



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Wind turbines –  
Part 27-1: Electrical simulation models – Wind turbines**

**Eoliennes –  
Partie 27-1: Modèles de simulation électrique – Eoliennes**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-2226-3

**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.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	12
2 Normative references .....	12
3 Terms, definitions, abbreviations and subscripts.....	12
3.1 Terms and definitions.....	12
3.2 Abbreviations and subscripts .....	17
3.2.1 Abbreviations.....	17
3.2.2 Subscripts .....	18
4 Symbols and units .....	19
4.1 General.....	19
4.2 Symbols (units).....	19
5 Specification of models.....	21
5.1 Overview.....	21
5.2 General specifications.....	21
5.3 Model interface .....	23
5.4 Parameters and initialisation .....	24
5.4.1 General .....	24
5.4.2 Parameter categories .....	24
5.4.3 Global parameters .....	24
5.4.4 Initialisation .....	24
5.5 Modular structure of models.....	25
5.5.1 Generic modular structure .....	25
5.5.2 Type 1 .....	26
5.5.3 Type 2 .....	28
5.5.4 Type 3 .....	30
5.5.5 Type 4 .....	33
5.6 Module library .....	37
5.6.1 Aerodynamic models .....	37
5.6.2 Mechanical models .....	38
5.6.3 Generator set models .....	39
5.6.4 Electrical equipment .....	44
5.6.5 Control models .....	44
5.6.6 Grid protection model .....	55
6 Specification of validation procedure .....	57
6.1 Overview.....	57
6.2 General specifications.....	58
6.3 Validation procedure .....	59
6.3.1 Voltage dips .....	59
6.3.2 Reference point changes .....	64
6.3.3 Grid protection.....	64
Annex A (informative) Validation test documentation.....	66
A.1 General.....	66
A.2 Simulation model and validation setup information .....	66
A.3 Template for validation test results .....	66

A.3.1	General .....	66
A.3.2	Voltage dips .....	67
A.3.3	Reference point changes .....	67
A.3.4	Grid protection.....	68
Annex B (normative)	Limits to possible model accuracy .....	69
B.1	General.....	69
B.2	Inevitable simulation errors .....	69
B.3	Measurement errors.....	69
Annex C (normative)	Digital 2 <sup>nd</sup> order critically damped low pass filter .....	71
Annex D (informative)	Simplified plant level model.....	72
D.1	General.....	72
D.2	Area of application .....	72
D.3	Voltage and reactive power controller model description .....	72
D.4	Frequency and active power controller model description.....	74
Annex E (informative)	Two-dimensional aerodynamic model .....	76
E.1	Objective .....	76
E.2	Model approach .....	76
E.3	Model parameter fits .....	77
E.4	Use cases .....	80
E.4.1	General .....	80
E.4.2	Stability study use cases .....	80
E.4.3	Validation use cases.....	80
E.5	Model initialisation at derated conditions.....	80
Annex F (informative)	Generic Software Interface for use of models in different software environments .....	81
F.1	Description of the approach .....	81
F.2	Description of the Software interface .....	82
F.2.1	Description of data structures .....	82
F.2.2	Functions for communication through the ESE-interface .....	83
F.2.3	Inputs, Outputs, Parameters .....	85
Annex G (normative)	Block symbol library.....	86
G.1	General.....	86
G.2	Time step delay .....	86
G.3	Stand-alone ramp rate limiter .....	86
G.4	First order filter with absolute limits, rate limits and freeze flag .....	87
G.5	Lookup table .....	88
G.6	Comparator.....	88
G.7	Timer .....	88
G.8	Anti windup integrator .....	89
G.9	Integrator with reset .....	90
G.10	First order filter with limitation detection.....	90
G.11	Delay flag .....	91
G.12	Raising edge detection .....	91
Bibliography.....		93

Figure 1 – Classification of power system stability according to IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions ..... 9

Figure 2 – Example of step response. .... 15

This is a preview of "IEC 61400-27-1 Ed. 1...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

Figure 3 – General interface between WT model, grid model and WP model.....	23
Figure 4 – General interface for initialisation of WT model, WP model and grid model. ....	25
Figure 5 – Generic modular structure of WT models.....	26
Figure 6 – Main electrical and mechanical components of type 1 WTs .....	26
Figure 7 – Modular structure for the type 1A WT model.....	27
Figure 8 – Modular structure for the type 1B WT model.....	28
Figure 9 – Main electrical and mechanical components of type 2 WTs .....	29
Figure 10 – Modular structure for the type 2 WT model.....	29
Figure 11 – Modular structure for the type 2 control model.....	30
Figure 12 – Main electrical and mechanical components of type 3 WTs .....	31
Figure 13 – Modular structure for the type 3 WT model.....	31
Figure 14 – Modular structure for the type 3 control models .....	32
Figure 15 – Main electrical and mechanical components of type 4 WTs .....	33
Figure 16 – Modular structure for the type 4A WT model.....	34
Figure 17 – Modular structure for the type 4A control model .....	34
Figure 18 – Modular structure for the type 4B WT model.....	35
Figure 19 – Modular structure for the type 4B control model .....	36
Figure 20 – Block diagram for constant aerodynamic torque model.....	37
Figure 21 – Block diagram for one-dimensional aerodynamic model .....	37
Figure 22 – Block diagram for two-dimensional aerodynamic model.....	38
Figure 23 – Block diagram for two mass model .....	39
Figure 24 – Block diagram for type 3A generator set model .....	40
Figure 25 – Block diagram for type 3B generator set model .....	42
Figure 26 – Block diagram for type 4 generator set model.....	43
Figure 27 – Block diagram for the reference frame rotation model.....	44
Figure 28 – Block diagram for pitch control power model .....	45
Figure 29 – Block diagram for pitch angle control model .....	46
Figure 30 – Block diagram for rotor resistance control model .....	47
Figure 31 – Block diagram for type 3 P control model .....	48
Figure 32 – Block diagram for type 3 torque PI .....	49
Figure 33 – Block diagram for type 4A P control model.....	49
Figure 34 – Block diagram for type 4B P control model.....	50
Figure 35 – Block diagram for Q control model.....	52
Figure 36 – Block diagram for current limiter.....	54
Figure 37 – Block diagram for constant Q limitation model.....	54
Figure 38 – Block diagram for QP and QU limitation model.....	55
Figure 39 – Block diagram for grid protection system .....	56
Figure 40 – Block diagram for u-f measurement.....	57
Figure 41 – Signal processing structure with "play-back" method applied.....	60
Figure 42 – Signal processing structure with "full grid simulation" method applied. ....	61
Figure 43 – Voltage dip windows.....	63
Figure D.1 – Block diagram for WP reactive power controllers .....	74
Figure D.2 – Block diagram for WP active power controller .....	75

Figure E.1 – Aerodynamic power as function of blade angle $\theta$ and wind speed $v$ .....	77
Figure E.2 – Partial derivative of power with respect to rotor speed change $\partial p_{\text{aero}}/\partial \omega_{\text{WTR}}$ as function of blade angle $\theta$ and wind speed $v$ .....	77
Figure E.3 – Partial derivative of power with respect to blade angle $dp_{\theta}$ as function of blade angle $\theta$ .....	78
Figure E.4 – Partial derivative of power with respect to rotor speed change $dp_{\omega}$ as function of wind speed $v$ for 1 p.u. (solid line) and 0,5 p.u. (dashed line) active power .....	78
Figure E.5 – Approximation of aerodynamic power as function of wind speed .....	79
Figure E.6 – Approximation of the blade angle as function of wind speed .....	79
Figure F.1 – Sequence of Simulation on use of ESE-interface .....	85
Figure G.1 – Block symbol for single integration time step delay .....	86
Figure G.2 – Block symbol for stand-alone ramp rate limiter .....	86
Figure G.3 – Block diagram for implementation of the stand-alone ramp rate limiter .....	87
Figure G.4 – Block symbol for first order filter with absolute limits, rate limits and freeze flag .....	87
Figure G.5 – Block diagram for implementation of the first order filter with absolute limits, rate limits and freeze state.....	87
Figure G.6 – Block diagram for implementation of the freeze state without filter ( $T = 0$ ) .....	88
Figure G.7 – Block symbol for lookup table .....	88
Figure G.8 – Block symbols for comparators .....	88
Figure G.9 – Block symbol for timer .....	89
Figure G.10 – Function of timer .....	89
Figure G.11 – Block symbol for anti windup integrator .....	89
Figure G.12 – Block diagram for implementation of anti windup integrator .....	90
Figure G.13 – Block symbol for integrator with reset .....	90
Figure G.14 – Block symbol for first order filter with limitation detection .....	90
Figure G.15 – Block diagram for implementation of first order filter with limitation detection.....	91
Figure G.16 – Block symbol for delay flag .....	91
Figure G.17 – Block diagram for implementation of delay flag .....	91
Figure G.18 – Block symbol raising edge detection .....	92
Figure G.19 – Block diagram for raising edge detection .....	92
Table 1 – Global WT model parameters .....	24
Table 2 – Initialisation variable used explicitly in model block diagrams .....	25
Table 3 – Modules used in type 1A model .....	27
Table 4 – Modules used in type 1B model .....	28
Table 5 – Modules used in type 2 model .....	30
Table 6 – Modules used in type 3 model .....	32
Table 7 – Modules used in type 4A model .....	35
Table 8 – Modules used in type 4B model .....	36
Table 9 – Parameter list for one-dimensional aerodynamic model .....	37
Table 10 – Parameter list for two-dimensional aerodynamic model .....	37
Table 11 – Parameter list for two-mass model.....	39
Table 12 – Parameter list for type 3A generator set model.....	40

This is a preview of "IEC 61400-27-1 Ed. 1...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

Table 13 – Parameter list for type 3B generator set model .....	41
Table 14 – Parameter list for type 4 generator set model .....	43
Table 15 – Parameter list for reference frame rotation model .....	43
Table 16 – Parameter list for pitch control power model .....	44
Table 17 – Parameter list for pitch angle control model .....	45
Table 18 – Parameter list for rotor resistance control model .....	46
Table 19 – Parameter list for p control model type 3 .....	47
Table 20 – Parameter list for p control model type 4A .....	49
Table 21 – Parameter list for p control model type 4B .....	50
Table 22 – General WT Q control modes $M_{qG}$ .....	50
Table 23 – UVRT Q control modes $M_{qUVRT}$ .....	51
Table 24 – Parameter list for q control model .....	51
Table 25 – Description of $F_{UVRT}$ flag values .....	53
Table 26 – Parameter list for current limiter model .....	53
Table 27 – Parameter list for constant Q limitation model .....	54
Table 28 – Parameter list for QP and QU limitation model .....	55
Table 29 – Parameter list for grid protection model .....	56
Table 30 – Windows applied for error calculations .....	63
Table A.1 – Required information about simulation model and validation setup .....	66
Table A.2 – Additional information required if full grid method is applied .....	66
Table A.3 – Validation summary for voltage dips .....	67
Table A.4 – Validation summary for reference point changes .....	68
Table A.5 – Validation summary for grid protection .....	68
Table D.1 – Parameters used in the voltage and reactive power control model .....	73
Table D.2 – Parameters used in the frequency and active power control model .....	74
Table E.1 – Points characterising the relation between the wind speed $v$ and the partial derivative $dp_{\omega}$ .....	78
Table E.2 – Parameter list for the aerodynamics of a specific WT type .....	79

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### WIND TURBINES –

### Part 27-1: Electrical simulation models – 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.

International Standard IEC 61400-27-1 has been prepared IEC Technical Committee 88: Wind turbines.

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

Enquiry draft	Report on voting
88/510/FDIS	88/529/RVD

Full information on the voting for the approval of this technical specification 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.

This is a preview of "IEC 61400-27-1 Ed. 1...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.**

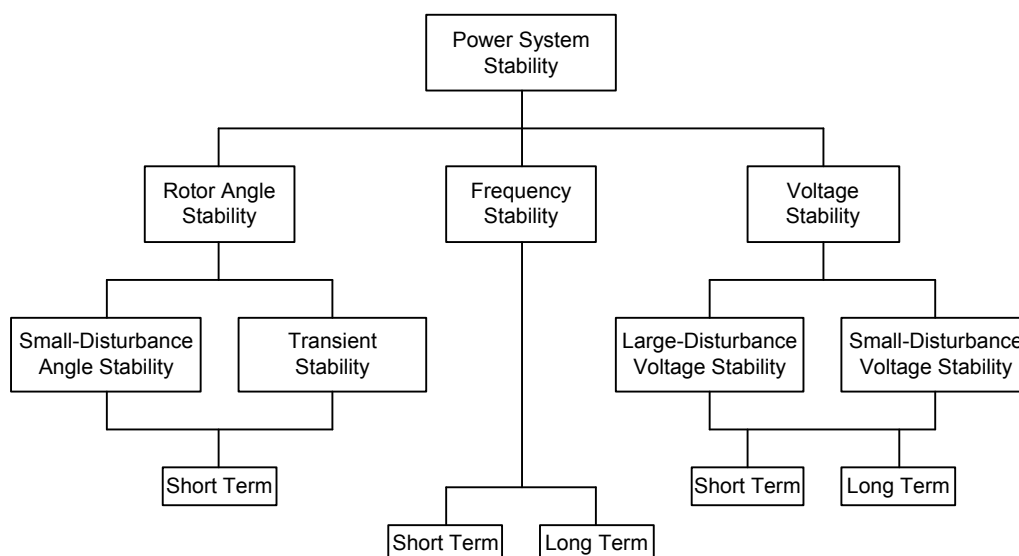


## INTRODUCTION

The IEC 61400-27 series specifies standard dynamic electrical simulation models for wind power generation. IEC 61400-27-1 specifies wind turbine models and model validation procedure. IEC 61400-27-2 will specify wind power plant models and model validation procedure.

The increasing penetration of wind energy in power systems implies that Transmission System Operators (TSOs) and Distribution System Operators (DSOs) need to use dynamic models of wind power generation for power system stability studies. The models developed by the wind turbine manufacturers reproduce the behaviour of their machines with a high level of detail. Such level of detail is not suitable for stability studies of large power systems with a huge number of wind power plants, firstly because the high level of detail increases the complexity and thus computer time dramatically, and secondly because the use of detailed manufacturer specific models requires a substantial amount of input data to represent the individual wind turbine types.

The purpose of this standard is to specify generic dynamic models, which can be applied in power system stability studies. The IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions has classified power system stability in categories according to Figure 1.



© IEEE 2004  
IEC

**Figure 1 – Classification of power system stability according to IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions**

Referring to these categories, the models are developed to represent wind power generation in studies of large-disturbance short term voltage stability phenomena, but they will also be applicable to study other dynamic short term phenomena such as rotor angle stability, frequency stability and small-disturbance voltage stability. Thus, the models are applicable for dynamic simulations of power system events such as short-circuits (low voltage ride through), loss of generation or loads, and system separation of one synchronous area into more synchronous areas as specified in the scope.

The models have to be complete enough to represent the dynamic behaviour at the wind turbine terminals, but must also be suitable for large-scale grid studies. Therefore simplified wind turbine models are specified to perform the typical response of known wind turbine technologies.

The wind turbine models specified in this standard are for fundamental frequency positive sequence response<sup>1</sup>. The models have the following limitations:

- The models are not intended for long term stability analysis.
- The models are not intended for investigation of sub-synchronous interaction phenomena.
- The models are not intended for investigation of the fluctuations originating from wind speed variability in time and space. This implies that the models do not include phenomena such as turbulence, tower shadow, wind shear and wakes.
- The models do not cover phenomena such as harmonics, flicker or any other EMC emissions included in the IEC 61000 series.
- The models have not been developed explicitly with eigenvalue calculation (for small signal stability) in mind<sup>2</sup>.
- The models specified here apply only to wind turbines, and therefore do not include wind power plant level controls and additional equipment such as SVCs, STATCOMs and other devices which will be covered by IEC 61400-27-2. The wind turbine models interface to the wind power plant controller models in IEC 61400-27-2.
- This standard does not address the specifics of short-circuit calculations.
- The models are not applicable to studies of extremely weak systems including situations where wind turbines are islanded without other synchronous generation.
- The models are limited by the technical specifications in 5.2.

The validation procedure specified in this standard is intended to be applied to standard models and other fundamental frequency wind turbine models. The validation procedure has the following limitations:

- The validation procedure does not specify any requirements to model accuracy. It only specifies measures to quantify the accuracy of the model<sup>3</sup>.
- The validation procedure does not specify test and measurement procedures, as it is based on tests specified in IEC 61400-21.
- The simulation model validation is not intended to justify compliance to any grid code requirement, power quality requirements or national legislation.
- The test and measurement procedures introduce errors which limit the possible accuracy as specified in the validation procedure.
- The validation procedure does not include steady state validation, but focuses on validation of the dynamic performance of the model.

The following stakeholders are potential users of the models specified in this standard:

- TSOs and DSOs are end users of the models, performing power system stability studies as part of the planning as well as the operation of the power systems.
- Wind plant owners are typically responsible to provide the wind power plant models to TSO and/or DSO prior to plant commissioning.
- wind turbine manufacturers will typically provide the wind turbine models to the owner.

---

<sup>1</sup> This standard is dealing with balanced as well as unbalanced faults, but for unbalanced faults, only the positive sequence components are specified.

<sup>2</sup> These wind generation systems are highly non-linear and simplifications have been made in the development of the proposed models. Thus, linearisation for eigenvalue analysis is not trivial nor necessarily appropriate based on these simplified models.

<sup>3</sup> Clause 6 specifies a large number of measures for model accuracy. The importance of the individual measure depends on the type of grid and type of stability study. Annex B describes limits to the possible accuracy of the models.

This is a preview of "IEC 61400-27-1 Ed. 1...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

- Developers of modern software for power system simulation tools will use the standard to implement standard wind power models as part of the software library.
- Certification bodies in case of independent wind turbine model validation.
- Education and research communities, who can also benefit from the generic models, as the manufacturer specific models are typically confidential.

## WIND TURBINES –

### Part 27-1: Electrical simulation models – Wind turbines

#### 1 Scope

IEC 61400-27 defines standard electrical simulation models for wind turbines and wind power plants. The specified models are time domain positive sequence simulation models, intended to be used in power system and grid stability analyses. The models are applicable for dynamic simulations of short term stability in power systems. IEC 61400-27 includes procedures for validation of the specified electrical simulation models. The validation procedure for IEC 61400-27 is based on tests specified in IEC 61400-21.

IEC 61400-27 consists of two parts with the following scope:

- IEC 61400-27-1 specifies dynamic simulation models for generic wind turbine topologies/ concepts / configurations on the market. IEC 61400-27-1 defines the generic terms and parameters with the purpose of specifying the electrical characteristics of a wind turbine at the connection terminals. The models are described in a modular way which can be applied for future wind turbine concepts. The dynamic simulation models refer to the wind turbine terminals. The validation procedure specified in IEC 61400-27-1 focuses on the IEC 61400-21 tests for response to voltage dips, reference point changes and grid protection.
- IEC 61400-27-2 specifies dynamic simulation models for the generic wind power plant topologies / configurations on the market including wind power plant control and auxiliary equipment. In addition IEC 61400-27-2 specifies a method to create models for future wind power plant configurations. The wind power plant models are based on the wind turbine models specified in IEC 61400-27-1.

The electrical simulation models specified in IEC 61400-27 are independent of any software simulation tool.

#### 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 60050, *International electrotechnical vocabulary*

IEC 61400-21, *Wind turbines – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	101
INTRODUCTION .....	103
1 Domaine d'application .....	107
2 Références normatives .....	107
3 Termes, définitions, abréviations et indices .....	108
3.1 Termes et définitions .....	108
3.2 Abréviations et indices .....	112
3.2.1 Abréviations .....	112
3.2.2 Indices .....	113
4 Symboles et unités .....	114
4.1 Généralités .....	114
4.2 Symboles (unités) .....	114
5 Spécification des modèles .....	116
5.1 Vue d'ensemble .....	116
5.2 Spécifications générales .....	117
5.3 Interface de modèle .....	119
5.4 Paramètres et initialisation .....	120
5.4.1 Généralités .....	120
5.4.2 Catégories de paramètres .....	120
5.4.3 Paramètres globaux .....	120
5.4.4 Initialisation .....	120
5.5 Structure modulaire des modèles .....	122
5.5.1 Structure modulaire générique .....	122
5.5.2 Type 1 .....	122
5.5.3 Type 2 .....	125
5.5.4 Type 3 .....	127
5.5.5 Type 4 .....	130
5.6 Bibliothèque de modules .....	135
5.6.1 Modèles aérodynamiques .....	135
5.6.2 Modèles mécaniques .....	137
5.6.3 Modèles de groupe générateur .....	137
5.6.4 Matériel électrique .....	143
5.6.5 Modèles de commande .....	144
5.6.6 Modèle de protection du réseau .....	156
6 Spécification de la procédure de validation .....	159
6.1 Vue d'ensemble .....	159
6.2 Spécifications générales .....	160
6.3 Procédure de validation .....	161
6.3.1 Creux de tension .....	161
6.3.2 Variations de point de référence .....	166
6.3.3 Protection du réseau .....	167
Annexe A (informative) Documentation de l'essai de validation .....	169
A.1 Généralités .....	169
A.2 Informations relatives au modèle de simulation et au montage de validation .....	169
A.3 Modèle de résultats d'essai de validation .....	170

A.3.1	Généralités .....	170
A.3.2	Creux de tension .....	170
A.3.3	Variations de point de référence .....	170
A.3.4	Protection du réseau .....	171
Annexe B (normative)	Limites à la précision possible des modèles .....	172
B.1	Généralités .....	172
B.2	Erreurs de simulation inévitables .....	172
B.3	Erreurs de mesure .....	172
Annexe C (normative)	Filtre passe bas numérique amorti du 2 <sup>ème</sup> ordre .....	174
Annexe D (informative)	Modèle de niveau d'installation simplifié .....	175
D.1	Généralités .....	175
D.2	Domaine d'application .....	175
D.3	Description du modèle de système de commande de tension et de puissance réactive .....	176
D.4	Description du modèle de système de commande de fréquence et de puissance active .....	177
Annexe E (informative)	Modèle aérodynamique à deux dimensions .....	180
E.1	Objet .....	180
E.2	Approche du modèle .....	180
E.3	Ajustements des paramètres du modèle .....	181
E.4	Cas d'utilisation .....	184
E.4.1	Généralités .....	184
E.4.2	Cas d'utilisation d'étude de stabilité .....	184
E.4.3	Cas d'utilisation de validation .....	184
E.5	Initialisation du modèle en conditions réduites .....	185
Annexe F (informative)	Interface logicielle générique pour l'utilisation de modèles dans différents environnements logiciels .....	186
F.1	Description de l'approche .....	186
F.2	Description de l'interface logicielle .....	187
F.2.1	Description des structures de données .....	187
F.2.2	Fonctions de communication par l'intermédiaire de l'interface ESE .....	188
F.2.3	Entrées, Sorties, Paramètres .....	190
Annexe G (normative)	Bibliothèque des symboles du bloc .....	191
G.1	Généralités .....	191
G.2	Retard d'intervalle .....	191
G.3	Limiteur de taux de variation autonome .....	191
G.4	Filtre de premier ordre avec limites absolues, limites assignées et drapeau bloqué .....	192
G.5	Table de conversion .....	193
G.6	Comparateur .....	193
G.7	Temporisateur .....	194
G.8	Intégrateur antiwindup .....	195
G.9	Intégrateur avec réinitialisation .....	195
G.10	Filtre de premier ordre avec détection de limitation .....	196
G.11	Drapeau de retard .....	197
G.12	Détection du front montant .....	197
Bibliographie	.....	199

Figure 1 – Classification de la stabilité des réseaux d'énergie électrique selon le Joint Task Force IEEE/CIGRE on Stability Terms and Definitions .....	104
Figure 2 – Exemple de réponse indicielle .....	110
Figure 3 – Interface générale entre le modèle d'éolienne, le modèle de réseau et le modèle de centrale éolienne .....	119
Figure 4 – Interface générale d'initialisation du modèle d'éolienne, du modèle de centrale éolienne et du modèle de réseau .....	121
Figure 5 – Structure modulaire générique des modèles d'éolienne .....	122
Figure 6 – Principaux composants électriques et mécaniques des éoliennes de type 1 .....	123
Figure 7 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 1A .....	124
Figure 8 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 1B .....	124
Figure 9 – Principaux composants électriques et mécaniques des éoliennes de type 2 .....	125
Figure 10 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 2 .....	126
Figure 11 – Structure modulaire du modèle de commande de type 2 .....	126
Figure 12 – Principaux composants électriques et mécaniques des éoliennes de type 3 .....	127
Figure 13 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 3 .....	128
Figure 14 – Structure modulaire des modèles de commande de type 3 .....	129
Figure 15 – Principaux composants électriques et mécaniques des éoliennes de type 4 .....	130
Figure 16 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 4A .....	131
Figure 17 – Structure modulaire du modèle de commande de type 4A .....	132
Figure 18 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 4B .....	133
Figure 19 – Structure modulaire du modèle de commande de type 4B .....	134
Figure 20 – Schéma de principe du modèle de couple aérodynamique constant .....	135
Figure 21 – Schéma de principe du modèle aérodynamique à une dimension .....	135
Figure 22 – Schéma de principe du modèle aérodynamique à deux dimensions .....	136
Figure 23 – Schéma de principe du modèle à deux masses .....	137
Figure 24 – Schéma de principe du modèle de groupe générateur de type 3A .....	139
Figure 25 – Schéma de principe du modèle de groupe générateur de type 3B .....	141
Figure 26 – Schéma de principe du modèle de groupe générateur de type 4 .....	142
Figure 27 – Schéma de principe du modèle de rotation du cadre de référence .....	143
Figure 28 – Schéma de principe du modèle de puissance de commande de pas .....	144
Figure 29 – Schéma de principe du modèle de commande d'angle de pas .....	145
Figure 30 – Schéma de principe du modèle de commande de résistance rotorique .....	146
Figure 31 – Schéma de principe du modèle de commande P de type 3 .....	148
Figure 32 – Schéma de principe du PI de couple de type 3 .....	149
Figure 33 – Schéma de principe du modèle de commande P de type 4A .....	150
Figure 34 – Schéma de principe du modèle de commande P de type 4B .....	150
Figure 35 – Schéma de principe du modèle de commande Q .....	153
Figure 36 – Schéma de principe du limiteur de courant .....	155
Figure 37 – Schéma de principe du modèle de limitation Q constante .....	155
Figure 38 – Schéma de principe du modèle de limitation QP et QU .....	156
Figure 39 – Schéma de principe du système de protection du réseau .....	158
Figure 40 – Schéma de principe de la mesure u-f .....	159
Figure 41 – Structure de traitement du signal avec la méthode "play-back" (lecture) .....	162

Figure 42 – Structure de traitement du signal avec la méthode de simulation de l'ensemble du réseau .....	163
Figure 43 – Fenêtres de creux de tension .....	165
Figure D.1 – Schéma de principe des commandes de puissance réactive de centrale éolienne.....	177
Figure D.2 – Schéma de principe du système de commande de puissance active de la centrale éolienne .....	179
Figure E.1 – Puissance aérodynamique en fonction de l'angle de pale $\theta$ et de la vitesse du vent $v$ .....	181
Figure E.2 – Dérivée partielle de la puissance par rapport à la variation de vitesse du rotor $\partial p_{aero}/\partial \omega_{WTR}$ en fonction de l'angle de pale $\theta$ et de la vitesse du vent $v$ .....	181
Figure E.3 – Dérivée partielle de la puissance par rapport à l'angle de pale $dp_{\theta}$ en fonction de l'angle de pale $\theta$ .....	182
Figure E.4 – Dérivée partielle de la puissance par rapport à la variation de vitesse du rotor $dp_{\omega}$ en fonction de la vitesse du vent $v$ pour 1 p.u. (ligne continue) et 0,5 p.u. (ligne en pointillés) puissance active.....	182
Figure E.5 – Approximation de la puissance aérodynamique en fonction de la vitesse du vent .....	183
Figure E.6 – Approximation de l'angle de pale en fonction de la vitesse du vent .....	183
Figure F.1 – Séquence de simulation sur l'utilisation de l'interface ESE .....	190
Figure G.1 – Symbole du bloc pour retard d'intervalle d'intégration simple.....	191
Figure G.2 – Symbole du bloc pour limiteur du taux de variation autonome.....	191
Figure G.3 – Symbole de principe de la mise en œuvre du limiteur du taux de variation autonome.....	192
Figure G.4 – Symbole du bloc pour filtre de premier ordre avec limites absolues, limites assignées et drapeau bloqué .....	192
Figure G.5 – Schéma de principe de la mise en œuvre du filtre de premier ordre avec limites absolues, limites assignées et état bloqué .....	193
Figure G.6 – Schéma de principe de la mise en œuvre de l'état bloqué sans filtre ( $T = 0$ ) ...	193
Figure G.7 – Symbole de bloc de la table de conversion.....	193
Figure G.8 – Symboles de blocs des comparateurs.....	194
Figure G.9 – Symbole de bloc du temporisateur.....	194
Figure G.10 – Fonction du temporisateur .....	194
Figure G.11 – Symbole de bloc de l'intégrateur antiwindup .....	195
Figure G.12 – Symbole de principe de la mise en œuvre de l'intégrateur antiwindup.....	195
Figure G.13 – Symbole de bloc de l'intégrateur avec réinitialisation .....	196
Figure G.14 – Symbole de bloc de filtre de premier ordre avec détection de limitation .....	196
Figure G.15 – Schéma de principe de la mise en œuvre du filtre de premier ordre avec détection de limitation .....	196
Figure G.16 – Symbole de bloc du drapeau de retard .....	197
Figure G.17 – Schéma de principe de la mise en œuvre du drapeau de retard.....	197
Figure G.18 – Symbole de bloc de la détection du front montant.....	197
Figure G.19 – Schéma de principe de la détection du front montant.....	198
Tableau 1 – Paramètres globaux de modèles d'éoliennes .....	120
Tableau 2 – Variable d'initialisation utilisée explicitement dans les schémas de principe du modèle.....	121



Tableau 3 – Modules utilisés dans le modèle de type 1A .....	124
Tableau 4 – Modules utilisés dans le modèle de type 1B .....	125
Tableau 5 – Modules utilisés dans le modèle de type 2.....	127
Tableau 6 – Modules utilisés dans le modèle de type 3.....	129
Tableau 7 – Modules utilisés dans le modèle de type 4A .....	132
Tableau 8 – Modules utilisés dans le modèle de type 4B .....	134
Tableau 9 – Liste des paramètres du modèle aérodynamique à une dimension.....	135
Tableau 10 – Liste des paramètres du modèle aérodynamique à deux dimensions .....	136
Tableau 11 – Liste des paramètres du modèle à deux masses.....	137
Tableau 12 – Liste des paramètres du modèle de groupe générateur de type 3A.....	138
Tableau 13 – Liste des paramètres du modèle de groupe générateur de type 3B.....	140
Tableau 14 – Liste des paramètres du modèle de groupe générateur de type 4 .....	142
Tableau 15 – Liste des paramètres du modèle de rotation du cadre de référence .....	143
Tableau 16 – Liste des paramètres du modèle de puissance de commande de pas .....	144
Tableau 17 – Liste des paramètres du modèle de commande d'angle de pas.....	145
Tableau 18 – Liste des paramètres du modèle de commande de résistance rotorique.....	146
Tableau 19 – Liste des paramètres du modèle de commande p type 3.....	146
Tableau 20 – Liste des paramètres du modèle de commande p type 4A .....	149
Tableau 21 – Liste des paramètres du modèle de commande p type 4B .....	150
Tableau 22 – Modes de commande Q généraux $M_{qG}$ de l'éolienne.....	151
Tableau 23 – Modes de commande Q UVRT $M_{qUVRT}$ .....	151
Tableau 24 – Liste des paramètres du modèle de commande q .....	151
Tableau 25 – Description des valeurs du drapeau $F_{UVRT}$ .....	154
Tableau 26 – Liste des paramètres du modèle de limiteur de courant .....	154
Tableau 27 – Liste des paramètres du modèle de limitation Q constante .....	155
Tableau 28 – Liste des paramètres du modèle de limitation QP et QU .....	156
Tableau 29 – Liste des paramètres du modèle de protection du réseau .....	157
Tableau 30 – Fenêtres appliquées pour les calculs d'erreur.....	166
Tableau A.1 – Informations exigées pour le modèle de simulation et le montage de validation .....	169
Tableau A.2 – Informations supplémentaires exigées si la méthode de simulation de l'ensemble du réseau est utilisée .....	169
Tableau A.3 – Récapitulatif de validation des creux de tension .....	170
Tableau A.4 – Récapitulatif de validation des variations de point de référence.....	171
Tableau A.5 – Récapitulatif de validation de la protection du réseau.....	171
Tableau D.1 – Paramètres utilisés dans le modèle de commande de tension et de puissance réactive .....	176
Tableau D.2 – Paramètres utilisés dans le modèle de commande de fréquence et de puissance active .....	178
Tableau E.1 – Points caractérisant la relation entre la vitesse du vent $v$ et la dérivée partielle $dp_{\omega}$ .....	182
Tableau E.2 – Liste des paramètres des éléments aérodynamiques d'un type d'éolienne particulier.....	184

## COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### EOLIENNES –

### Partie 27-1: Modèles de simulation électrique – Eoliennes

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61400-27-1 a été établie par le comité d'études 88 de l'IEC: Eoliennes.

Le texte de ce projet est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
88/510/FDIS	88/529/RVD

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

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

This is a preview of "IEC 61400-27-1 Ed. 1...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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

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 l'IEC 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.

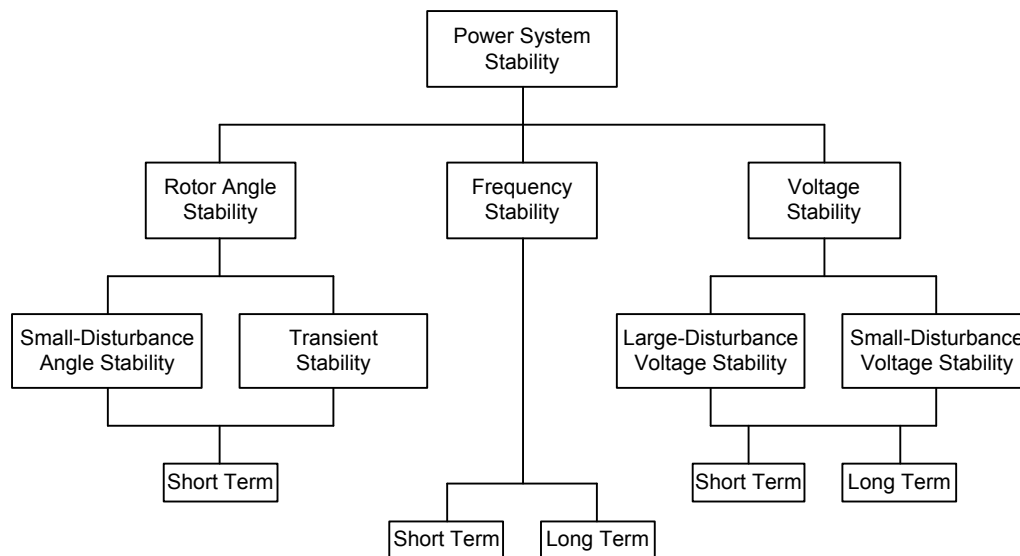
**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une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

## INTRODUCTION

La série IEC 61400-27 spécifie des modèles de simulation électrique dynamiques normalisés pour la production d'énergie éolienne. L'IEC 61400-27-1 spécifie les modèles d'éolienne et la procédure de validation de modèle. L'IEC 61400-27-2 spécifie les modèles de centrale éolienne et la procédure de validation de modèle.

La percée croissante de l'énergie éolienne dans les réseaux d'énergie électrique oblige les gestionnaires de réseau de transport (TSO – transmission system operators) et les gestionnaires de réseau de distribution (DSO – distribution system operators) à utiliser des modèles dynamiques de production d'énergie éolienne dans le cadre d'études de stabilité du réseau d'énergie électrique. Les modèles développés par les fabricants d'éolienne reproduisent le comportement de leurs machines avec un niveau de détail élevé. Ces niveaux de détail ne conviennent pas pour les études de stabilité des réseaux d'énergie électrique importants contenant un grand nombre de centrales éoliennes. En premier lieu, parce que le haut niveau de détail accroît considérablement la complexité et donc le temps machine. En second lieu, parce que l'utilisation de ces modèles exige une grande quantité de données d'entrée afin de représenter les types d'éoliennes individuelles.

La présente norme a pour objet de spécifier des modèles dynamiques génériques, qui peuvent être appliqués dans les études de stabilité des réseaux d'énergie électrique. Le Joint Task Force (groupe de travail commun) IEEE/CIGRE on Stability Terms and Definitions a classé la stabilité des réseaux d'énergie électrique en catégories conformément à la Figure 1.



© IEEE 2004  
IEC

#### Légende

Anglais	Français
Power System Stability	Stabilité du réseau d'énergie électrique
Rotor Angle Stability	Stabilité angulaire du rotor
Frequency Stability	Stabilité de fréquence
Voltage Stability	Stabilité de tension
Small-Disturbance Angle Stability	Stabilité angulaire à faible perturbation
Transient Stability	Stabilité transitoire
Large-disturbance Voltage Stability	Stabilité de tension à forte perturbation
Small-Disturbance Voltage Stability	Stabilité de tension à faible perturbation
Short Term	Court terme
Long Term	Long terme

**Figure 1 – Classification de la stabilité des réseaux d'énergie électrique selon le Joint Task Force IEEE/CIGRE on Stability Terms and Definitions**

En s'appuyant sur ces catégories, les modèles sont développés de manière à représenter la production d'énergie éolienne dans les études des phénomènes de stabilité de tension à court terme et forte perturbation, mais ils s'appliquent également à l'étude d'autres phénomènes dynamiques à court terme tels que la stabilité angulaire du rotor, la stabilité de fréquence et la stabilité de tension à faible perturbation. Par conséquent, les modèles sont applicables à des simulations dynamiques d'événements des réseaux d'énergie électrique, tels que des courts-circuits (alimentation continue à basse tension), la perte de production ou des charges, et la séparation du réseau d'une zone synchrone en plusieurs zones synchrones (voir le domaine d'application).

Les modèles doivent d'une part être suffisamment précis par rapport au comportement dynamique des bornes des éoliennes et, d'autre part, adaptés aux études à grande échelle du réseau. Des modèles d'éolienne simplifiés sont donc spécifiés pour apporter les réponses classiques des technologies d'éolienne connues.

Les modèles d'éolienne spécifiés dans la présente norme sont destinés à une réponse directe à la fréquence fondamentale<sup>1</sup>. Les modèles présentent les limites suivantes:

- Les modèles ne sont pas prévus pour une analyse de stabilité à long terme.
- Les modèles ne sont pas prévus pour l'étude des phénomènes d'interaction sous-synchrones
- Les modèles ne sont pas prévus pour l'étude des fluctuations provenant de la variabilité de la vitesse du vent dans le temps et l'espace. Cela implique que les modèles n'incluent pas les phénomènes tels que les turbulences, le sillage du pylône, le cisaillement du vent et les tourbillons.
- Les modèles ne couvrent pas les phénomènes tels que les harmoniques, le papillotement ou autres émissions CEM inclus dans la série IEC 61000.
- Les modèles n'ont pas été développés explicitement en gardant à l'esprit un calcul de valeur propre (pour la stabilité du petit signal)<sup>2</sup>.
- Les modèles présentés ici ne s'appliquent qu'aux éoliennes et n'incluent donc pas les commandes et matériels supplémentaires au niveau de la centrale éolienne, tels que les SVC, STATCOM et autres dispositifs couverts par l'IEC 61400-27-2. Les modèles d'éoliennes sont en interface avec les modèles de contrôleur de centrale éolienne dans l'IEC 61400-27-2.
- La présente norme n'aborde pas les éléments spécifiques des calculs de court-circuit.
- Les modèles ne s'appliquent pas aux études des systèmes extrêmement faibles, y compris les situations dans lesquelles les éoliennes sont isolées sans autre production synchrone.
- Les modèles sont limités par les spécifications techniques de 5.2.

La procédure de validation spécifiée dans la présente norme est destinée à être appliquée aux modèles normalisés et aux autres modèles d'éolienne à fréquence fondamentale. La procédure de validation présente les limites suivantes:

- La procédure de validation ne spécifie aucune exigence concernant la précision du modèle. Elle ne spécifie que les mesures de quantification de la précision du modèle<sup>3</sup>.
- La procédure de validation ne précise pas les procédures d'essai et de mesure, celles-ci reposant sur les essais spécifiés dans l'IEC 61400-21.
- La validation du modèle de simulation n'a pas vocation à justifier la conformité aux exigences de code de réseau, aux exigences de qualité de l'alimentation électrique ou à la législation nationale.
- Les procédures d'essai et de mesure génèrent des erreurs qui limitent la précision possible indiquée dans la procédure de validation.
- La procédure de validation ne comprend pas la validation en régime établi, mais se concentre sur la validation des performances dynamiques du modèle.

Les parties prenantes suivantes sont des utilisateurs potentiels des modèles spécifiés dans la présente norme:

- les gestionnaires de réseau de transport (TSO) et les gestionnaires de réseau de distribution (DSO) sont les utilisateurs finaux des modèles. Ils étudient la stabilité du

---

<sup>1</sup> La présente norme traite des défauts équilibrés et déséquilibrés, seuls les composants de réponse directe étant spécifiés pour ces derniers.

<sup>2</sup> Ces systèmes de production éoliens sont peu linéaires, et des simplifications ont été apportées dans le développement des modèles proposés. La linéarisation pour l'analyse aux valeurs propres n'est donc pas essentielle ni nécessairement appropriée en fonction de ces modèles simplifiés.

<sup>3</sup> L'Article 6 spécifie un grand nombre de mesures pour la précision du modèle. L'importance de la mesure individuelle dépend du type de réseau et du type d'étude de stabilité. L'Annexe B décrit les limites de précision possible des modèles.

réseau d'énergie électrique dans le cadre de la planification et du fonctionnement des réseaux d'énergie électrique.

- les propriétaires de centrale éolienne sont en général chargés de fournir des modèles de centrale éolienne aux gestionnaires de réseau de transport et/ou aux gestionnaires de réseau de distribution avant la mise en service de la centrale.
- les fabricants d'éolienne fournissent en général les modèles d'éolienne au propriétaire.
- les développeurs de logiciels modernes destinés aux outils de simulation de réseau d'énergie électrique utilisent la norme pour mettre en œuvre des modèles d'énergie éolienne normalisés dans le cadre d'une bibliothèque de logiciels.
- les organismes de certification en cas de validation de modèles d'éoliennes indépendants.
- les communautés de l'enseignement et de la recherche, qui peuvent également bénéficier des modèles génériques, les modèles spécifiques au fabricant étant en général confidentiels.

## EOLIENNES –

### Partie 27-1: Modèles de simulation électrique – Eoliennes

#### 1 Domaine d'application

L'IEC 61400-27 définit des modèles de simulation électrique normalisés pour les éoliennes et les centrales éoliennes. Il s'agit de modèles de simulation directe dans le domaine temporel, destinés à être utilisés dans des analyses de stabilité du réseau d'énergie électrique et du réseau. Ces modèles s'appliquent à des simulations dynamiques de la stabilité à court terme des réseaux d'énergie électrique. L'IEC 61400-27 inclut des procédures de validation des modèles de simulation électrique spécifiés. La procédure de validation de l'IEC 61400-27 repose sur les essais spécifiés dans l'IEC 61400-21.

L'IEC 61400-27 est composée de deux parties, avec le domaine d'application suivant:

- L'IEC 61400-27-1 spécifie des modèles de simulation dynamiques pour les topologies/concepts/configurations génériques d'éoliennes disponibles sur le marché. L'IEC 61400-27-1 définit les termes et paramètres génériques ayant pour objet de spécifier les caractéristiques électriques d'une éolienne au niveau des bornes de connexion. Les modèles sont décrits de manière modulaire et peuvent être appliqués aux futurs concepts d'éoliennes. Les modèles de simulation dynamiques se rapportent aux bornes de l'éolienne. La procédure de validation spécifiée dans l'IEC 61400-27-1 se concentre sur les essais de l'IEC 61400-21 pour la réponse aux creux de tension, les variations de la valeur de consigne et la protection du réseau.
- L'IEC 61400-27-2 spécifie les modèles de simulation dynamiques pour les topologies/configurations génériques de centrales éoliennes disponibles sur le marché, y compris le contrôle de centrale éolienne et les matériels auxiliaires. De plus, l'IEC 61400-27-2 spécifie une méthode de création de modèles pour les configurations de centrale éolienne à venir. Les modèles de centrale éolienne reposent sur les modèles d'éolienne spécifiés dans l'IEC 61400-27-1.

Les modèles de simulation électrique spécifiés dans l'IEC 61400-27 sont indépendants des outils de simulation logiciels.

#### 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).

IEC 60050, *Vocabulaire électrotechnique international*

IEC 61400-21, *Eoliennes – Partie 21: Mesurage et évaluation des caractéristiques de qualité de puissance des éoliennes connectées au réseau*