IEC 61400-12-6

Edition 1.0 2022-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-5604-6

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 8
2 Normative references 8
3 Terms and definitions 9
4 Symbols, units and abbreviated terms 11
5 Overview of test method 15
6 Preparation for measurement of nacelle transfer function 15
6.1 General 15
6.2 Wind turbine 15
6.3 Test site 16
6.3.1 General 16
6.3.2 Terrain classification 17
6.4 Test plan 17
7 Test equipment 17
7.1 General 17
7.2 Data acquisition 18
8 Measurement procedure 19
8.1 General 19
8.2 Data system(s) synchronisation 19
8.3 Data collection 20
8.4 Data quality check 20
8.4.1 General 20
8.4.2 Measured signals are in range and available 20
8.4.3 Sensors are operating properly 20
8.4.4 Ensure data acquisition system(s) is(are) operating properly 21
8.4.5 Sector self-consistency check 21
8.5 Data rejection 21
8.6 Data correction 21
8.7 Database 22
9 Derived results 22
9.1 Overview of derived results 22
9.2 Determination of measured nacelle transfer function 23
9.3 Data quality check 24
9.3.1 General 24
9.3.2 Directional stability check 24
9.3.3 Self-consistency check for NTF, using the NPC 25
9.4 Uncertainty analysis 25
10 Reporting format 25
Annex A (informative) Nacelle instrument mounting 29
A.1 General 29
A.2 Preferred method of anemometer's mounting 29
A.3 Preferred position of anemometer 29
Annex B (normative) Evaluation of uncertainty in measurement 31
B.1 General 31

B.2 The measurands 31
B.3 Uncertainty components 31
B.4 Wind direction uncertainty 33
Annex C (normative) Theoretical basis for determining the uncertainty of measurement using the method of bins 34
C.1 General 34
C.2 Propagation of uncertainty through the stages of NTF/NPC measurement 35
C.3 Category A uncertainties 38
C.3.1 General 38
C.3.2 Category A uncertainty in electric power 38
C.4 Category B uncertainties 39
C.4.1 General 39
C.4.2 Category B uncertainties in climatic variations 40
C.5 Expanded uncertainty 40
Annex D (normative) NTF uncertainty estimates and calculation 41
D.1 Methods and assumptions 41
D.1.1 General 41
D.1.2 Site calibration 41
D.1.3 Nacelle transfer function uncertainty component estimates 43
D.1.4 Nacelle power curve uncertainty component estimates 45
D.1.5 Wind direction uncertainty 45
D.1.6 Contribution factors 47
D.2 Uncertainty example calculations 48
D.2.1 Example description 48
D.2.2 Example case – NTF uncertainty 49
D.2.3 Example case – NPC uncertainty 49
Annex E (normative) Allowable anemometry instrument types 51
E.1 General 51
E.2 Recalibration of sonic anemometers 51
E.3 Uncertainty of sonic and propeller anemometers 51
Annex F (informative) Organisation of test, safety and communication 52
F.1 General 52
F.2 Responsibility for test 52
F.3 Safety during test 52
F.4 Communication 52
F.5 Prior to test 52
F.6 During test 52
F.7 After test 53
Annex G (informative) NTF flowchart 54
Bibliography 55

Figure 1 – Presentation of example data: measured transfer function 27
Figure A.1 – Mounting of anemometer on top of nacelle 30
Figure G.1 – NTF flowchart 54

Table 1 – Example of presentation of a measured power curve based on data from the meteorological mast, for consistency check 28
Table B.1 – Uncertainty components in nacelle transfer function evaluation 32

Table B.2 – Uncertainty components in nacelle based absolute wind direction 33
Table C.1 – Example cancellation sources 36
Table C.2 – List of category A and B uncertainties for NTF 39
Table C.3 – Expanded uncertainties 40
Table D.1 – Estimates for uncertainty components from site calibration 42
Table D.2 – Estimates for uncertainty components from NTF measurement 44
Table D.3 – Estimates for uncertainty components for wind direction 46
Table D.4 – Estimates for contribution factors for site calibration 47
Table D.5 – Estimates for contribution factors for NTF 48

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 12-6: Measurement based nacelle transfer function of electricity producing wind turbines

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 61400-12-6 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems. It is an International Standard.

This first edition of IEC 61400-12-6 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
88/826/CDV	88/871/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

The IEC 61400-12 series consists of the following parts, under the general title Wind energy generation systems:

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 wind turbines based on nacelle anemometry*
IEC 61400-12-3:	*Power performance – Measurement based site calibration*
IEC 61400-12-4:	*Numerical 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*

The purpose of this document is to provide a uniform methodology of measurement, analysis, and reporting for the determination of a nacelle transfer function of 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 herein be utilised when applying the methodology described in IEC 61400-12-2 to determine the power performance of individual wind turbines. 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 nacelle transfer function in terms of wind speeds measured on a meteorological mast as well as a wind speed measured on the hub or nacelle of a wind turbine. The anemometer that is placed on the turbine is measuring a 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. Such a correction is termed a nacelle transfer function which relates the wind speed measured on the turbine to a free-stream wind speed as measured on a meteorological mast. The procedure also provides guidance on determination of measurement uncertainty including assessment of uncertainty sources and recommendations for combining them into uncertainties.

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 interested in power performance testing of wind turbines using IEC 61400-12-2 as well as parties involved in the installation, planning and execution of such tests. When and where 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 engaging in nacelle transfer function measurements.

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 12-6: Measurement based nacelle transfer function of electricity producing wind turbines

1 Scope

This part of IEC 61400-12 specifies a procedure for measuring the nacelle transfer function of a single electricity-producing, horizontal axis wind turbine, which is not considered to be a small wind turbine in accordance with IEC 61400-2. It is expected that this document be used when a valid nacelle transfer function is needed to execute a power performance measurement according to IEC 61400-12-2.

A wind speed measured on the nacelle or hub of a wind turbine is affected by the turbine rotor (i.e. speeded up or slowed down wind speed). In IEC 61400-12-1, 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 the procedure of this document, the anemometer is located on or near the test turbine's nacelle. In this location, the anemometer is measuring a wind speed that is strongly affected by the test turbine's rotor and the nacelle. The procedure in this document includes methods for determining and applying appropriate corrections for this interference. However, note that these corrections inherently increase the measurement uncertainty compared to a properly configured test conducted in accordance with IEC 61400-12-1.

This document specifies how to characterise a wind turbine's nacelle transfer function. The nacelle transfer function is determined by collecting simultaneous measurements of nacelle-measured wind speed and free stream wind speed (as measured on a meteorological mast) 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. The procedure also provides guidance on determination of measurement uncertainty including assessment of uncertainty sources and recommendations for combining them.

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, *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 measurement of electricity producing wind turbines*

IEC 61400-12-2:2022, *Wind energy generation systems – Part 12-2: Power performance of electricity producing wind turbines based on nacelle anemometry*

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

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 59
INTRODUCTION 61
1 Domaine d'application 63
2 Références normatives 63
3 Termes et définitions 64
4 Symboles, unités et termes abrégés 67
5 Vue d'ensemble de la méthode d'essai 70
6 Préparation du mesurage de la fonction de transfert de la nacelle 71
6.1 Généralités 71
6.2 Éolienne 71
6.3 Site d'essai 71
6.3.1 Généralités 71
6.3.2 Classification du terrain 73
6.4 Plan d'essai 73
7 Matériel d'essai 73
7.1 Généralités 73
7.2 Acquisition de données 74
8 Procédure de mesure 74
8.1 Généralités 74
8.2 Synchronisation du ou des systèmes d'acquisition de données 75
8.3 Collecte des données 75
8.4 Contrôle de qualité des données 76
8.4.1 Généralités 76
8.4.2 Les signaux mesurés sont dans la plage de mesure et sont disponibles 76
8.4.3 Les capteurs fonctionnent correctement 76
8.4.4 Assurer que le ou les systèmes d'acquisition de données fonctionnent correctement 77
8.4.5 Vérification de la cohérence interne des secteurs 77
8.5 Rejet des données 77
8.6 Correction des données 78
8.7 Base de données 78
9 Résultats déduits 79
9.1 Vue d'ensemble des résultats déduits 79
9.2 Détermination de la fonction de transfert de la nacelle mesurée 79
9.3 Contrôle de qualité des données 80
9.3.1 Généralités 80
9.3.2 Contrôle de la stabilité en direction 81
9.3.3 Vérification de la cohérence interne pour la NTF, utilisant la NPC 81
9.4 Analyse d'incertitude 82
10 Format de rapport 82
Annexe A (informative) Montage des instruments sur la nacelle 86
A.1 Généralités 86
A.2 Méthode préférentielle de montage de l'anémomètre 86
A.3 Position préférentielle de l'anémomètre 86
Annexe B (normative) Évaluation de l'incertitude de mesure 88
B.1 Généralités 88

B.2 Mesurandes 88
B.3 Composantes d'incertitude 88
B.4 Incertitude de direction du vent 90
Annexe C (normative) Fondements théoriques de la détermination de l'incertitude de mesure à l'aide de la méthode des tranches 91
C.1 Généralités 91
C.2 Propagation de l'incertitude au cours des étapes de mesure de la NTF/NPC 93
C.3 Incertitudes de catégorie A 95
C.3.1 Généralités 95
C.3.2 Incertitude de catégorie A sur la puissance électrique 95
C.4 Incertitudes de catégorie B 97
C.4.1 Généralités 97
C.4.2 Incertitudes de catégorie B dans les variations climatiques 97
C.5 Incertitude élargie 97
Annexe D (normative) Estimations et calcul de l'incertitude de la NTF 98
D.1 Méthodes et hypothèses 98
D.1.1 Généralités 98
D.1.2 Étalonnage du site 98
D.1.3 Estimations de la composante d'incertitude de la fonction de transfert de la nacelle 100
D.1.4 Estimations de la composante d'incertitude de la courbe de puissance de la nacelle 102
D.1.5 Incertitude de direction du vent 102
D.1.6 Facteurs de contribution: 104
D.2 Exemples de calculs d'incertitude 107
D.2.1 Description des exemples 107
D.2.2 Exemple de cas – Incertitude de la NTF 107
D.2.3 Exemple de cas – Incertitude de la NPC 107
Annexe E (normative) Types d'appareils d'anémométrie admissibles 110
E.1 Généralités 110
E.2 Réétalonnage des anémomètres soniques: 110
E.3 Incertitude des anémomètres soniques et à hélice 110
Annexe F (informative) Organisation de l'essai, de la sécurité et de la communication 111
F.1 Généralités 111
F.2 Responsabilité de l'essai 111
F.3 Sécurité pendant l'essai 111
F.4 Communication 111
F.5 Avant l'essai 111
F.6 Pendant l'essai 111
F.7 Après l'essai 112
Annexe G (informative) Organigramme de la NTF 113
Bibliographie 114

Figure 1 – Présentation d'un exemple de données: fonction de transfert mesurée 84
Figure A.1 – Montage de l'anémomètre en haut de la nacelle 87
Figure G.1 – Organigramme de la NTF 113

Tableau 1 – Exemple de présentation d'une courbe de puissance mesurée fondée sur les données du mât météorologique, pour la vérification de la cohérence 85
Tableau B.1 – Composantes d'incertitude dans l'évaluation de la fonction de transfert de la nacelle 89
Tableau B.2 – Composantes d'incertitude de la direction absolue du vent mesurée à la nacelle 90
Tableau C.1 – Exemple de sources d'annulation 93
Tableau C.2 – Liste des incertitudes de catégories A et B pour la NTF 96
Tableau C.3 – Incertitudes élargies 97
Tableau D.1 – Estimations des composantes d'incertitude d'après l'étalonnage du site 99
Tableau D.2 – Estimations des composantes d'incertitude d'après le mesurage de la NTF 101
Tableau D.3 – Estimations des composantes d'incertitude sur la direction du vent 103
Tableau D.4 – Estimations des facteurs de contribution à l'étalonnage du site 105
Tableau D.5 – Estimations des facteurs de contribution pour la NTF 106

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

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 du présent document 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 61400-12-6 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.

La présente première édition de l'IEC 61400-12-6 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
88/826/CDV	88/871/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

La série IEC 61400-12 comprend les parties suivantes, publiées sous le titre général Systèmes de génération d'énergie éolienne:

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 61400-12-4:	*Numerical site calibration* (disponible en anglais seulement)
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*

Le présent document a pour objet de fournir une méthodologie uniforme de mesure, d'analyse et de rapport pour la détermination d'une fonction de transfert de la nacelle des éoliennes de production d'électricité à l'aide des 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'affecte pas de manière significative l'écoulement d'air dans le rotor de l'éolienne et autour de la nacelle, et n'affecte donc pas les performances de l'éolienne. Le présent document vise à ce que les méthodes qui y sont présentées soient utilisées lors de l'application de la méthodologie décrite dans l'IEC 61400-12-2 pour déterminer les performances de puissance des éoliennes individuelles. Cela permet d'assurer que les résultats sont aussi cohérents, exacts et reproductibles que possible dans l'état actuel de l'art des techniques d'instrumentation et de mesure.

Cette procédure décrit la façon de déterminer la fonction de transfert de la nacelle d'une éolienne en matière de vitesses du vent mesurées sur un mât météorologique et de vitesse du vent mesurée sur le moyeu ou la nacelle d'une éolienne. L'anémomètre placé sur l'éolienne mesure une vitesse du vent qui est fortement influencée par le rotor de l'éolienne en essai. Cette procédure inclut des méthodes qui permettent de déterminer et d'appliquer des corrections appropriées pour cette interférence. Une telle correction est appelée une fonction de transfert de la nacelle qui relie la vitesse du vent mesurée sur l'éolienne à la vitesse du vent en écoulement libre mesurée sur un mât météorologique. La procédure prévoit également des recommandations relatives à la détermination de l'incertitude de mesure, y compris l'évaluation des sources d'incertitude, ainsi que des recommandations qui permettent de les combiner en incertitudes.

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 à la sélection et à l'installation de l'anémomètre. Ces questions sont traitées dans le présent document.

Le présent document concerne les parties impliquées dans les essais de performance de puissance des éoliennes à l'aide de l'IEC 61400-12-2 ainsi que les parties impliquées dans l'installation, la planification et la réalisation de ces essais. Au besoin, 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. Le présent document décrit les procédures de mesure et de rapport qui sont réputées donner des résultats exacts et reproductibles 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. Par conséquent, il convient que les utilisateurs prennent en considération l'influence de ces différences ainsi que les critères de choix des données par rapport à l'objectif de l'essai avant de procéder aux mesurages de la fonction de transfert de la nacelle.

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61400-12 spécifie une procédure de mesure de la fonction de transfert de la nacelle 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 attendu que le présent document soit utilisé lorsqu'il est nécessaire d'employer une fonction de transfert de la nacelle valide pour mesurer la performance de puissance conformément à l'IEC 61400-12-2.

La vitesse du vent mesurée au niveau de la nacelle ou du moyeu d'une éolienne subit l'influence du rotor de l'éolienne (c'est-à-dire une vitesse du vent accélérée ou ralentie). Dans l'IEC 61400-12-1, un anémomètre est situé sur un mât météorologique à une distance comprise entre deux et quatre fois le diamètre du rotor au vent de l'éolienne en essai. Cet emplacement permet un mesurage direct du vent "libre" avec une interférence minimale du rotor de l'éolienne en essai. Dans la procédure du présent document, l'anémomètre est situé sur ou près de la nacelle de l'éolienne en essai. À cet emplacement, l'anémomètre mesure une vitesse du vent, qui subit une forte influence du rotor et de la nacelle de l'éolienne en essai. La procédure décrite dans cette norme présente des méthodes de détermination et d'application de corrections appropriées de cette interférence. Cependant, noter que ces corrections augmentent intrinsèquement l'incertitude de mesure par rapport à un essai correctement configuré et réalisé conformément à l'IEC 61400-12-1.

Le présent document décrit la façon de déterminer la fonction de transfert de la nacelle d'une éolienne. La fonction de transfert de la nacelle est déterminée en collectant simultanément des valeurs de mesure de la vitesse du vent mesurée à la nacelle et de la vitesse du vent en écoulement libre (mesurée sur un mât météorologique) 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. 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 qui permettent de les combiner.

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, *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: Mesurages de performance de puissance des éoliennes de production d'électricité*

IEC 61400-12-2:2022, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 12-2: Performance de puissance des éoliennes de production d'électricité fondée sur l'anémométrie de nacelle*

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

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