



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Guidelines to specification of hydraulic turbine governing systems

Lignes directrices pour la spécification des systèmes de régulation des turbines hydrauliques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.140

ISBN 978-2-8322-9577-9

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.....	10
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	10
3.1 General terms and definitions	11
3.2 Terms and definitions related to control levels, control modes and operational modes	11
3.3 Terms and definitions from control theory	12
3.4 Subscripts and prefixes.....	13
3.5 Terms and definitions related to the plant and the units	13
3.6 Terms and definitions related to the governing system.....	16
4 Governing system structure	23
4.1 General.....	23
4.2 Main control functions	24
4.2.1 General	24
4.2.2 Speed control	24
4.2.3 Power output control.....	24
4.2.4 Opening control	24
4.2.5 Water level control.....	25
4.2.6 Flow control.....	25
4.3 Configurations of combined controllers	25
4.3.1 General	25
4.3.2 Parallel structure	25
4.3.3 Series structures	26
4.4 Special control functions	26
4.4.1 Feed forward control.....	26
4.4.2 Surge tank level or pressure feedback.....	27
4.5 Pump-turbine control.....	28
4.5.1 General	28
4.5.2 Conventional pump-turbine control	28
4.5.3 Variable speed pump-turbine control	28
4.6 Manual control	30
4.7 Linearization	30
4.8 Limitation functions	30
4.9 Bumpless control modes transition.....	31
4.10 Optimization control	31
5 Functional performance	31
5.1 General.....	31
5.2 Modelling and digital simulation	32
5.2.1 General	32
5.2.2 Water passages.....	33
5.2.3 Turbine, generator, electrical grid	33
5.2.4 Control concept	33
5.2.5 Hardware-in-the-loop simulation	34
5.2.6 Personnel training	34
5.2.7 Inaccuracy of plant simulators	34

5.3	Characteristic parameters for PID-controllers	35
5.3.1	General	35
5.3.2	Permanent droop	35
5.3.3	Proportional action coefficient K_P , integral action time T_I , and derivative action time T_D	35
5.3.4	Tuning of turbine governing systems	36
5.4	Other parameters of the governing systems	37
5.4.1	Command signal adjustments for controlled variables (speed, power output, etc.) and load limiter	37
5.4.2	Governor insensitivity $i_X/2$	37
5.4.3	Dynamic characteristics of servo-positioner	37
5.4.4	Parameters of servo-positioner	39
5.4.5	Servo-positioner non-linearity by kinematics	40
6	Servo positioner configurations	40
6.1	Servo-positioners	40
6.2	Configurations of servo-positioners	41
6.3	Multiple actuator control	41
6.3.1	General	41
6.3.2	Parallel structure	42
6.3.3	Series structure	42
6.3.4	Individual control	42
6.4	Dual regulation of turbines with controllable guide vane and runner blade angles	43
6.5	Dual control of turbines with needles and deflectors	43
6.6	Other relationships	43
7	Instrumentation	43
7.1	General	43
7.2	Rotational speed	44
7.3	Power output	44
7.4	Water level	44
7.5	Actuator position (stroke)	44
7.6	Signal transmission from electronic transmitters	44
8	Safety functions and devices	44
8.1	General	44
8.2	Quick shutdown and emergency shutdown	44
8.2.1	General	44
8.2.2	Tripping actions	45
8.2.3	Servomotor shutdown initiating devices	45
8.2.4	Tripping criteria	45
8.2.5	Tripping strategies	45
8.3	Overspeed protection device	45
8.4	Interlocks	45
9	Provision of actuating energy	46
9.1	General	46
9.2	System with an accumulator	46
9.2.1	Pressure tank (air-oil accumulator)	46
9.2.2	Piston accumulators	48
9.2.3	Bladder accumulators	48

9.2.4	Other systems	48
9.2.5	Pumps for accumulator systems	48
9.2.6	Oil sump tanks.....	49
9.2.7	Auxiliary equipment	49
9.2.8	Provision of pressurized gas.....	49
9.3	Systems without accumulator.....	50
9.3.1	Constant flow systems	50
9.3.2	Variable flow systems	50
9.4	Direct electric positioner	51
9.5	Recommendation for hydraulic fluid selection	51
10	Operational transitions.....	51
10.1	Start-up and synchronization.....	51
10.2	Normal shutdown	52
10.3	Sudden load rejection	52
10.4	Other operational transitions	53
11	Supplementary equipment	53
11.1	Measures to reduce pressure variations.....	53
11.2	Surge control	53
11.3	Equipment and measures to lower the speed rise	54
11.4	Joint control	54
11.5	Braking	54
11.6	Synchronous condenser mode of operation.....	54
12	Considerations for the electronic governor.....	55
12.1	Equipment requirements	55
12.2	Power supply recommendations.....	55
13	How to apply the recommendations	55
Annex A (normative) Simplified differential equations and transfer functions of idealized PID-control functions.....		68
Annex B (informative) Grid frequency control.....		70
B.1	General.....	70
B.2	Power equilibrium and grid frequency	70
B.2.1	Power equilibrium	70
B.2.2	Grid frequency.....	70
B.3	Primary frequency control	70
B.3.1	Primary frequency control performed by generating units.....	70
B.3.2	Droop of a generating unit	71
B.4	Secondary frequency control.....	72
Annex C (informative) Role of governing systems for stability in interconnected grid operation		73
C.1	General.....	73
C.2	Stability of the unit with respect to the water hydraulic system	73
C.3	Stability of the unit with respect to the electrical power system	73
C.3.1	General	73
C.3.2	Power oscillations due to the electrical power system.....	74
C.3.3	Power oscillations due to pressure fluctuations in hydraulic machines	74
C.3.4	Conclusion	75
Annex D (informative) Quick shutdown and emergency shutdown.....		76
D.1	General.....	76

D.2	Alternative example I	76
D.2.1	General	76
D.2.2	Quick shutdown	76
D.2.3	Emergency shutdown.....	77
D.2.4	Summary table and combined tripping cases	78
D.3	Alternative example II	79
	Bibliography.....	80
	Figure 1 – Turbine control transmission ratio	15
	Figure 2 – Controlled system self-regulation factor	15
	Figure 3 – Controlled variable range	17
	Figure 4 – Permanent droop	17
	Figure 5 – Proportional action coefficient and integral action time	18
	Figure 6 – Derivative time constant.....	19
	Figure 7 – Dead band	20
	Figure 8 – Minimum servomotor opening/closing time	20
	Figure 9 – Time constants of the servomotor/servo-valve combination.....	21
	Figure 10 – Servo-positioner inaccuracy	22
	Figure 11 – Governing system dead time	23
	Figure 12 – Governing system with speed and power output control functions in parallel	26
	Figure 13 – Governing system with speed control function and water level control function in parallel	26
	Figure 14 – Governing system with power output and speed control functions in series	26
	Figure 15 – Schematic diagram of a turbine governing system with feed forward	27
	Figure 16 – Schematic diagram of a turbine governing system with an additional pressure feedback compensation control function	28
	Figure 17 – Governor function in conventional pump mode	28
	Figure 18 – Governor function of variable speed pumped storage systems in pump mode	29
	Figure 19 – Governor function of variable speed pumped storage systems in turbine mode with power output based control	29
	Figure 20 – Governor function of variable speed pumped storage systems in turbine mode with rotating speed based control	29
	Figure 21 – Servo-positioner control loop – simplified dynamic model with P-controllers	38
	Figure 22 – Servo-positioner control loop – simplified dynamic model.....	38
	Figure 23 – Time step response and frequency response of the output of the servo-positioner.....	39
	Figure 24 – Servo-positioner block diagram	41
	Figure 25 – Parallel structure with defined functional relation and an additional signal superimposition	42
	Figure 26 – Series structure with defined functional relation and additional signal superimposition	42
	Figure 27 – Structure with different set-points for each servo-positioner	42
	Figure 28 – Pressure tank content and pressure ranges	46
	Figure 29 – Open-circuit system	50
	Figure 30 – Start-up speed curve up to synchronization	52

Figure 31 – Load rejection	53
Figure A.1 – Idealized PID in pure parallel structure	68
Figure A.2 – Idealized PID alternative representation.....	68
Figure B.1 – Example of principle schematic functional diagram of a unit with a turbine governing system using an idealized PID control function with a frequency-power droop	71
Figure B.2 – Behaviour of two units with different governor permanent droop values	72
Table 1 – Unit and plant categories.....	55
Table D.1 – Alternative I – Summary of cases for quick shut-down and emergency shut-down	78
Table D.2 – Alternative II – Summary of cases for quick shut-down and emergency shut-down	79

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDELINES TO SPECIFICATION OF HYDRAULIC TURBINE GOVERNING SYSTEMS

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61362 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) adoption of parts of IEC 60308:2005 which deal with specification matters;
- b) introduction of several new technical topics;
- c) overall editorial revision.

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

Draft	Report on voting
4/500/FDIS	4/509/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

While a standard for the testing of hydraulic turbine governing systems had been existing for a very long time (IEC 60308 published in 1970)¹, guidelines for the specification of hydraulic turbine governing systems were missing until 1998. The need for such guidelines became more and more urgent with the fast development and the new possibilities especially of the digital components of the governor.

While the first edition was written more or less as a supplement to the already existing guide for testing, the objective of the second edition was to be the leading guide with respect to turbine governing systems.

The second edition of this document took into account the experience with the guide until 2012 as well as the progress in the state of the art of the underlying technologies.

This third edition was developed together with the third edition of the standard for the testing of hydraulic turbine governing systems (IEC 60308) in order to harmonize their contents and their publishing dates.

Furthermore, the standards are kept open for state of the art by introducing new topics and harmonizing the structure as well as the terms and definitions for both standards.

¹ IEC 60308:1970, *International code for testing of speed governing systems for hydraulic turbines*. This publication was withdrawn and replaced with IEC 60308:2005.

GUIDELINES TO SPECIFICATION OF HYDRAULIC TURBINE GOVERNING SYSTEMS

1 Scope

This document includes relevant technical data used to describe hydraulic turbine governing systems and to define their performance. It is aimed at unifying and thus facilitating the selection of relevant parameters in bidding specifications and technical bids. It serves also as a basis for setting up technical guarantees.

The scope of this document is restricted to the turbine governing level. Additionally some remarks about the control loops of the plant level and about interactions with the electrical grid in case of primary and secondary frequency control (see also Annex B and Annex C) are made for better understanding without making a claim to be complete.

Important topics covered by the guidelines are:

- speed, power, water level, opening and flow (discharge) control for reaction and impulse-type turbines including double regulated machines;
- means of providing actuating energy;
- safety devices for emergency shutdown, etc.

To facilitate the setting up of specifications, these guidelines also include data sheets, which are filled out by the customer and the supplier in the various stages of the project and the contract.

Acceptance tests and specific test procedures are outside the scope of this document; those topics are covered by IEC 60308.

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 60308, *Hydraulic turbines – Testing of control systems*

IEC 61131-2, *Industrial-process measurement and control – Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	87
INTRODUCTION.....	89
1 Domaine d'application	90
2 Références normatives	90
3 Termes et définitions	90
3.1 Termes et définitions généraux	91
3.2 Termes et définitions relatifs aux niveaux de contrôle-commande, modes de régulation et modes de fonctionnement.....	91
3.3 Termes et définitions de la théorie de la régulation	92
3.4 Indices et préfixes.....	93
3.5 Termes et définitions relatifs à la centrale et aux groupes	93
3.6 Termes et définitions relatifs au système de régulation des turbines	96
4 Structure du système de régulation des turbines	105
4.1 Généralités	105
4.2 Principales fonctions de commande	105
4.2.1 Généralités	105
4.2.2 Régulation de vitesse	105
4.2.3 Régulation de puissance.....	106
4.2.4 Régulation d'ouverture.....	106
4.2.5 Régulation de niveau d'eau.....	106
4.2.6 Régulation de débit.....	106
4.3 Configurations de régulateurs combinés	107
4.3.1 Généralités	107
4.3.2 Structure parallèle	107
4.3.3 Structures en séries.....	108
4.4 Fonctions de commande spéciales.....	108
4.4.1 Contrôle par action anticipatrice	108
4.4.2 Rétroaction du niveau de la cheminée d'équilibre ou retour de pression	109
4.5 Commande des pompes-turbines	110
4.5.1 Généralités	110
4.5.2 Commande des pompes-turbines conventionnelles.....	110
4.5.3 Commande des pompes-turbines à vitesse variable.....	111
4.6 Commande manuelle	112
4.7 Linéarisation	112
4.8 Fonctions de limitation	113
4.9 Transition sans à-coups des modes de régulation.....	113
4.10 Commande d'optimisation	113
5 Performances fonctionnelles.....	114
5.1 Généralités	114
5.2 Modélisation et simulation numérique	114
5.2.1 Généralités	114
5.2.2 Adductions hydrauliques.....	115
5.2.3 Turbine, alternateur, réseau électrique	116
5.2.4 Concept de régulation.....	116
5.2.5 Simulation avec matériel incorporé	116
5.2.6 Formation du personnel.....	116
5.2.7 Inexactitude des simulateurs de centrale	116

5.3	Paramètres caractéristiques des régulateurs PID	117
5.3.1	Généralités	117
5.3.2	Statisme permanent.....	118
5.3.3	Coefficient d'action proportionnelle K_P , temps d'action intégrale T_I , et temps d'action dérivée T_D	118
5.3.4	Réglage des systèmes de régulation des turbines	119
5.4	Autres paramètres des systèmes de régulation	120
5.4.1	Ajustements du signal de consigne pour les grandeurs variables réglées (vitesse, puissance, etc.) et le limiteur de charge	120
5.4.2	Insensibilité du régulateur $i_x/2$	120
5.4.3	Caractéristiques dynamiques du servopositionneur.....	120
5.4.4	Paramètres du servopositionneur	122
5.4.5	Non-linéarité du servopositionneur due à la cinématique	123
6	Configurations des servopositionneurs	123
6.1	Servopositionneurs	123
6.2	Configurations des servopositionneurs.....	124
6.3	Commande multiple	124
6.3.1	Généralités	124
6.3.2	Structure parallèle	125
6.3.3	Structure en série	125
6.3.4	Commande individuelle.....	125
6.4	Réglage double des turbines à directrices et pales de roue réglables	126
6.5	Réglage double des turbines à injecteurs et déflecteurs.....	126
6.6	Autres relations.....	126
7	Instrumentation.....	127
7.1	Généralités	127
7.2	Vitesse de rotation.....	127
7.3	Puissance	127
7.4	Niveau d'eau.....	127
7.5	Position d'actionnement (course)	127
7.6	Transmission de signaux en provenance d'émetteurs électroniques	128
8	Fonctions et dispositifs de sécurité	128
8.1	Généralités	128
8.2	Arrêt rapide et arrêt d'urgence	128
8.2.1	Généralités	128
8.2.2	Actions de déclenchement	128
8.2.3	Dispositifs de commande d'arrêt du servomoteur	128
8.2.4	Critères de déclenchement	128
8.2.5	Stratégies de déclenchement.....	128
8.3	Dispositif de protection contre le surrégime	129
8.4	Verrouillages.....	129
9	Alimentation en énergie de commande	129
9.1	Généralités	129
9.2	Système comportant un accumulateur.....	129
9.2.1	Réservoir de pression (accumulateur air/huile)	129
9.2.2	Accumulateurs à piston	131
9.2.3	Accumulateurs à membrane	131
9.2.4	Autres systèmes	132

9.2.5	Pompes pour les systèmes à accumulateur	132
9.2.6	Bacs à huile.....	133
9.2.7	Équipement auxiliaire	133
9.2.8	Alimentation en gaz comprimé	133
9.3	Systèmes sans accumulateur.....	133
9.3.1	Systèmes à débit constant.....	133
9.3.2	Systèmes à débit variable.....	134
9.4	Positionneur électrique direct.....	134
9.5	Recommandation pour le choix du fluide hydraulique	135
10	Transitions de fonctionnement.....	135
10.1	Démarrage et synchronisation.....	135
10.2	Arrêt normal.....	136
10.3	Délestage de charge brusque	136
10.4	Autres transitions de fonctionnement	137
11	Équipement supplémentaire	137
11.1	Dispositions pour la réduction des variations de pression	137
11.2	Contrôle des intumescences	137
11.3	Équipement et dispositions pour la réduction de l'élévation de la vitesse	138
11.4	Régulation centralisée	138
11.5	Freinage	138
11.6	Mode de fonctionnement en compensateur synchrone	139
12	Considérations pour le régulateur électronique	139
12.1	Exigences en matière d'équipement.....	139
12.2	Recommandations pour l'alimentation électrique.....	139
13	Comment appliquer les recommandations	139
Annexe A (normative) Équations différentielles simplifiées et fonctions de transfert de régulateurs PID théoriques		152
Annexe B (informative) Réglage de fréquence du réseau.....		154
B.1	Généralités	154
B.2	Équilibre de puissance et fréquence du réseau	154
B.2.1	Équilibre de puissance.....	154
B.2.2	Fréquence du réseau.....	154
B.3	Réglage primaire de fréquence	154
B.3.1	Réglage primaire de fréquence assuré par les groupes de production	154
B.3.2	Statisme d'un groupe de production.....	155
B.4	Réglage secondaire de fréquence.....	156
Annexe C (informative) Rôle des systèmes de régulation pour la stabilité du fonctionnement en réseau interconnecté.....		158
C.1	Généralités	158
C.2	Stabilité du groupe par rapport au circuit hydraulique	158
C.3	Stabilité du groupe par rapport au réseau électrique	159
C.3.1	Généralités.....	159
C.3.2	Oscillations de puissance dues au réseau électrique	159
C.3.3	Oscillations de puissance dues aux fluctuations de pression dans les machines hydrauliques	159
C.3.4	Conclusion	160
Annexe D (informative) Arrêt rapide et arrêt d'urgence.....		161
D.1	Généralités	161

D.2	Exemple: alternative I	161
D.2.1	Généralités	161
D.2.2	Arrêt rapide	161
D.2.3	Arrêt d'urgence	162
D.2.4	Tableau récapitulatif et cas de déclenchements combinés	163
D.3	Exemple: alternative II	164
	Bibliographie.....	165
	Figure 1 – Rapport de transmission en couple de la turbine	95
	Figure 2 – Coefficient d'autorégulation du système réglé	96
	Figure 3 – Plage de la grandeur variable réglée	97
	Figure 4 – Statisme permanent	98
	Figure 5 – Coefficient d'action proportionnelle et temps d'action intégrale.....	99
	Figure 6 – Constante de temps de dérivation	100
	Figure 7 – Zone morte	101
	Figure 8 – Temps minimal d'ouverture/fermeture du servomoteur	102
	Figure 9 – Constantes de temps de la combinaison servomoteur/servovalve pilote	103
	Figure 10 – Inexactitude du servopositionneur	103
	Figure 11 – Temps mort du système de régulation	104
	Figure 12 – Système de régulation avec régulateurs de vitesse et de puissance en parallèle.....	107
	Figure 13 – Système de régulation avec régulateurs de vitesse et de niveau d'eau en parallèle.....	108
	Figure 14 – Système de régulation avec régulateurs de puissance et de vitesse en série	108
	Figure 15 – Schéma d'un système de régulation des turbines avec fonction à action anticipatrice	109
	Figure 16 – Schéma de principe d'un système de régulation des turbines avec une fonction supplémentaire de commande de compensation du retour de pression.....	110
	Figure 17 – Fonction de régulation en mode pompe conventionnel	110
	Figure 18 – Fonction de régulation des systèmes à pompe d'accumulation à vitesse variable en mode pompe.....	111
	Figure 19 – Fonction de régulation des systèmes à pompe d'accumulation à vitesse variable en mode turbine avec commande de puissance.....	111
	Figure 20 – Fonction de régulation des systèmes à pompe d'accumulation à vitesse variable en mode turbine avec régulation de la vitesse de rotation.....	112
	Figure 21 – Boucle d'asservissement du servopositionneur – modèle dynamique simplifié avec régulateurs P	121
	Figure 22 – Boucle d'asservissement du servopositionneur – modèle dynamique simplifié	121
	Figure 23 – Réponse temporelle à échelon et réponse en fréquence de la sortie du servopositionneur	122
	Figure 24 – Schéma fonctionnel du servopositionneur	124
	Figure 25 – Structure parallèle avec une relation fonctionnelle définie et superposition d'un signal supplémentaire	125
	Figure 26 – Structure en série avec une relation fonctionnelle définie et superposition d'un signal supplémentaire	125
	Figure 27 – Structure avec des consignes différentes pour chaque servopositionneur	126

Figure 28 – Contenance du réservoir de pression et plages de pressions	130
Figure 29 – Système à circuit ouvert	134
Figure 30 – Courbe de la vitesse au démarrage jusqu'à la synchronisation	136
Figure 31 – Délestage de charge	137
Figure A.1 – Régulateur PID théorique avec structure parallèle pure	152
Figure A.2 – Représentation alternative de PID théorique	152
Figure B.1 – Exemple de schéma de principe fonctionnel d'un groupe de production avec un système de régulation des turbines utilisant un régulateur PID théorique avec un statisme fréquence-puissance	155
Figure B.2 – Comportement de deux groupes de production avec des valeurs différentes de statisme permanent de leur régulateur	156
Tableau 1 – Catégories de groupes et de centrales	140
Tableau D.1 – Alternative I – Récapitulatif des cas d'arrêt rapide et d'arrêt d'urgence.....	163
Tableau D.2 – Alternative II – Récapitulatif des cas d'arrêt rapide et d'arrêt d'urgence.....	164

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

LIGNES DIRECTRICES POUR LA SPÉCIFICATION DES SYSTÈMES DE RÉGULATION DES TURBINES HYDRAULIQUES

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. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 61362 a été établie par le comité d'études 4 de l'IEC: Turbines hydrauliques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) prise en compte des dispositions de l'IEC 60308:2005 qui traitent des questions de spécification;
- b) introduction de plusieurs nouveaux sujets techniques;

c) révision rédactionnelle complète.

Le texte de ce document est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
4/500/FDIS	4/509/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

INTRODUCTION

Alors qu'une norme relative aux essais des systèmes de régulation des turbines hydrauliques existe depuis très longtemps (IEC 60308 parue en 1970)¹, il n'existait aucune ligne directrice pour leur spécification jusqu'en 1998. La nécessité de telles lignes directrices se faisait de plus en plus ressentir face au développement rapide et aux nouvelles possibilités, en particulier des composants numériques du régulateur.

Alors que la première édition était plus ou moins rédigée comme complément du guide existant pour les essais, l'objectif de la deuxième édition était de constituer le guide directeur relatif aux systèmes de régulation des turbines.

La deuxième édition du présent document tenait compte de l'expérience acquise avec le guide jusqu'en 2012, ainsi que du progrès technique des technologies sous-jacentes.

La présente troisième édition a été élaborée conjointement avec la troisième édition de la norme pour l'essai des systèmes de régulation des turbines hydrauliques (IEC 60308) afin d'harmoniser leur contenu et leurs dates de publication.

De plus, les normes restent ouvertes à l'état de la technique par l'introduction de nouveaux sujets et l'harmonisation de la structure, ainsi que des termes et définitions des deux normes.

¹ IEC 60308:1970, *Code international d'essai des régulateurs de vitesse pour turbines hydrauliques*. Cette publication a été supprimée et remplacée par l'IEC 60308:2005.

LIGNES DIRECTRICES POUR LA SPÉCIFICATION DES SYSTÈMES DE RÉGULATION DES TURBINES HYDRAULIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document contient les données techniques pertinentes utilisées pour décrire les systèmes de régulation des turbines hydrauliques et définir leurs performances. Il a pour objet d'unifier et ainsi de faciliter le choix des paramètres appropriés aux spécifications des appels d'offres et aux offres techniques. Il sert également de base pour fixer les garanties techniques.

Le domaine d'application du présent document est limité au niveau régulateur turbine. En outre, des remarques sur les boucles d'asservissement au niveau de la centrale ainsi que sur les interactions avec le réseau électrique en cas de réglages primaire et secondaire de fréquence (voir également l'Annexe B et l'Annexe C) apportent une meilleure compréhension sans revendiquer leur caractère exhaustif.

Les lignes directrices traitent des fonctions importantes suivantes:

- les régulations de vitesse, puissance, niveau d'eau, ouverture et débit (décharge) des turbines à réaction et des turbines à action, y compris les machines à double régulation;
- les moyens de production de l'énergie de commande;
- les dispositifs de sécurité pour l'arrêt d'urgence, etc.

Pour faciliter l'élaboration des spécifications, les présentes lignes directrices incluent également des fiches techniques, qui sont remplies par le client et par le fournisseur aux différentes étapes du projet et du contrat.

Les essais de réception et les procédures d'essai spécifiques ne relèvent pas du domaine d'application du présent document. Ces sujets sont couverts par l'IEC 60308.

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 60308, *Turbines hydrauliques – Essais des systèmes de régulation*

IEC 61131-2, *Mesurage et contrôle des processus industriels – Automates programmables – Partie 2: Exigences et essais des équipements*