



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Wind energy generation systems –
Part 27-1: Electrical simulation models – Generic models**

**Systèmes de génération d'énergie éolienne –
Partie 27-1: Modèles de simulation électrique – Modèles génériques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-1008-6

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	8
INTRODUCTION.....	10
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	16
3.2.1 Abbreviations.....	16
3.2.2 Subscripts	18
4 Symbols and units	19
4.1 General.....	19
4.2 Symbols (units).....	19
5 Functional specification of models	23
5.1 General specifications.....	23
5.2 Wind turbine models	24
5.3 Wind power plant models	25
6 Formal specification of modular structures of models.....	25
6.1 General.....	25
6.2 Wind turbine models	26
6.2.1 General	26
6.2.2 Type 1	26
6.2.3 Type 2	28
6.2.4 Type 3	30
6.2.5 Type 4	32
6.3 Auxiliary equipment models	37
6.3.1 STATCOM	37
6.3.2 Other auxiliary equipment.....	38
6.4 Wind power plant models	38
6.4.1 General	38
6.4.2 Wind power plant control and communication	39
6.4.3 Basic wind power plant.....	40
6.4.4 Wind power plant with reactive power compensation	41
7 Formal specification of modules	42
7.1 General.....	42
7.2 Aerodynamic modules.....	43
7.2.1 Constant aerodynamic torque module.....	43
7.2.2 One-dimensional aerodynamic module	44
7.2.3 Two-dimensional aerodynamic module	44
7.3 Mechanical modules	46
7.3.1 Two mass module.....	46
7.3.2 Other mechanical modules	46
7.4 Generator and converter system modules	46
7.4.1 Asynchronous generator module.....	46
7.4.2 Type 3A generator system module.....	47
7.4.3 Type 3B generator system module.....	48
7.4.4 Type 4 generator system module	49

7.4.5	Reference frame rotation module	50
7.5	Electrical systems modules	51
7.5.1	Electrical systems gamma module	51
7.5.2	Other electrical systems modules	52
7.6	Pitch control modules.....	52
7.6.1	Pitch control power module.....	52
7.6.2	Pitch angle control module.....	53
7.7	Generator and converter control modules	54
7.7.1	Rotor resistance control module	54
7.7.2	P control module type 3	55
7.7.3	P control module type 4A.....	58
7.7.4	P control module type 4B.....	59
7.7.5	Q control module	60
7.7.6	Current limitation module.....	63
7.7.7	Constant Q limitation module.....	64
7.7.8	QP and QU limitation module.....	65
7.8	Grid interfacing modules	66
7.8.1	Grid protection module	66
7.8.2	Grid measurement module.....	67
7.9	Wind power plant control modules.....	68
7.9.1	WP P control module	68
7.9.2	WP Q control module.....	69
7.10	Communication modules	71
7.10.1	General	71
7.10.2	Communication delay module	71
7.10.3	Linear communication module	71
7.11	Electrical components modules.....	72
7.11.1	Line module.....	72
7.11.2	Transformer module	72
7.11.3	Other electrical components modules	72
Annex A (informative) Estimation of parameters for single branch power collection system model.....		73
A.1	General.....	73
A.2	Description of method	73
A.2.1	General	73
A.2.2	Lines aggregation	73
A.2.3	Wind turbine transformers aggregation	74
A.3	Numerical example	75
Annex B (informative) Two-dimensional aerodynamic model		78
B.1	Objective	78
B.2	Wind speed input model.....	78
B.3	Parameters for power input module.....	80
Annex C (informative) Implementation of generator systems modules with external impedance		81
Annex D (normative) Block symbol library		84
D.1	General.....	84
D.2	Switch.....	84
D.3	Time step delay	84
D.4	Stand-alone ramp rate limiter	85

D.5	First order filter	85
D.6	Lookup table	86
D.7	Comparator	86
D.8	Timer	87
D.9	Anti windup integrator	88
D.10	Integrator with reset	88
D.11	First order filter with limitation detection	89
D.12	Rising edge detection	89
D.13	Falling edge detection	90
D.14	Delay flag	90
D.15	Variable delay flag	91
D.16	Dead band	92
D.17	Circuit breaker	92
	Bibliography	93
	Figure 1 – Classification of power system stability according to IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions [9]	10
	Figure 2 – Generic structure of WT models	26
	Figure 3 – Modular structure of the type 1A WT model	27
	Figure 4 – Modular structure of the type 1B WT model	28
	Figure 5 – Modular structure of the type 2 WT model	29
	Figure 6 – Modular structure of the type 3A and type 3B WT models	30
	Figure 7 – Modular generator control sub-structure of the type 3A and type 3B models	31
	Figure 8 – Modular structure of the type 4A WT model	33
	Figure 9 – Modular generator control sub-structure of the type 4A model	34
	Figure 10 – Modular structure of the type 4B WT model	35
	Figure 11 – Modular generator control sub-structure of the type 4B model	36
	Figure 12 – Modular structure of STATCOM model	37
	Figure 13 – Modular structure of the STATCOM control model	37
	Figure 14 – General structure of WP model	38
	Figure 15 – General modular structure of WP control and communication block	39
	Figure 16 – Single line diagram for basic WP model	40
	Figure 17 – Single line diagram for WP model with reactive power compensation	41
	Figure 18 – Block diagram for constant aerodynamic torque module	44
	Figure 19 – Block diagram for one-dimensional aerodynamic module	44
	Figure 20 – Block diagram for two-dimensional aerodynamic module	45
	Figure 21 – Block diagram for two mass module	46
	Figure 22 – Block diagram for type 3A generator system module	47
	Figure 23 – Block diagram for type 3B generator system module	49
	Figure 24 – Block diagram for type 4 generator system module	50
	Figure 25 – Block diagram for the reference frame rotation module	51
	Figure 26 – Single line diagram for electrical systems gamma module	52
	Figure 27 – Block diagram for pitch control power module	53
	Figure 28 – Block diagram for pitch angle control module	54
	Figure 29 – Block diagram for rotor resistance control module	55

Figure 30 – Block diagram for type 3 P control module	57
Figure 31 – Block diagram for type 3 torque PI	58
Figure 32 – Block diagram for type 4A P control module	59
Figure 33 – Block diagram for type 4B P control module	60
Figure 34 – Block diagram for Q control module.....	62
Figure 35 – Block diagram for current limiter.....	64
Figure 36 – Block diagram for constant Q limitation module	65
Figure 37 – Block diagram for QP and QU limitation module	65
Figure 38 – Block diagram for grid protection system.....	67
Figure 39 – Block diagram for u-f measurement.....	68
Figure 40 – Block diagram for WP power/frequency control module	69
Figure 41 – Block diagram for WP reactive power/voltage control module	70
Figure 42 – Block diagram for communication delay module	71
Figure 43 – Block diagram for linear communication module for an example with N communication variables.....	72
Figure A.1 – WP power collection system example	75
Figure B.1 – Turbine aerodynamics model proposed by Fortmann (2014)	78
Figure C.1 – Type 3A generator system module with parallel reactance.....	81
Figure C.2 – Type 3B generator system module with parallel reactance.....	82
Figure C.3 – Type 4 generator system module with parallel reactance	83
Figure D.1 – Block symbol for switch with a) a variable flag input and b) a constant mode	84
Figure D.2 – Block symbol for single integration time step delay	84
Figure D.3 – Block symbol for stand-alone ramp rate limiter.....	85
Figure D.4 – Block diagram for implementation of the stand-alone ramp rate limiter.....	85
Figure D.5 – Block symbol for first order filter with absolute limits, rate limits and freeze flag	85
Figure D.6 – Block diagram for implementation of the first order filter with absolute limits, rate limits and freeze state.....	86
Figure D.7 – Block diagram for implementation of the freeze state without filter ($T = 0$).....	86
Figure D.8 – Block symbol for lookup table	86
Figure D.9 – Block symbols for comparators	87
Figure D.10 – Block symbol for timer	87
Figure D.11 – Function of timer.....	87
Figure D.12 – Block symbol for anti windup integrator.....	88
Figure D.13 – Block diagram for implementation of anti windup integrator.....	88
Figure D.14 – Block symbol for integrator with reset	88
Figure D.15 – Block symbol for first order filter with limitation detection	89
Figure D.16 – Block diagram for implementation of first order filter with limitation detection.....	89
Figure D.17 – Block symbol rising edge detection	89
Figure D.18 – Block diagram for rising edge detection	90
Figure D.19 – Block symbol falling edge detection	90
Figure D.20 – Block diagram for falling edge detection	90
Figure D.21 – Block symbol for delay flag	90

Figure D.22 – Block diagram for implementation of delay flag	91
Figure D.23 – Block symbol for delay flag	91
Figure D.24 – Block diagram for implementation of variable delay flag	92
Figure D.25 – Block symbol dead band	92
Figure D.26 – Block symbol for circuit breaker	92
Table 1 – Modules used in type 1A model	27
Table 2 – Modules used in type 1B model	28
Table 3 – Modules used in type 2 model	29
Table 4 – Modules used in type 3A model	31
Table 5 – Modules used in type 3B model	32
Table 6 – Modules used in type 4A model	34
Table 7 – Modules used in type 4B model	36
Table 8 – Modules used in STATCOM model	38
Table 9 – Modules used in WP control and communication model	40
Table 10 – Models and additional modules used in the basic WP model	41
Table 11 – Models and modules used in the WP model with reactive power compensation	42
Table 12 – Global model parameters	42
Table 13 – Initialisation variable used in module block diagrams	43
Table 14 – Parameter list for one-dimensional aerodynamic module	44
Table 15 – Parameter list for two-dimensional aerodynamic module	45
Table 16 – Parameter list for two-mass module	46
Table 17 – Parameter list for type 3A generator system module	47
Table 18 – Parameter list for type 3B generator system module	48
Table 19 – Parameter list for type 4 generator system module	50
Table 20 – Parameter list for reference frame rotation module	50
Table 21 – Parameter list for electrical systems gamma module	51
Table 22 – Parameter list for pitch control power module	52
Table 23 – Parameter list for pitch angle control module	53
Table 24 – Parameter list for rotor resistance control module	54
Table 25 – Parameter list for P control module type 3	55
Table 26 – Parameter list for P control module type 4A	58
Table 27 – Parameter list for P control module type 4B	59
Table 28 – General WT Q control modes M_{qG}	60
Table 29 – Reactive current injection for each FRT Q control modes M_{qFRT}	60
Table 30 – Parameter list for Q control module	61
Table 31 – Description of F_{FRT} flag values	63
Table 32 – Parameter list for current limiter module	63
Table 33 – Parameter list for constant Q limitation module	64
Table 34 – Parameter list for QP and QU limitation module	65
Table 35 – Parameter list for grid protection module	66
Table 36 – Parameter list for grid measurement module	67

Table 37 – Parameter list for power/frequency control module	68
Table 38 – Parameter list for reactive power/voltage control module	69
Table 39 – Parameter list for communication delay module	71
Table 40 – Parameter list for linear communication module.....	71
Table A.1 – Lines parameters and aggregation calculations. The data is in per-units using WP base values.....	76
Table A.2 – Transformers parameters	76
Table A.3 – Estimated parameters for the single branch collection system model in 6.4.3	77
Table B.1 – Lookup table specifying the function $\partial p_{\omega}(v_0)$	79
Table B.2 – Parameter list for the wind speed input model.....	79

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

**Part 27-1: Electrical simulation models –
Generic models**

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 by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems.

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

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

FDIS	Report on voting
88/762/FDIS	88/771/RVD

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

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

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2015. This edition constitutes a technical revision and a restructure of the content into two parts. The new structure joins the models in part 27-1 and the validation procedures in part 27-2.

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

- a) "Wind turbines" changed to "Generic models" because wind power plant models are also included, and the model validation is moved to IEC 61400-27-2;
- b) specification of models for wind power plants including plant control, communication system model and aggregation procedure for power collection system in addition to the wind turbine models in the previous edition;
- c) moving validation procedures for wind turbine models from this edition to part 27-2;
- d) a more detailed modular structure separating wind turbine control into pitch control and generator system control and extracting grid measurement modules from the control modules. Figures are revised accordingly;
- e) inclusion of model for STATCOM;
- f) inclusion of electrical components modules.

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

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

The committee has decided that the contents of this 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

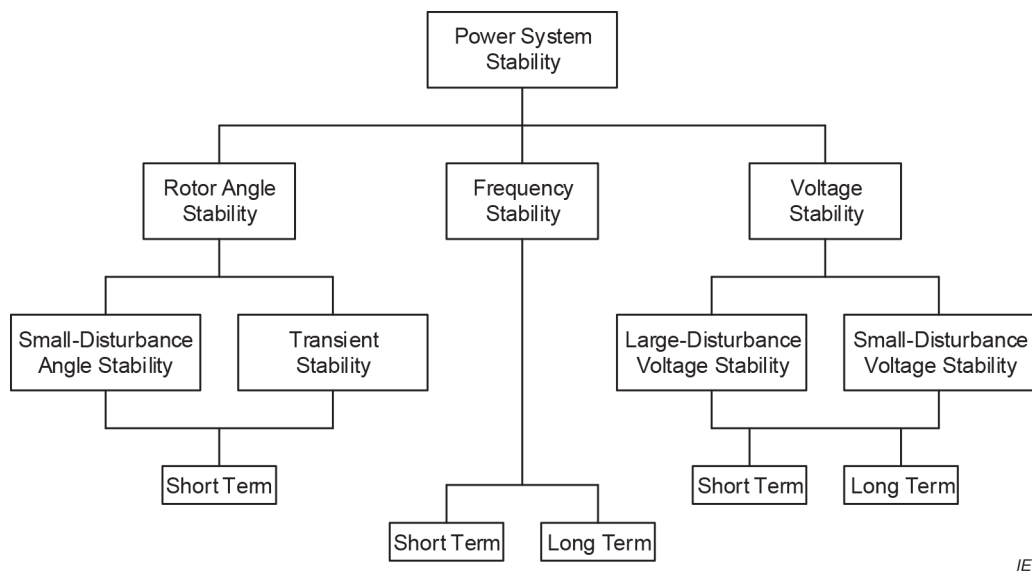
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

IEC 61400-27-1 specifies standard dynamic electrical simulation models for wind turbines and wind power plants. The specified wind turbine models can either be used in wind power plant models or to represent wind turbines without wind power plant relationships. Apart from the wind turbine models, the wind power plant model may include models for auxiliary equipment such as STATCOMs which are often used in wind power plants.

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 International 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 [11]¹ has classified power system stability in categories according to Figure 1.



IEC

Figure 1 – Classification of power system stability according to IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions [11]

Referring to these categories, the models are developed to represent wind power generation in studies of large-disturbance short term stability phenomena, i.e. short term voltage stability, short term frequency stability and short term transient stability studies referring to the definitions of IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions in Figure 1. 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 [12], and system separation of a synchronous system into more synchronous areas.

¹ The numbers in square brackets refer to the Bibliography.

The models shall be complete enough to represent the dynamic behavior of the wind power plant at the point of connection and of the wind turbine at the wind turbine terminals, but shall also be suitable for large-scale grid studies. Therefore, simplified models are specified to perform the typical response of known technologies.

The wind power plant models specified in this document are for fundamental frequency positive sequence response².

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 wind generation systems are highly non-linear and simplifications have been made in the development of the models. Thus, linearisation for eigenvalue analysis is not trivial nor necessarily appropriate based on these simplified models.
- This document does not address the specifics of short-circuit calculations.
- The models are not applicable to studies where wind turbines are islanded without synchronous generation.
- The models are not intended for studies of situations with short-circuit ratios less than 3. The short circuit limitation depends on wind turbine types, control modes and other settings. The WT manufacturer can specify a lower limit for the applicable short-circuit ratio provided that this application is validated according to part 27-2.
- The models are limited by the functional specifications in Clause 5.

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

- 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.
- 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.
- Consultants who use models on behalf of TSOs, DSOs and/or wind plant developers.
- Education and research communities, who can also benefit from the generic models, as the manufacturer specific models are typically confidential.

² This document is dealing with balanced as well as unbalanced faults, but for unbalanced faults, only the positive sequence components are specified.

WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

Part 27-1: Electrical simulation models – Generic models

1 Scope

This part of IEC 61400 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.

This document defines the generic terms and parameters for the electrical simulation models.

This document specifies electrical simulation models for the generic wind power plant topologies / configurations currently on the market. The wind power plant models include wind turbines, wind power plant control and auxiliary equipment. The wind power plant models are described in a modular way which can be applied for future wind power plant concepts and with different wind turbine concepts.

This document specifies electrical simulation models for the generic wind turbine topologies/concepts/configurations currently on the market. The purpose of the models is to specify the electrical characteristics of a wind turbine at the wind turbine terminals. The wind turbine models are described in a modular way which can be applied for future wind turbine concepts. The specified wind turbine models can either be used in wind power plant models or to represent wind turbines without wind power plant relationships.

The electrical simulation models specified in IEC 61400-27-1 are independent of any software simulation tool.

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 60050-415:1999, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 415: Wind turbine generator systems* (available at www.electropedia.org)

IEC 61970-301, *Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 301: Common information model (CIM) base*

IEC 61970-302, *Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 302: Common information model (CIM) dynamics*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	102
INTRODUCTION.....	104
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	115
4.1 Généralités	115
4.2 Symboles (unités).....	115
5 Spécification fonctionnelle des modèles	119
5.1 Spécifications générales	119
5.2 Modèles d'éoliennes	120
5.3 Modèles de centrales éoliennes	121
6 Spécification formelle des structures modulaires des modèles.....	122
6.1 Généralités	122
6.2 Modèles d'éoliennes	122
6.2.1 Généralités	122
6.2.2 Type 1	123
6.2.3 Type 2	125
6.2.4 Type 3	127
6.2.5 Type 4	129
6.3 Modèles de matériel auxiliaire.....	134
6.3.1 STATCOM	134
6.3.2 Autres matériels auxiliaires.....	135
6.4 Modèles de centrales éoliennes	135
6.4.1 Généralités	135
6.4.2 Commande et communication de la centrale éolienne.....	136
6.4.3 Modèle de centrale éolienne de base.....	138
6.4.4 Centrale éolienne avec compensation de puissance réactive	138
7 Spécification formelle des modules.....	140
7.1 Généralités	140
7.2 Modules aérodynamiques	141
7.2.1 Module de couple aérodynamique constant	141
7.2.2 Module aérodynamique à une dimension	141
7.2.3 Module aérodynamique à deux dimensions.....	142
7.3 Modules mécaniques	143
7.3.1 Module à deux masses	143
7.3.2 Autres modules mécaniques	144
7.4 Modules de l'aérogénérateur et de système de conversion	144
7.4.1 Module de générateur asynchrone.....	144
7.4.2 Module d'aérogénérateur de type 3A	144
7.4.3 Module d'aérogénérateur de type 3B	145
7.4.4 Module d'aérogénérateur de type 4.....	147

7.4.5	Module de rotation du cadre de référence.....	148
7.5	Modules de systèmes électriques.....	149
7.5.1	Module gamma de systèmes électriques.....	149
7.5.2	Autres modules de systèmes électriques	150
7.6	Modules de commande de pas.....	150
7.6.1	Module de puissance de commande de pas.....	150
7.6.2	Module de commande d'angle de pas	151
7.7	Modules de commande du générateur et du convertisseur.....	152
7.7.1	Module de commande de résistance rotorique	152
7.7.2	Module de commande P de type 3	153
7.7.3	Module de commande P de type 4A.....	156
7.7.4	Module de commande P de type 4B.....	157
7.7.5	Module de commande Q.....	158
7.7.6	Module de limitation de courant	162
7.7.7	Module de limitation Q constante	163
7.7.8	Module de limitation QP et QU.....	164
7.8	Modules d'interface du réseau	165
7.8.1	Module de protection du réseau.....	165
7.8.2	Module de mesure du réseau.....	166
7.9	Modules de commande de centrale éolienne.....	167
7.9.1	Module de commande P de la centrale éolienne	167
7.9.2	Module de commande Q de la centrale éolienne.....	169
7.10	Modules de communication.....	171
7.10.1	Généralités.....	171
7.10.2	Module de retard de communication	171
7.10.3	Module de communication linéaire.....	171
7.11	Modules des composants électriques.....	172
7.11.1	Module de ligne	172
7.11.2	Module de transformateur.....	172
7.11.3	Autres modules de composants électriques	172
Annexe A (informative) Estimation des paramètres du modèle de système de collecte de puissance à branche unique		173
A.1	Généralités	173
A.2	Description de la méthode	173
A.2.1	Généralités.....	173
A.2.2	Agrégation de lignes.....	173
A.2.3	Agrégation des transformateurs d'éoliennes	174
A.3	Exemple numérique	175
Annexe B (informative) Modèle aérodynamique à deux dimensions		178
B.1	Objectif.....	178
B.2	Modèle d'entrée de vitesse du vent.....	178
B.3	Paramètres du module d'entrée de puissance.....	180
Annexe C (informative) Mise en œuvre des modules d'aérogénérateur avec une impédance externe		181
Annexe D (normative) Bibliothèque des symboles du bloc		184
D.1	Généralités	184
D.2	Commutateur	184
D.3	Retard d'intervalle.....	184
D.4	Limiteur de taux de variation autonome.....	185

D.5	Filtre de premier ordre	185
D.6	Table de conversion.....	186
D.7	Comparateur.....	187
D.8	Temporisateur.....	187
D.9	Intégrateur antiwindup	188
D.10	Intégrateur avec réinitialisation	188
D.11	Filtre de premier ordre avec détection de limitation	189
D.12	Détection du front montant.....	189
D.13	Détection du front descendant	190
D.14	Drapeau de retard.....	190
D.15	Drapeau de retard variable	191
D.16	Bande morte	192
D.17	Disjoncteur	192
	Bibliographie.....	193
	Figure 1 – Classification de la stabilité des réseaux d'énergie électrique selon le Joint Task Force IEEE/CIGRE on Stability Terms and Definitions [11].....	104
	Figure 2 – Structure générique des modèles d'éoliennes	123
	Figure 3 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 1A.....	124
	Figure 4 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 1B.....	125
	Figure 5 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 2	126
	Figure 6 – Structure modulaire des modèles d'éoliennes de type 3A et de type 3B	127
	Figure 7 – Sous-structure modulaire de commande du générateur des modèles de type 3A et de type 3B	128
	Figure 8 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 4A	130
	Figure 9 – Sous-structure modulaire de commande du générateur du modèle de type 4A	131
	Figure 10 – Structure modulaire du modèle d'éolienne de type 4B	132
	Figure 11 – Sous-structure modulaire de commande du générateur du modèle de type 4B	133
	Figure 12 – Structure modulaire du modèle de STATCOM	134
	Figure 13 – Structure modulaire du modèle de commande du STATCOM	134
	Figure 14 – Structure générale du modèle de centrale éolienne.....	136
	Figure 15 – Structure modulaire générale du bloc de commande et de communication de la centrale éolienne.....	137
	Figure 16 – Schéma unifilaire du modèle de centrale éolienne de base.....	138
	Figure 17 – Schéma unifilaire du modèle de centrale éolienne avec compensation de puissance réactive	139
	Figure 18 – Schéma de principe du module de couple aérodynamique constant	141
	Figure 19 – Schéma de principe du module aérodynamique à une dimension	142
	Figure 20 – Schéma de principe du module aérodynamique à deux dimensions.....	143
	Figure 21 – Schéma de principe du module à deux masses	144
	Figure 22 – Schéma de principe du module d'aérogénérateur de type 3A	145
	Figure 23 – Schéma de principe du module d'aérogénérateur de type 3B	147
	Figure 24 – Schéma de principe du module d'aérogénérateur de type 4.....	148
	Figure 25 – Schéma de principe du module de rotation du cadre de référence.....	149

Figure 26 – Schéma unifilaire du module gamma de systèmes électriques.....	150
Figure 27 – Schéma de principe du module de puissance de commande de pas.....	151
Figure 28 – Schéma de principe du module de commande d'angle de pas.....	152
Figure 29 – Schéma de principe du module de commande de résistance rotorique.....	153
Figure 30 – Schéma de principe du module de commande P de type 3.....	155
Figure 31 – Schéma de principe du PI de couple de type 3.....	156
Figure 32 – Schéma de principe du module de commande P de type 4A.....	157
Figure 33 – Schéma de principe du module de commande P de type 4B.....	158
Figure 34 – Schéma de principe du module de commande Q.....	161
Figure 35 – Schéma de principe du limiteur de courant.....	163
Figure 36 – Schéma de principe du module de limitation Q constante.....	164
Figure 37 – Schéma de principe du module de limitation QP et QU.....	164
Figure 38 – Schéma de principe du système de protection du réseau.....	166
Figure 39 – Schéma de principe de mesure u-f.....	167
Figure 40 – Schéma de principe du module de commande de puissance/fréquence de la centrale éolienne.....	169
Figure 41 – Schéma de principe du module de commande de puissance réactive/ tension de la centrale éolienne.....	170
Figure 42 – Schéma de principe du module de retard de communication.....	171
Figure 43 – Schéma de principe du module de communication linéaire pour un exemple avec N variables de communication.....	172
Figure A.1 – Exemple de système de collecte de puissance de la centrale éolienne.....	175
Figure B.1 – Modèle d'éléments aérodynamiques d'une éolienne proposé par Fortmann (2014).....	178
Figure C.1 – Module d'aérogénérateur de type 3A avec une réactance parallèle.....	181
Figure C.2 – Module d'aérogénérateur de type 3B avec une réactance parallèle.....	182
Figure C.3 – Module d'aérogénérateur de type 4 avec une réactance parallèle.....	183
Figure D.1 – Symbole du bloc du commutateur avec a) une entrée de drapeau variable et b) un mode constant.....	184
Figure D.2 – Symbole du bloc pour retard d'intervalle d'intégration simple.....	184
Figure D.3 –Symbole du bloc pour limiteur du taux de variation autonome.....	185
Figure D.4 – Schéma de principe de la mise en œuvre du limiteur du taux de variation autonome.....	185
Figure D.5 – Symbole du bloc pour filtre de premier ordre avec limites absolues, limites assignées et drapeau de blocage.....	185
Figure D.6 – Schéma de principe de la mise en œuvre du filtre de premier ordre avec limites absolues, limites assignées et état de blocage.....	186
Figure D.7 – Schéma de principe de la mise en œuvre de l'état de blocage sans filtre ($T = 0$).....	186
Figure D.8 – Symbole de bloc de la table de conversion.....	186
Figure D.9 – Symboles de blocs des comparateurs.....	187
Figure D.10 – Symbole de bloc du temporisateur.....	187
Figure D.11 – Fonction du temporisateur.....	187
Figure D.12 – Symbole de bloc de l'intégrateur antiwindup.....	188
Figure D.13 – Schéma de principe de la mise en œuvre de l'intégrateur antiwindup.....	188
Figure D.14 – Symbole de bloc de l'intégrateur avec réinitialisation.....	189

Figure D.15 – Symbole de bloc de filtre de premier ordre avec détection de limitation	189
Figure D.16 – Schéma de principe de la mise en œuvre du filtre de premier ordre avec détection de limitation	189
Figure D.17 – Symbole de bloc de la détection du front montant	190
Figure D.18 – Schéma de principe de la détection du front montant	190
Figure D.19 – Symbole de bloc de la détection du front descendant	190
Figure D.20 – Schéma de principe de la détection du front descendant	190
Figure D.21 – Symbole de bloc du drapeau de retard	191
Figure D.22 – Schéma de principe de la mise en œuvre du drapeau de retard	191
Figure D.23 – Symbole de bloc du drapeau de retard	191
Figure D.24 – Schéma de principe de la mise en œuvre du drapeau de retard variable	192
Figure D.25 – Symbole de bloc de la bande morte	192
Figure D.26 – Symbole de bloc du disjoncteur	192
Tableau 1 – Modules utilisés dans le modèle de type 1A	124
Tableau 2 – Modules utilisés dans le modèle de type 1B	125
Tableau 3 – Modules utilisés dans le modèle de type 2	126
Tableau 4 – Modules utilisés dans le modèle de type 3A	128
Tableau 5 – Modules utilisés dans le modèle de type 3B	129
Tableau 6 – Modules utilisés dans le modèle de type 4A	131
Tableau 7 – Modules utilisés dans le modèle de type 4B	133
Tableau 8 – Modules utilisés dans le modèle de STATCOM	135
Tableau 9 – Modules utilisés dans le modèle de commande et de communication de la centrale éolienne	137
Tableau 10 – Modèles et modules supplémentaires utilisés dans le modèle de centrale éolienne de base	138
Tableau 11 – Modèles et modules utilisés dans le modèle de centrale éolienne avec compensation de puissance réactive	139
Tableau 12 – Paramètres globaux de modèles	140
Tableau 13 – Variable d'initialisation utilisée dans les schémas de principe du module	141
Tableau 14 – Liste des paramètres du module aérodynamique à une dimension	142
Tableau 15 – Liste des paramètres du module aérodynamique à deux dimensions	142
Tableau 16 – Liste des paramètres du module à deux masses	143
Tableau 17 – Liste des paramètres du module d'aérogénérateur de type 3A	145
Tableau 18 – Liste des paramètres du module d'aérogénérateur de type 3B	146
Tableau 19 – Liste des paramètres du module d'aérogénérateur de type 4	148
Tableau 20 – Liste des paramètres du module de rotation du cadre de référence	148
Tableau 21 – Liste des paramètres du module gamma de systèmes électriques	149
Tableau 22 – Liste des paramètres du module de puissance de commande de pas	150
Tableau 23 – Liste des paramètres du module de commande d'angle de pas	151
Tableau 24 – Liste des paramètres du module de commande de résistance rotorique	153
Tableau 25 – Liste des paramètres du module de commande P de type 3	153
Tableau 26 – Liste des paramètres du module de commande P de type 4A	157
Tableau 27 – Liste des paramètres du module de commande P de type 4B	158

Tableau 28 – Modes de commande Q généraux M_{qG} de l'éolienne.....	159
Tableau 29 – Injection de courant réactif pour chaque mode de commande Q FRT, M_{qFRT}	159
Tableau 30 – Liste des paramètres du module de commande Q.....	159
Tableau 31 – Description des valeurs du drapeau F_{FRT}	162
Tableau 32 – Liste des paramètres du module de limiteur de courant.....	162
Tableau 33 – Liste des paramètres du module de limitation Q constante.....	163
Tableau 34 – Liste des paramètres du module de limitation QP et QU.....	164
Tableau 35 – Liste des paramètres du module de protection du réseau.....	165
Tableau 36 – Liste des paramètres du module de mesure de réseau.....	167
Tableau 37 – Liste des paramètres du module de commande de puissance/fréquence.....	168
Tableau 38 – Liste des paramètres du module de commande de puissance réactive/tension.....	169
Tableau 39 – Liste des paramètres du module de retard de communication.....	171
Tableau 40 – Liste des paramètres du module de communication linéaire.....	171
Tableau A.1 – Paramètres des lignes et calculs d'agrégation (données exprimées en valeur unitaire en utilisant les valeurs de base de la centrale éolienne).....	176
Tableau A.2 – Paramètres des transformateurs.....	176
Tableau A.3 – Paramètres estimés du modèle de système de collecte à branche unique spécifié en 6.4.3.....	177
Tableau B.1 – Table de conversion spécifiant la fonction $\partial p_{\omega}(v_0)$	179
Tableau B.2 – Liste des paramètres du modèle d'entrée de vitesse du vent.....	179

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 27-1: Modèles de simulation électrique – Modèles génériques

AVANT-PROPOS

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

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

La présente version bilingue (2021-08) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2020-07.

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

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

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2015. Cette édition constitue une révision technique et une restructuration du contenu en deux parties. La nouvelle structure regroupe les modèles dans la partie 27-1 et les procédures de validation dans la partie 27-2.

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

- a) "Éoliennes" a été modifié en "Modèles génériques" en raison de l'ajout de modèles de centrales éoliennes, et du transfert de la validation du modèle dans l'IEC 61400-27-2;
- b) des modèles de centrales éoliennes ont été spécifiés, y compris la commande d'installation, le modèle de système de communication et la procédure d'agrégation pour le système de collecte de puissance, en plus des modèles d'éoliennes présentés dans l'édition précédente;
- c) les procédures de validation des modèles d'éoliennes de la présente édition ont été transférées dans la partie 27-2;
- d) la structure modulaire qui sépare la commande d'éolienne entre commande de pas et commande de l'aérogénérateur a été précisée, et les modules de mesure du réseau ont été extraits des modules de commande. Les figures ont été révisées en conséquence;
- e) un modèle pour STATCOM a été ajouté;
- f) des modules de composants électriques ont été ajoutés.

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

Les futures normes de cette série porteront le nouveau titre général tel que cité ci-dessus. Les titres des normes existantes de la série seront actualisés au moment de la prochaine édition.

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. À cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

L'IEC 61400-27-1 spécifie des modèles de simulation électrique dynamiques normalisés pour les éoliennes et les centrales éoliennes. Les modèles d'éoliennes spécifiés peuvent être utilisés soit dans des modèles de centrales éoliennes, soit pour représenter des éoliennes sans relation avec une centrale éolienne. Le modèle de centrale éolienne peut inclure, outre les modèles d'éoliennes, des modèles pour les matériels auxiliaires tels que les STATCOM qui sont souvent utilisés dans les centrales éoliennes.

Face à la percée croissante de l'énergie éolienne dans les réseaux d'énergie électrique, il est nécessaire que les gestionnaires de réseau de transport (TSO – *transmission system operators*) et les gestionnaires de réseau de distribution (DSO – *distribution system operators*) appliquent 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'éoliennes reproduisent le comportement de leurs machines avec un niveau de détail élevé. Ce niveau de détail ne convient 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 modèles détaillés spécifiques au fabricant exige une grande quantité de données d'entrée afin de représenter les types d'éoliennes individuelles.

La présente Norme internationale 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 IEEE/CIGRE on Stability Terms and Definitions [11]¹ (groupe de travail commun IEEE/CIGRÉ sur les termes et définitions de stabilité) a classé la stabilité des réseaux d'énergie électrique en catégories conformément à la Figure 1.

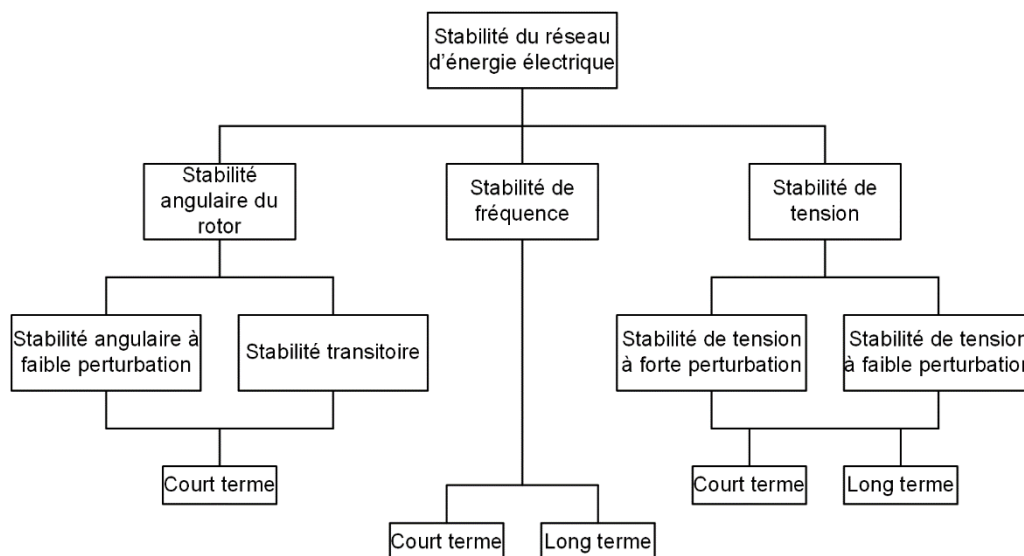


Figure 1 – Classification de la stabilité des réseaux d'énergie électrique selon le Joint Task Force IEEE/CIGRE on Stability Terms and Definitions [11]

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

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 à court terme et forte perturbation, c'est-à-dire les études relatives à la stabilité de tension et de fréquence, ainsi qu'à la stabilité transitoire à court terme, faisant référence aux définitions du Joint Task Force IEEE/CIGRE on Stability Terms and Definitions à la Figure 1. Ainsi, 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 [12], et la séparation du réseau d'un système synchrone en plusieurs zones synchrones.

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

Les modèles de centrales éoliennes spécifiés dans le présent document sont destinés à une réponse directe à la fréquence fondamentale².

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 systèmes de production éoliens sont peu linéaires, et des simplifications ont été apportées dans le développement des modèles. La linéarisation pour l'analyse aux valeurs propres n'est donc pas essentielle ni nécessairement appropriée en fonction de ces modèles simplifiés.
- Le présent document ne couvre pas les éléments spécifiques des calculs de court-circuit.
- Les modèles ne s'appliquent pas aux études dans lesquelles les éoliennes sont isolées sans production synchrone.
- Les modèles ne sont pas prévus pour l'étude des situations avec des rapports de court-circuit inférieurs à 3. La limite de court-circuit dépend des types d'éoliennes, des modes de commande et d'autres réglages. Le fabricant de l'éolienne peut définir une limite inférieure pour le rapport de court-circuit applicable à condition que cette application soit validée selon la partie 27-2.
- Les modèles sont limités par les spécifications fonctionnelles de l'Article 5.

Les parties prenantes suivantes sont des utilisateurs potentiels des modèles spécifiés dans le présent document:

- 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 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 centrales éoliennes aux gestionnaires de réseau de transport et/ou aux gestionnaires de réseau de distribution avant la mise en service de la centrale.

² Le présent document traite des défauts équilibrés et déséquilibrés. Toutefois, seules les composantes de réponse directe sont spécifiées pour les défauts déséquilibrés.

- Les fabricants d'éoliennes fournissent en général les modèles d'éoliennes au propriétaire.
- Les développeurs de logiciels modernes destinés aux outils de simulation de réseau d'énergie électrique utilisent cette 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 consultants qui utilisent les modèles au nom des gestionnaires de réseau de transport, des gestionnaires de réseau de distribution et/ou des développeurs d'éoliennes.
- 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.

SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

Partie 27-1: Modèles de simulation électrique – Modèles génériques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61400 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 de distribution. Ces modèles s'appliquent à des simulations dynamiques de la stabilité à court terme des réseaux d'énergie électrique.

Le présent document définit les termes et paramètres génériques pour les modèles de simulation électrique.

Il spécifie des modèles de simulation électrique pour les topologies/configurations génériques de centrales éoliennes actuellement disponibles sur le marché. Les modèles de centrales éoliennes comprennent les éoliennes, la commande de centrale éolienne et les matériels auxiliaires. Les modèles de centrales éoliennes sont décrits de manière modulaire avec différents concepts d'éoliennes et peuvent être appliqués aux futurs concepts de centrales éoliennes.

Le présent document spécifie des modèles de simulation électrique pour les topologies/concepts/configurations génériques d'éoliennes actuellement disponibles sur le marché. Ces modèles ont pour objet de spécifier les caractéristiques électriques d'une éolienne au niveau de ses bornes de connexion. Les modèles d'éoliennes sont décrits de manière modulaire et peuvent être appliqués aux futurs concepts d'éoliennes. Les modèles d'éoliennes spécifiés peuvent être utilisés soit dans des modèles de centrales éoliennes, soit pour représenter des éoliennes sans relation avec une centrale éolienne.

Les modèles de simulation électrique spécifiés dans l'IEC 61400-27-1 sont indépendants des outils de simulation logiciels.

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 60050-415:1999, *Vocabulaire électrotechnique international (IEV) – Partie 415: Aérogénérateurs* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 61970-301, *Interface de programmation d'application pour système de gestion d'énergie (EMS-API) – Partie 301: Base de modèle d'information commun (CIM)*

IEC 61970-302, *Interface de programmation d'application pour système de gestion d'énergie (EMS-API) – Partie 302: Régimes dynamiques de modèle d'information commun (CIM)*