologie. Dans la CEI 61400-12-1:2005, un anémomètre est situé sur un mât météorologique à une distance comprise entre deux et quatre fois le diamètre du rotor au vent de la turbine testée. Cet emplacement permet une mesure directe du vent «libre» avec une gêne minimale du rotor de la turbine testée. Dans ce mode opératoire de la CEI 61400-12-2, l'anémomètre est situé sur la nacelle de la turbine testée ou près de celle-ci. À cet emplacement, l'anémomètre mesure la vitesse du vent, qui subit une forte influence du rotor et de la nacelle de la turbine testée. Ce mode opératoire présente des méthodes de détermination et d'application de corrections appropriées de cette interférence. On devrait toutefois noter que ces corrections augmentent intrinsèquement l'incertitude de mesure par rapport à un essai correctement configuré réalisé conformément à la CEI 61400-12-1:2005.

La norme CEI 61400-12-2 décrit la façon de caractériser la performance de puissance d'une éolienne en termes de courbe de puissance mesurée et de production annuelle d'énergie estimée. La courbe de puissance mesurée est déterminée en recueillant des mesures simultanées 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 certaine plage de vitesses du vent et dans des conditions de vent et des conditions atmosphériques variables. Pour mesurer précisément la courbe de puissance, la vitesse du vent mesurée à la nacelle est ajustée en utilisant une fonction de transfert pour estimer la vitesse du vent en écoulement libre. Le mode opératoire de mesure et de validation de cette fonction de transfert est présenté dans le présent document. La production annuelle d'énergie est calculée en appliquant la courbe de puissance mesurée aux distributions des fréquences de vitesse du vent de référence, en faisant l'hypothèse d'une disponibilité de 100 %. Ce mode opératoire fournit également des directives 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 de production annuelle d'énergie consignées.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

CEI/TR 60688, *Transducteurs électriques de mesure convertissant les grandeurs électriques alternatives en signaux analogiques ou numériques*

Amendement 1 (1997)

Amendement 2 (2001)

CEI 61400-12-1:2005, *Wind turbines – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines* (disponible en anglais seulement)

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

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

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

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

ISO 2533, *Atmosphère type*