



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Guide to specification of hydraulic turbine governing systems

Guide pour la spécification des systèmes de régulation des turbines hydrauliques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XB

ICS 27.140

ISBN 978-2-8322-0057-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms, definitions, symbols and units.....	9
3.1 General terms and definitions	9
3.2 Terms and definitions related to control levels and control modes	9
3.3 Terms and definitions from control theory	9
3.4 Subscripts and prefixes	10
3.5 Terms and definitions related to the plant and the machines.....	10
3.6 Terms and definitions relating to the governing system	11
4 Control structure	18
4.1 General	18
4.2 Main control functions.....	18
4.2.1 General	18
4.2.2 Speed control	19
4.2.3 Power output control	19
4.2.4 Opening control	19
4.2.5 Water level control.....	19
4.2.6 Flow control	20
4.3 Configurations of combined control systems	20
4.3.1 General	20
4.3.2 Parallel structure.....	20
4.3.3 Series structures.....	21
4.3.4 Other configurations	22
4.4 Configurations of servo-positioners	23
4.5 Multiple control	23
4.5.1 General	23
4.5.2 Parallel structure.....	24
4.5.3 Series structure	24
5 Performance and components of governing systems	24
5.1 General	24
5.2 Modeling and digital simulation	25
5.3 Characteristic parameters for PID-controllers	26
5.3.1 General	26
5.3.2 Permanent droop b_p	27
5.3.3 Proportional action coefficient K_p , integral action time T_I , and derivative action time T_D	27
5.4 Other parameters of the governing systems	28
5.4.1 Command signal adjustments for controlled variables (speed, power output, etc.) and load limiter.....	28
5.4.2 Governor insensitivity $i_x/2$	28
5.4.3 Parameters of servo-positioner	29
5.5 Functional relationship between servo-positioners.....	30
5.5.1 Dual regulation of turbines with controllable guide vane and runner blade angles	30

5.5.2	Dual control of turbines with needles and deflectors	31
5.5.3	Multiple control	31
5.5.4	Other relationships	31
5.6	Actual signal measurement	31
5.6.1	General	31
5.6.2	Rotational speed	32
5.6.3	Power output	32
5.6.4	Water level	32
5.6.5	Actuator position (stroke)	32
5.6.6	Signal transmission from electronic transmitters	32
5.7	Manual control	33
5.8	Linearization	33
5.9	Follow-up controls	34
5.10	Optimization control	34
5.11	Monitoring parallel positioning of amplifiers	34
5.12	Provision of actuating energy	34
5.12.1	General	34
5.12.2	System with an accumulator	35
5.12.3	Systems without accumulator	38
5.12.4	Direct electric positioner	39
5.12.5	Recommendation for hydraulic fluid selection	40
5.13	Power supply for electronic control systems	40
5.14	Operational transitions	40
5.14.1	Start-up and synchronization	40
5.14.2	Normal shutdown	41
5.14.3	Sudden load rejection	41
5.14.4	Other operational transitions	42
5.15	Safety devices/circuits	42
5.15.1	General	42
5.15.2	Quick shutdown and emergency shutdown	42
5.15.3	Overspeed protection device	43
5.15.4	Interlocks	43
5.16	Supplementary equipment	43
5.16.1	Measures to reduce pressure variations	43
5.16.2	Surge control	43
5.16.3	Equipment and measures to lower the speed rise	44
5.16.4	Central flow rate control in river power station systems	44
5.16.5	Brakes	44
5.16.6	Synchronous condenser mode of operation	45
5.17	Environmental suitability of governor components	45
5.17.1	Vibration and shock resistance	45
5.17.2	Temperature and humidity	45
5.18	Electromagnetic compatibility	45
6	How to apply the recommendations	45
Annex A (normative)	Simplified differential equations and transfer functions of idealized PID-controllers	58
Annex B (informative)	Grid frequency control	60
Annex C (informative)	Quick shutdown and emergency shutdown	63

Figure 1 – Controlled variable range	12
Figure 2 – Permanent droop	12
Figure 3 – Proportional action coefficient and integral action time	13
Figure 4 – Derivative time constant	14
Figure 5 – Dead band	15
Figure 6 – Minimum servomotor opening/closing time	16
Figure 7 – Time constant of the servo-positioner	16
Figure 8 – Servo-positioner inaccuracy	17
Figure 9 – Control system dead time	17
Figure 10 – Control system with speed and power output controllers in parallel	21
Figure 11 – Control system with speed controller and power command signal in parallel	21
Figure 12 – Control system with speed controller and water level controller in parallel	21
Figure 13 – Governing system with power output and speed controller in series	22
Figure 14 – Governing system with water level controller and speed controller in series	22
Figure 15 – Power output control via the speed controller	22
Figure 16 – Water level controller without speed controller	23
Figure 17 – Parallel structure with defined functional relation and an additional signal superimposition	24
Figure 18 – Series structure with defined functional relation and additional signal superimposition	24
Figure 19 – Time step response and frequency response of the amplifier output $Y/Y_{\max}$ to a displacement input s_v	30
Figure 20 – Pressure tank content and pressure ranges	35
Figure 21 – Open-circuit system	39
Figure 22 – Start-up speed curve up to synchronization	41
Figure 23 – Load rejection	42
Figure A.1 – Idealized PID in pure parallel structure	59
Figure A.2 – Idealized PID alternative representation	59
Figure B.1 – Example of principle schematic functional diagram of a unit with a turbine governing system using an idealized PID controller with a power droop	61
Figure B.2 – Behaviour of two units with different governor permanent droop values	62
Table C.1 – Alternative I – Summary of cases for quick shut-down and emergency shut-down	65
Table C.2 – Alternative II – Summary of cases for quick shut-down and emergency shut-down	66

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDE 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) 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 61362 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1998. It is a technical revision. It takes into account the experience with the guide during the last decade as well as the progress in the state of the art of the underlying technologies.

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

FDIS	Report on voting
4/270/FDIS	4/272/RVD

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

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

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61362 ed 2.0:2012

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, a guide for the specification of hydraulic turbine governing systems was missing until 1998. The need for such a guide became more and more urgent with the fast development and the new possibilities especially of the digital components of the governor.

The current second edition of the guide takes into account the experience with the guide during the last decade as well as the progress in the state of the art of the underlying technologies.

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 is to be the leading guide with respect to turbine governing systems.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61362 ed 2.0:2012

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

GUIDE TO SPECIFICATION OF HYDRAULIC TURBINE GOVERNING SYSTEMS

1 Scope

This International Standard includes relevant technical data necessary 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 will also serve as a basis for setting up technical guarantees.

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

Important topics covered by the guide 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, this guide also includes data sheets, which are to be filled out by the customer and the supplier in the various stages of the project and the contract.

Acceptance tests, specific test procedures and guarantees are outside the scope of the guide; those topics are covered by IEC 60308.

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 60050-351:2006, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 351: Control technology*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60308:2005, *Hydraulic turbines – Testing of control systems*

IEC 61000-4-1:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series*

CISPR 11:2009, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

ISO 3448:1992, *Industrial liquid lubricants – ISO viscosity classification*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	71
INTRODUCTION	73
1 Domaine d'application	74
2 Références normatives	74
3 Termes, définitions, symboles et unités	75
3.1 Termes et définitions d'ordre général	75
3.2 Termes et définitions relatifs aux niveaux de contrôle-commande et modes de régulation	75
3.3 Termes et définitions de la théorie de la régulation	76
3.4 Indices et préfixes	76
3.5 Termes et définitions relatifs à la centrale et aux machines	76
3.6 Termes et définitions relatifs au régulateur turbine	77
4 Structures de réglage	84
4.1 Généralités	84
4.2 Principales fonctions de réglage	84
4.2.1 Généralités	84
4.2.2 Régulation de vitesse	85
4.2.3 Régulation de puissance	85
4.2.4 Régulation d'ouverture	85
4.2.5 Régulation de niveau	85
4.2.6 Régulation de débit	86
4.3 Configurations de systèmes de régulation combinés	86
4.3.1 Généralités	86
4.3.2 Structure parallèle	86
4.3.3 Structure série	87
4.3.4 Autres configurations	88
4.4 Configuration des servo-positionneurs	89
4.5 Commande multiple	89
4.5.1 Généralités	89
4.5.2 Structure parallèle	90
4.5.3 Structure série	90
5 Performances et composants des systèmes de régulation turbine	90
5.1 Généralités	90
5.2 Modélisation et simulation numérique	91
5.3 Paramètres caractéristiques des régulateurs PID	93
5.3.1 Généralités	93
5.3.2 Statisme permanent b_p	93
5.3.3 Coefficient d'action proportionnelle K_p , constante de temps d'intégration T_I , et constante de temps de dérivation T_D	93
5.4 Autres paramètres des systèmes de régulation turbine	94
5.4.1 Ajustements du signal de consigne pour les grandeurs réglées (vitesse, puissance, etc.) et le limiteur de charge	94
5.4.2 Insensibilité du régulateur turbine $i_x/2$	95
5.4.3 Paramètres du servo-positionneur	95
5.5 Relation fonctionnelle entre servo-positionneurs	96
5.5.1 Réglage double des turbines à vannage et pales de roue réglables	96

5.5.2	Réglage double des turbines à injecteurs et déflecteur	97
5.5.3	Réglage multiple	97
5.5.4	Autres relations	97
5.6	Mesure de signaux réels	98
5.6.1	Généralités	98
5.6.2	Vitesse de rotation	98
5.6.3	Puissance	98
5.6.4	Niveau	98
5.6.5	Position actionneur (course)	98
5.6.6	Transmission de signaux issus des transmetteurs électroniques	99
5.7	Commande manuelle	99
5.8	Linéarisation	100
5.9	Commandes de poursuite	100
5.10	Commande d'optimisation	100
5.11	Surveillance de la synchronisation de positionnement des servomoteurs en commande multiple	101
5.12	Fourniture de l'énergie de manœuvre	101
5.12.1	Généralités	101
5.12.2	Système comportant un accumulateur	101
5.12.3	Systèmes sans accumulateur	105
5.12.4	Positionneur électrique direct	106
5.12.5	Recommandation pour le choix du fluide hydraulique	107
5.13	Alimentation électrique des régulateurs électroniques	107
5.14	Transitions de fonctionnement	107
5.14.1	Démarrage et synchronisation	107
5.14.2	Arrêt normal	108
5.14.3	Délestage de charge brusque	108
5.14.4	Autres transitions de fonctionnement	109
5.15	Dispositifs/circuits de sécurité	109
5.15.1	Généralités	109
5.15.2	Arrêt rapide et arrêt d'urgence	109
5.15.3	Dispositif de protection contre la survitesse	110
5.15.4	Verrouillages	110
5.16	Équipement supplémentaire	110
5.16.1	Dispositions pour la réduction des variations de pression	110
5.16.2	Contrôle des intumescences	111
5.16.3	Équipements et dispositions pour la réduction de la survitesse	111
5.16.4	Régulation centralisée du débit dans les aménagements enchaînés de plusieurs centrales fil de l'eau	111
5.16.5	Freins	111
5.16.6	Mode de fonctionnement en compensateur synchrone	112
5.17	Tenue à l'environnement des composants des systèmes de régulation	112
5.17.1	Résistance aux vibrations et aux chocs	112
5.17.2	Température et humidité	112
5.18	Compatibilité électromagnétique	112
6	Comment appliquer les recommandations	112
Annexe A (normative)	Équations différentielles simplifiées et fonctions de transfert de régulateurs PID idéalisés	125
Annexe B (informative)	Réglage de fréquence du réseau électrique	127

Annexe C (informative) Arrêt rapide et arrêt d'urgence	130
Figure 1 – Étendue de réglage de la grandeur réglée	78
Figure 2 – Statisme permanent.....	78
Figure 3 – Coefficient d'action proportionnelle et constante de temps d'intégration.....	79
Figure 4 – Constante de temps de dérivation	80
Figure 5 – Zone morte.....	81
Figure 6 – Temps minimal d'ouverture/fermeture du servomoteur	82
Figure 7 – Constante de temps du servo-positionneur.....	82
Figure 8 – Imprécision du servo-positionneur.....	83
Figure 9 – Temps mort du système de régulation.....	83
Figure 10 – Système de régulation avec régulateurs de vitesse et de puissance en parallèle.....	87
Figure 11 – Système de régulation avec régulateur de vitesse et signal de consigne de puissance en parallèle.....	87
Figure 12 – Système de régulation avec régulateurs de vitesse et de niveau en parallèle	87
Figure 13 – Système de régulation avec régulateurs de puissance et de vitesse en série	88
Figure 14 – Système de régulation avec régulateurs de niveau et de vitesse en série	88
Figure 15 – Régulation de puissance via le régulateur de vitesse.....	88
Figure 16 – Régulateur de niveau sans régulateur de vitesse.....	89
Figure 17 – Structure parallèle avec une relation fonctionnelle définie et superposition d'un signal supplémentaire	90
Figure 18 – Structure en série avec une relation fonctionnelle définie et superposition d'un signal supplémentaire	90
Figure 19 – Réponse temporelle en échelon et réponse fréquentielle de la sortie du servo-positionneur $Y/Y_{\max}$ à un déplacement s_v en entrée	96
Figure 20 – Contenance du réservoir sous pression et plages de pression.....	102
Figure 21 – Système à circuit ouvert.....	106
Figure 22 – Courbe de la vitesse au démarrage, jusqu'à la synchronisation	108
Figure 23 – Délestage de charge.....	109
Figure A.1 – PID idéalisé avec structure parallèle pure	126
Figure A.2 – Représentation alternative de PID idéalisé	126
Figure B.1 – Exemple de schéma de principe fonctionnel d'un groupe de production avec un régulateur turbine utilisant un régulateur PID idéalisé avec un statisme de puissance	128
Figure B.2 – Comportement de deux groupes de production avec des valeurs différentes de statisme de leur régulateur turbine	129
Table C.1 – Alternative I – Récapitulatif des cas d'arrêt rapide et d'arrêt d'urgence	132
Table C.2 – Alternative II – Récapitulatif des cas d'arrêt rapide et d'arrêt d'urgence	133

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE POUR LA SPÉCIFICATION DES SYSTÈMES DE RÉGULATION DES TURBINES HYDRAULIQUES

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61362 a été établie par le comité d'études 4 de la CEI: Turbines hydrauliques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1998. Elle constitue une révision technique qui tient compte de l'expérience acquise avec le guide au cours des dix dernières années ainsi que du progrès des technologies sous-jacentes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
4/270/FDIS	4/272/RVD

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