

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61362

Première édition
First edition
1998-03

**Guide pour la spécification des régulateurs
des turbines hydrauliques**

**Guide to specification of hydraulic turbine
control systems**

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: inmail@iec.ch

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application et objet.....	10
1.2 Références normatives	10
2 Terminologie, définitions, symboles et unités.....	12
2.1 Définitions générales.....	12
2.2 Liste des termes, définitions, symboles et unités	12
2.3 Termes relatifs à la centrale et aux machines	14
2.4 Termes relatifs au régulateur.....	16
3 Structure du régulateur.....	28
3.1 Principales fonctions de réglage	28
3.2 Configurations des systèmes de régulation combinés	30
3.3 Configurations des servo-positionneurs	36
3.4 Commande multiple	36
4 Performances et composants du système de réglage.....	38
4.1 Modélisation et simulation numérique	38
4.2 Paramètres caractéristiques des régulateurs PID	44
4.3 Autres paramètres du régulateur	46
4.4 Relation fonctionnelle entre servo-positionneurs	50
4.5 Mesure de signaux	52
4.6 Commandes manuelles	56
4.7 Linéarisation	56
4.8 Systèmes de poursuite	56
4.9 Commande d'optimisation.....	58
4.10 Surveillance de la synchronisation de positionnement des servomoteurs en commande multiple	58
4.11 Fourniture de l'énergie de manoeuvre	58
4.12 Alimentation électrique des régulateurs électroniques.....	68
4.13 Transitions de fonctionnement.....	68
4.14 Dispositifs/circuits de sécurité	72
4.15 Equipement supplémentaire	74
4.16 Adaptation à l'environnement des composants des régulateurs	78
4.17 Compatibilité électromagnétique.....	78
5 Comment appliquer les recommandations	80
Formulaires de données 6.1a à 6.6d.....	82 à 102
Annexe A (normative) Définitions.....	104

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 General.....	11
1.1 Scope and object	11
1.2 Normative references.....	11
2 Terms, definitions, symbols and units	13
2.1 General definitions	13
2.2 List of terms, definitions, symbols and units.....	13
2.3 Terms relating to the plant and the machines	15
2.4 Terms relating to the control system.....	17
3 Control system structure.....	29
3.1 Main control functions	29
3.2 Configurations of combined control systems	31
3.3 Configurations of servo-positioners	37
3.4 Multiple control.....	37
4 Performance and components of the control systems	39
4.1 Modeling and digital simulation.....	39
4.2 Characteristic parameters for PID-controllers	45
4.3 Other parameters of the control systems	47
4.4 Functional relationship between servo-positioners	51
4.5 Actual signal measurement	53
4.6 Manual control	57
4.7 Linearization	57
4.8 Follow-up controls	57
4.9 Optimization control	59
4.10 Monitoring parallel positioning of amplifiers	59
4.11 Provision of actuating energy	59
4.12 Power supply for electronic control systems.....	69
4.13 Operational transitions	69
4.14 Safety devices/circuits.....	73
4.15 Supplementary equipment.....	75
4.16 Environmental suitability of governor components.....	79
4.17 Electromagnetic compatibility	79
5 How to apply the recommendations	81
Data sheets 6.1a to 6.6d	83 to 103
Annex A – Definitions	105

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE POUR LA SPÉCIFICATION DES RÉGULATEURS DES TURBINES HYDRAULIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété 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.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
4/119/FDIS	4/142/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Le contenu du corrigendum de mars 2000 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE TO SPECIFICATION OF HYDRAULIC TURBINE
CONTROL SYSTEMS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The 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.

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

FDIS	Report on voting
4/119/FDIS	4/142/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

The contents of the corrigendum of March 2000 have been included in this copy.

INTRODUCTION

De récents développements ont conduit à formuler des exigences plus sévères à l'égard des systèmes de réglage en ce qui concerne la régulation de la puissance-fréquence et le fonctionnement en réseau isolé. Ces exigences concernent essentiellement le réglage primaire qui, en raison de l'emploi de composants modernes, pour la plupart électroniques, peut être effectué avec d'autres fonctions de réglage additionnelles. Le contrôle primaire est aussi subordonné au système de régulation d'un grand réseau (régulation secondaire).

Ce guide traite essentiellement des spécifications du réglage primaire; il traite aussi des fonctions additionnelles, mais sans développement sur les détails particuliers.

Précisément, le réglage primaire peut inclure quelques unes ou l'ensemble des fonctions suivantes:

- démarrage et arrêt du groupe;
- marche à vide avant la synchronisation et après la séparation du réseau et synchronisation;
- fonctionnement en réseau isolé;
- fonctionnement en parallèle sur de grands réseaux en mode régulation de vitesse et en mode régulation de puissance;
- régulation du niveau amont et/ou régulation de débit;
- transitions entre modes de fonctionnement;
- surveillance et fonctions de sécurité.

Le guide traite également certains aspects de la production de l'énergie de manoeuvre.

La boucle de régulation du régulateur d'une turbine hydraulique, c'est-à-dire la fonction de transfert correspondante est caractérisée par:

- le ou les groupes, c'est-à-dire la ou les turbines et le ou les alternateurs;
- les ouvrages hydrauliques;
- le réseau auquel le ou les groupes sont connectés;
- les modes de fonctionnement mentionnés ci-dessus.

Les paramètres du régulateur primaire (régulateur de vitesse, régulateur de puissance, etc.) seront soigneusement adaptés aux conditions de l'installation de façon à:

- obtenir la stabilité adéquate;
- satisfaire aux exigences de performance en ce qui concerne l'amortissement, la réponse, ainsi que la précision;
- assurer la sécurité en ce qui concerne la limitation des transitoires hydrauliques, etc.

Pour atteindre ces objectifs, la modélisation et la simulation sont dans de nombreux cas une aide précieuse. Le guide mentionne certains aspects importants à ce sujet.

Les régulateurs devant faire face à un éventail de conditions, il convient de spécifier qu'une certaine plage d'ajustage des paramètres est disponible dans les régulateurs. Le guide suit cette pratique dans la partie concernée.

INTRODUCTION

Recent developments have led to more stringent control system requirements with respect to power frequency regulation and to isolated network operation. These requirements essentially concern the primary control, which due to the use of modern, mostly electronic components, can be tasked with some additional control functions. Also the primary control responds to a superimposed large network control system (secondary control).

This guide mainly deals with primary control specifications; additional tasks are covered but the guide does not elaborate on specific details.

Specifically the primary control can include some or all of the following functions:

- unit start-up and shut-down;
- idling before synchronizing and after separation from the network and synchronizing;
- isolated network operation;
- parallel operation on large networks in speed control and power output control mode;
- head water level and/or flow control;
- operating mode transitions;
- monitoring and safety functions.

The guide also deals with aspects of the actuating energy supply.

The controlled system in a hydroturbine control loop, i.e., the respective transfer function, is characterized by:

- the unit(s), i.e. turbine(s) and generator(s);
- the water passage system;
- the network to which the unit(s) is (are) connected;
- the modes of operation as mentioned above.

The parameters of the primary control system (speed governor, power output governor, etc.) are to be carefully matched to the prevailing system conditions in order to:

- achieve adequate stability;
- satisfy performance requirements with respect to damping, response and accuracy;
- provide safety with respect to limitations in hydraulic transients, etc.

To achieve the above, in many cases modeling and simulations are valuable. The guide refers to some important aspects in this respect.

Since the governors have to be able to cope with a range of conditions, it is suitable practice to specify that a certain range for the setting of parameters is available in the governors. The guide follows this practice in the relevant part.

Précisément, dans ce guide les définitions concernant la performance se réfèrent à un régulateur PID, lequel peut être analogique ou digital. Avec la technologie appropriée de la micro-informatique, des algorithmes de réglage de haut niveau peuvent être également réalisés. Bien qu'il soit difficile, au moment de la parution de ce guide, de fixer les règles précises, les critères généraux pour vérifier la performance suffisante d'un régulateur sont essentiellement indépendants de la stratégie de réglage adoptée. Cela signifie qu'ils restent applicables tels que décrits dans ce guide et que le régulateur PID peut être considéré et utilisé comme un régulateur de référence pour estimer la performance de réglage d'un système.

Le guide fait référence à la CEI 60308 sur les régulateurs de turbines hydrauliques. Il s'en remet à celle-ci pour ce qui concerne les méthodes d'identification du système, la vérification de la performance, etc. Le but de ce guide est de compléter la CEI 60308 en recommandant des critères de performance et des plages pour l'ajustage des paramètres.

Pour faciliter la rédaction des spécifications, le guide inclut des formulaires de données à remplir par le client et par le vendeur aux différentes étapes du projet et du contrat.

Specifically, in this guide, the performance-relevant definitions refer to the PID-controller, which can be implemented by analog or digital means. With appropriate microcomputer technology, higher control algorithms also can be implemented. Although it is deemed difficult to set up specific rules at the time of the issue of this guide, the general criteria for the adequate performance of a control system are essentially independent of the control strategy used. This means that they remain applicable as described in this guide and that the PID-controller can be regarded and used as a reference governor to gauge the control performance of a system.

The guide makes reference to IEC 60308 on hydraulic turbine control systems. It relies on it for the methods of system identification and verification of performance, etc. It is the intention of this guide to supplement IEC 60308 by recommending performance criteria and ranges for the setting of parameters.

To facilitate the setting up of specifications, this guide also includes data sheets, which are to be filled out by the customer and the vendor in the various stages of the project and the contract.

GUIDE POUR LA SPÉCIFICATION DES REGULATEURS DES TURBINES HYDRAULIQUES

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

Ce guide contient les données techniques nécessaires pour décrire les systèmes de réglage des turbines hydrauliques et définir leurs performances. Il a pour but d'unifier et ainsi de faciliter les spécifications des appels d'offres et les offres techniques. Il servira également de base pour fixer les garanties techniques.

Dans le cas où différentes parties de l'installation sont fournies par des vendeurs séparés, l'interface entre eux est particulièrement importante.

Le guide n'est pas limité aux fonctions de réglage proprement dites, mais inclut toutes les fonctions importantes d'un système de réglage, c'est-à-dire traite également des fonctions de séquençage, etc. On considère ainsi que le réglage des turbines hydrauliques comprend:

- les régulations de vitesse, puissance, niveau d'eau et débit des turbines à réaction et des turbines à action, y compris les machines à double régulation;
- les moyens de production de l'énergie de manoeuvre;
- les dispositifs de sécurité pour l'arrêt d'urgence, etc.;
- les critères de performance liés à l'environnement.

Le guide aide au choix de certains paramètres importants devant être spécifiés et vérifiés en rapport avec les différents types d'installation.

Les essais de réception, les procédures d'essais spécifiques et les garanties ne sont pas traités.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60068-2-6:1995, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60308:1970, *Code international d'essai des régulateurs de vitesse pour turbines hydrauliques*

CEI 61000-3-2:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 2: Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

CEI 61000-3-3:1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 3: Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé ≤ 16 A*

GUIDE TO SPECIFICATION OF HYDRAULIC TURBINE CONTROL SYSTEMS

1 General

1.1 Scope and object

This guide includes relevant technical data necessary to describe hydraulic turbine control systems and define their performance. It is aimed at unifying and thus facilitating the bidding specifications and technical bids. It will also serve as a basis for setting up technical guarantees.

In case of separate vendors for different segments of a system, the interface between them is especially important.

The guide is not confined to the control loop functions proper but includes all important functions of a control system, i.e., it also treats sequencing functions, etc. Hydraulic turbine control is thus understood to include:

- speed, power, water level and discharge control for reaction and impulse-type turbines including double regulated machines;
- means of providing actuating energy;
- safety devices for emergency shut-down, etc.;
- environmental performance criteria.

The guide aids the selection of some important parameters to be specified and checked in relation to the different types of installations.

Excluded topics are acceptance tests, specific test procedures and guarantees.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreement based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60308:1970, *International code for testing of speed governing systems for hydraulic turbines*

IEC 61000-3-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-3-3:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current ≤ 16 A*

CEI 61000-4-1:1992, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 1: Vue d'ensemble sur les essais d'immunité*

CISPR 11:1990, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations électromagnétiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique*

ISO 3448:1992, *Lubrifiants liquides industriels – Classification ISO selon la viscosité*

IEC 61000-4-1:1992, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 1: Overview of immunity tests*

CISPR 11:1990, *Limits and methods of measurement of electromagnetic disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment*

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