

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
308**

Première édition
First edition
1970

**Code international d'essai des régulateurs
de vitesse pour turbines hydrauliques**

**International code for testing of speed
governing systems for hydraulic turbines**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 308: 1970

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
308**

First édition
Première édition
1970

**Code international d'essai des régulateurs
de vitesse pour turbines hydrauliques**

**International code for testing of speed
governing systems for hydraulic turbines**

© CEI 1970 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
INTRODUCTION	8
Figures 1 à 6	14
CHAPITRE I — OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	
1. Types de régulateur et d'installation réglée	18
2. Essais de réception	18
3. Sujets exclus	18
CHAPITRE II — TERMINOLOGIE, DÉFINITIONS, SYMBOLES ET UNITÉS	
4. Unités	20
5. Terminologie	20
5.1 Définitions générales	20
5.2 Termes relatifs au régime établi	22
5.3 Termes relatifs au régime dynamique	24
5.4 Termes relatifs aux non-linéarités	30
5.5 Comportement sous de grandes perturbations	36
5.6 Termes relatifs à l'installation réglée	36
CHAPITRE III — NATURE ET ÉTENDUE DES GARANTIES TECHNIQUES	
6. Généralités	44
7. Caractéristiques des installations réglées	44
8. Caractéristiques d'un régulateur de vitesse pouvant être soumises à garantie	44
9. Garanties concernant la régulation de l'installation réglée	46
10. Garanties concernant les variations de vitesse et de pression	46
11. Durée limite des garanties	46
CHAPITRE IV — CONDITIONS À REMPLIR POUR LES ESSAIS	
12. Dispositions à prévoir pour les essais	48
13. Ecart admissible par rapport aux valeurs contractuelles	48
14. Ecart des valeurs moyennes par rapport aux conditions de fonctionnement spécifiées	48
14.1 Vitesse	48
14.2 Groupe générateur d'huile sous pression	48
14.3 Sources électriques	50
14.4 Turbine	50
15. Fluctuations pendant un essai individuel	50
CHAPITRE V — MODALITÉS D'EXÉCUTION DES ESSAIS	
16. Personnel	
16.1 Autorité pour les essais	52
16.2 Chef d'essai	52
16.3 Expérience	52
16.4 Observateurs	52
17. Directives pour les essais	52
17.1 Inspection sur place	52
17.2 Réglages et essais préliminaires	54
17.3 Mises au point	54
18. Accord sur le programme d'essais	54
18.1 Essais types	54
18.2 Programme général	54
19. Attitude en cas de contestation ou de répétition	56
20. Signature des relevés	56

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
INTRODUCTION	9
Figures 1 to 6	14
CHAPTER I — OBJECT AND SCOPE	
1. Types of governor and controlled system	19
2. Acceptance tests	19
3. Excluded topics	19
CHAPTER II — TERMS, DEFINITIONS, SYMBOLS AND UNITS	
4. Units	21
5. Terms	21
5.1 General definitions	21
5.2 Terms relating to steady state operation	23
5.3 Terms relating to dynamic action	25
5.4 Terms relating to non-linearities	31
5.5 Performance under major disturbances	37
5.6 Terms relating to the controlled system	37
CHAPTER III — NATURE AND EXTENT OF TECHNICAL GUARANTEES	
6. General	45
7. Characteristics of the controlled systems	45
8. Characteristics of a speed governing system which may be subject to guarantee	45
9. Guarantees for the governing of the controlled system	47
10. Guarantees concerning speed and pressure variations	47
11. Limiting period of guarantees	47
CHAPTER IV — TEST CONDITIONS TO BE FULFILLED	
12. Adequate provision for test	49
13. Permissible deviation from specified values	49
14. Deviation of average values from specified operating conditions	49
14.1 Speed	49
14.2 Oil hydraulic system	49
14.3 Electrical sources	51
14.4 Turbine	51
15. Fluctuations during individual test runs	51
CHAPTER V — TEST PROCEDURE	
16. Personnel	53
16.1 Authority for the tests	53
16.2 Chief of test	53
16.3 Experience	53
16.4 Observers	53
17. Directions for tests	53
17.1 Inspection on site	53
17.2 Preliminary adjustments and tests	55
17.3 Adjustments	55
18. Agreement on test procedure	55
18.1 Type tests	55
18.2 General program	55
19. Action in case of dissatisfaction or repetition	57
20. Signing of records	57

CHAPITRE VI — MÉTHODES DE MESURE

Pages

21. Considérations générales	58
21.1 Mesures de vitesse	58
21.2 Mesures des temps de manœuvre du servomoteur principal	58
21.3 Incertitude de mesure	58
22. Mesures relatives aux paramètres caractéristiques décrits à l'article 8	58
22.1 Plage de variation du signal de commande	58
22.2 Coefficient de statisme vitesse/course	60
22.3 Constante de temps de la réaction transitoire, T_d	62
22.4 Temps de dosage de dérivation, T_n	64
22.5 Course maximale du servomoteur, Y_M	66
22.6 Force du servomoteur, F	66
22.7 Travail de réglage du servomoteur	68
22.8 Temps caractéristique du servomoteur, T_y	68
22.9 Temps caractéristique de la promptitude, T_x	70
22.10 Coefficient de statisme vitesse/puissance	70
22.11 Procédé d'essai pour les variations de charge de grande amplitude	72
22.12 Temps de manœuvre du servomoteur	76
22.13 Zones mortes et imprécisions du régulateur	76
23. Mesures des caractéristiques de l'installation réglée décrites à l'article 7	78
23.1 Coefficient d'autorégulation de la turbine, e_t	78
23.2 Coefficient d'autorégulation de la charge, e_g	80
23.3 Coefficient de couple de la turbine, e_y	80
23.4 Temps caractéristiques de l'inertie mécanique	80
24. Variations de vitesse et de pression	82
24.1 Ecart maximal de vitesse	82
24.2 Pression maximale (minimale).	82

CHAPITRE VII — CALCUL DES RÉSULTATS

25. Observations et enregistrements	84
25.1 Nombre de fiches d'observations et de copies	84
25.2 Enregistrements	84
25.3 Lectures	84
25.4 Courbes d'étalonnage	84
26. Incertitudes de mesure	84
26.1 Remarques générales	84
26.2 Incertitudes individuelles	84
26.3 Incertitudes calculées	84
26.4 Remarques relatives aux incertitudes dans le tracé des courbes	86
26.5 Points de mesure non valables	86
27. Comparaison avec les garanties	86

CHAPITRE VIII — RAPPORT FINAL

ANNEXE — Réponse harmonique

1. Définition générale	90
2. Réponse harmonique du régulateur	90
2.1 Transmittance relative à la vitesse $\frac{y}{x}(j\omega)$	90
2.2 Transmittance relative au signal de commande $\frac{y}{c}(j\omega)$	90
3. Réponse harmonique de l'installation réglée	94
3.1 Transmittance en couple du groupe $\frac{m}{y}(j\omega)$	94
3.2 Transmittance en vitesse du groupe $\frac{x}{y}(j\omega)$	94

CHAPTER VI — METHODS OF MEASUREMENT

Page

21. General considerations	59
21.1 Measurements of speed	59
21.2 Measurements of main servomotor travel times	59
21.3 Measuring inaccuracy	59
22. Measurements concerning the characteristic parameters described in Clause 8	59
22.1 Range of the command signal adjustment	59
22.2 Speed droop	61
22.3 Time constant of the damping device, T_d	63
22.4 Derivative time constant, T_n	65
22.5 Maximum servomotor stroke, Y_M	67
22.6 Servomotor force, F	67
22.7 Servomotor capacity	69
22.8 Servomotor response time, T_y	69
22.9 Promptitude time constant, T_x	71
22.10 Speed regulation	71
22.11 Large load change test procedure	73
22.12 Servomotor times	77
22.13 Dead bands and governor inaccuracies	77
23. Measurements of the characteristics of the controlled system described in Clause 7	79
23.1 Self-regulation factor of turbine, e_t	79
23.2 Self-regulation factor of the load, e_g	81
23.3 Control transmission ratio e_y of the turbine	81
23.4 Acceleration constants	81
24. Speed and pressure variations	83
24.1 Maximum speed rise	83
24.2 Maximum (minimum) pressure	83

CHAPTER VII — COMPUTATION OF RESULTS

25. Observations and records	85
25.1 Number of observation sheets and copies	85
25.2 Records	85
25.3 Readings	85
25.4 Calibration curves	85
26. Inaccuracies in measurement	85
26.1 General remarks	85
26.2 Individual inaccuracies	85
26.3 Calculated inaccuracies	85
26.4 Consideration of inaccuracies for the plotting of the measured curve	87
26.5 Invalid measured points	87
27. Comparison with guarantees	87

CHAPTER VIII — FINAL REPORT

APPENDIX — Harmonic response

1. General definition	91
2. Harmonic response of the governing system	91
2.1 Response with respect to speed $\frac{y}{x}(j\omega)$	91
2.2 Response with respect to the command signal $\frac{y}{c}(j\omega)$	91
3. Harmonic response of the controlled system	95
3.1 Unit response with respect to torque $\frac{m}{y}(j\omega)$	95
3.2 Unit response with respect to speed $\frac{x}{y}(j\omega)$	95

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CODE INTERNATIONAL D'ESSAI
DES RÉGULATEURS DE VITESSE POUR TURBINES HYDRAULIQUES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 4 de la C E I: Turbines hydrauliques.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Madrid en 1959. Un nouveau projet fut discuté lors de la réunion tenue à Aix-les-Bains en 1964, à la suite de laquelle un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1965. Les commentaires reçus furent soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en septembre 1967.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Japon
Australie	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Royaume-Uni
Canada	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	Yougoslavie
Italie	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INTERNATIONAL CODE FOR TESTING
OF SPEED GOVERNING SYSTEMS FOR HYDRAULIC TURBINES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by I E C Technical Committee No. 4, Hydraulic Turbines.

A first draft was discussed at the meeting held in Madrid in 1959. A new draft was discussed at the meeting held in Aix-les-Bains in 1964, as a result of which a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1965. Comments received were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in September 1967.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Norway
Canada	Sweden
Czechoslovakia	Turkey
France	Union of Soviet Socialist Republics
Germany	United Kingdom
Hungary	United States of America
Israel	Yugoslavia
Italy	

CODE INTERNATIONAL D'ESSAI DES RÉGULATEURS DE VITESSE POUR TURBINES HYDRAULIQUES

INTRODUCTION

Les exigences imposées aux régulateurs de turbines hydrauliques se sont énormément accrues ces dernières années depuis qu'ils règlent fréquemment d'autres variables que la vitesse de la turbine. Le régulateur doit être capable de recevoir, en plus du signal de vitesse, d'autres signaux et doit les combiner de façon à assurer un fonctionnement convenable dans divers modes de réglage possibles. Le régulateur doit pouvoir à tous moments assurer la sécurité de la turbine et développer la puissance de réglage nécessaire. Il doit être d'une souplesse telle qu'il puisse répondre aux demandes de variation de charge du réseau.

De nombreux types de régulateurs, présentant des degrés de perfectionnement variables, ont été construits au cours des années passées. La figure 1, page 14, représente un schéma simplifié présentant de façon générale les éléments communs à tous les régulateurs. La vitesse peut être détectée par différents procédés. Dans les applications aux régulateurs, le tachymètre à masselotte a été le plus communément utilisé pour comparer la vitesse de rotation réelle à la valeur prescrite. De bonnes méthodes électriques ont été également développées; certaines sont basées sur la détection de la fréquence, d'autres de la tension, et elles délivrent un signal électrique proportionnel à la vitesse de la turbine.

La figure 2, page 14, représente un régulateur du type tachymétrique, sensible à l'écart de vitesse du groupe par rapport à sa valeur de consigne. Le signal mécanique ou électrique obtenu est ensuite combiné avec les signaux extérieurs de commande et avec le signal de réaction du statisme permanent, proportionnel à la position du servomoteur du vannage. Le signal résultant actionne, après amplification, le tiroir de distribution commandant le servomoteur principal.

Le régulateur accélérotachymétrique de la figure 3, page 15, détecte, en plus de la vitesse, l'accélération angulaire de la turbine et la combine avec les autres signaux; il amplifie le signal résultant et actionne ensuite le tiroir de distribution qui commande le servomoteur du vannage.

Le régulateur tachymétrique à statisme transitoire de la figure 4, page 15, reçoit un signal de réaction proportionnel à la vitesse de déplacement du servomoteur et dont l'effet s'évanouit exponentiellement en fonction du temps. Ce signal de statisme transitoire, combiné avec celui de l'écart de vitesse, est amplifié pour actionner le tiroir de distribution commandant le servomoteur principal. Avec ce type de régulateur, il est possible, en ajoutant un signal accélérométrique, d'obtenir un régulateur combinant les modes de régulation à statisme transitoire et accélérotachymétrique.

La figure 5, page 16, représente un autre arrangement possible d'un régulateur accélérotachymétrique. Sa particularité réside dans le fait que l'amplification de puissance s'effectue entre le servomoteur pilote et le servomoteur principal. Le signal de statisme permanent peut également provenir du servomoteur principal au lieu du servomoteur pilote. Enfin, la figure 6, page 16, montre un régulateur à statisme transitoire dont les signaux de réaction proviennent du servomoteur pilote. Dans ce cas aussi le signal de statisme permanent peut provenir du servomoteur principal.

Il existe quatre régimes de fonctionnement pour un régulateur. Ce sont:

1. le régime établi;
2. les régimes variables de faible amplitude;
3. les régimes variables de grande amplitude;
4. le vannage bloqué.

INTERNATIONAL CODE FOR TESTING OF SPEED GOVERNING SYSTEMS FOR HYDRAULIC TURBINES

INTRODUCTION

Hydraulic turbine governing system requirements have increased greatly in recent years since frequently variables other than turbine speed must be controlled. The governing system must be capable of accepting, in addition to speed, a variety of other signals and combine them to achieve suitable operation in various possible modes. The governing system must be reliable for the safety of the turbine and for the ability to develop power at times when needed. Flexibility is necessary to be able to adapt to changing power system demands.

Many types of governing systems of varying degrees of capability have been built during the past years. Figure 1, page 14, is a block diagram illustrating in a general manner elements common to all governing systems. Speed can be sensed many ways. For governing system applications, the set of flyweights have been the most common method for comparing the actual shaft speed with the desired speed. Electrical methods equally as good have evolved, some based on frequency with others on voltage to arrive at an electrical signal proportional to the turbine speed.

Figure 2, page 14, is a governing system of the tachometric type sensitive to speed deviations of the unit from the set speed value. The signal produced, mechanical or electrical, is then combined with the external command signals and with the permanent speed droop feedback signal proportional to gate servomotor position. The resulting signal, after amplification, moves the distributing valve controlling the main servomotor.

The accelero-tachometric governor of Figure 3, page 15, senses, in addition to speed, the acceleration of the turbine and combines it with the other signals, amplifies and then positions the distributing valve which controls the gate servomotor.

The tachometric governor with temporary speed droop, figure 4, page 15, has a temporary feedback signal proportional to the rate of travel of the servomotor whose effect decays exponentially as a function of time. This temporary droop signal, combined with the speed deviation signal, is amplified to position the main distributing valve to control the main servomotor. It is possible to add to this type of governing system an accelerometric signal, thereby obtaining a combined form of temporary droop and accelero-metric-tachometric governing system.

Another possible arrangement may be seen in figure 5, page 16, which is an accelerometric-tachometric governing system. The distinguishing feature is that the power amplification occurs between the pilot servomotor and the main servomotor. The permanent droop can be obtained by feeding back a signal from the main servomotor instead of the pilot servomotor. Figure 6, page 16, finally shows a governor arrangement of the temporary speed droop type where the speed droop signals are derived from the pilot servomotor. In this case also the permanent speed droop could alternatively be derived from the main servomotor.

There are four modes of governing system operation. They are as follows:

1. steady state;
2. small transient conditions;
3. large transient conditions;
4. blocked gate.

Le fonctionnement en régime établi correspond en général au cas où toutes les grandeurs de l'installation réglée et du régulateur sont constantes. Le groupe fonctionne à charge, signal de commande et hauteur de chute constants. Dans ce régime, les mesures importantes concernent principalement la précision et l'étendue du domaine de fonctionnement du système. Les dérives ou écarts doivent être réduits par le régulateur à un niveau acceptable.

Le second régime apparaît lorsque l'ensemble du système, installation et régulateur, est soumis à de petites variations telles que des fluctuations de charge de l'alternateur, des modifications du signal de commande, etc. Ces variations sont d'amplitude suffisamment faible pour qu'aucun des éléments du régulateur n'atteigne de saturation. Dans ce cas, le bon comportement est caractérisé par un retour du système sans écart ni retard anormaux à un régime établi obtenu avec un minimum d'oscillations (amortissement convenable). C'est dans ce cas de fonctionnement que les concepts de stabilité sont prépondérants. Divers paramètres caractérisant le régulateur et l'installation réglée (constantes de temps et gains) permettent d'établir si le comportement désiré peut être obtenu. Il existe des critères, faisant souvent l'objet de spécifications, dépendant de ces paramètres mesurables et qui permettent d'assurer en pratique la stabilité du système.

Le troisième régime intervient lorsque les variations de la charge ou du signal de commande ont une amplitude suffisante pour que le comportement d'un élément interne quelconque du régulateur soit limité par une non-linéarité ou une saturation. Dans les régulateurs de turbines hydrauliques, ceci est habituellement dû à une limitation voulue du débit du fluide hydraulique alimentant les servomoteurs principaux pour fixer les temps minimaux de manœuvre. Les paramètres importants sont ici la valeur du signal nécessaire pour provoquer la saturation et le temps après lequel elle est atteinte. Les temps de manœuvre du servomoteur principal, le temps mort du régulateur et le temps de fermeture ralentie sont des valeurs normalement mesurées dans ce cas. Ensuite, il est important de connaître comment le système se comporte après le régime saturé. Les valeurs maximales de la pression dans la conduite et de la vitesse doivent être connues dans ce régime de fonctionnement pour des raisons de sécurité et sont habituellement déterminées lors des essais de la turbine.

Le quatrième régime représente probablement la situation la plus simple dans laquelle le servomoteur principal ne peut se déplacer dans une ou les deux directions; il en résulte que la machine fournit une puissance prédéterminée sans tenir compte des faibles variations de vitesse.

Le présent code est relatif aux essais de la régulation de vitesse d'une turbine hydraulique. Le but de ces essais est de vérifier le respect de certaines garanties techniques appropriées à une installation donnée. Par conséquent, le code traite des méthodes de mesure de celles des grandeurs qui sont le plus souvent à la base des garanties techniques.

En pratique, les garanties se rapportent:

- au régulateur de vitesse défini comme un équipement de réglage dans lequel la grandeur de sortie est la position du servomoteur principal et les grandeurs d'entrée sont la vitesse de rotation de la turbine et les signaux extérieurs de commande;
- et/ou à la qualité du réglage de fréquence d'un réseau électrique alimenté par le groupe équipé du régulateur de vitesse considéré;
- et/ou aux conséquences (variations de pression et de vitesse) d'une brusque variation de charge de grande amplitude.

Dans le premier cas, les méthodes de spécification actuellement les plus courantes consistent à indiquer le type du régulateur (c'est-à-dire accélérotachymétrique ou à statisme transitoire) et les valeurs numériques des paramètres caractéristiques principaux.

Le but principal des essais de réception est, dans ce cas, de déterminer expérimentalement les valeurs numériques effectives de ces paramètres. Par conséquent, le présent code définit la nature de ces paramètres caractéristiques et indique les méthodes de mesure correspondantes. L'ingénieur d'essais dispose

Steady state operation in general occurs when all variables of the controlled system and the governing system are at rest. The unit is operating under constant load, command signal and head. During steady state operation, measurements of importance deal mainly with the accuracy and the range of operation of the system. Drift or wander should be minimized to the degree capable by the governing system.

The second mode is when the combined system, controlled and governing, is subject to small changes such as generator load fluctuations, command signal changes, etc. The changes are sufficiently small that none of the governing system elements reach limits. Good operation in this mode is characterized by the system returning to a steady state condition without unreasonable deviation or time interval and to settle out with a minimum of swings (adequate damping). It is in this operation that stability concepts are predominant. Various parameters of the governing and the controlled systems (time constants and gain coefficients) are sufficient to establish whether the desired operation can be obtained. Criteria exist in terms of these measurable parameters, often specified, which nearly assure a stable system.

The third mode occurs when either load or command signal changes are of sufficient size to cause any of the internal portions of the governing system to reach some limit as evidenced by nonlinear or saturated performance. In hydraulic turbine governing systems, this usually occurs due to a planned restriction of flow of hydraulic fluid to the main servomotors to establish the servomotor timing. Here of importance is the size of deviation required to cause saturation and the time required to reach saturation. The timing of the main servomotors, the governor dead time and the cushioning time are normal measurements in this condition. Further, it is important to know how the system settles out following the saturated performance. Maximum pressure change in the penstock and maximum speed change for this type of performance need to be known for safety reasons and are usually determined in conjunction with turbine tests.

The fourth mode is probably the simplest situation in that the main servomotor is restrained from movement in one or both directions with the result that the machine supplies a predetermined amount of power to its connected system without regard for small speed fluctuations.

The present code concerns tests about control of the speed of a hydraulic turbine. The object of these tests is to verify the fulfilment of certain technical guarantees appropriate to a given installation. The code, therefore, deals with the methods of measuring those quantities which most frequently are the basis for technical guarantees.

In practice the guarantees relate to:

- the speed governing system, defined as a control system in which the output quantity is the position of the main servomotor and the input quantities are the turbine speed of rotation and external command signals;
- and/or the quality of the frequency control of an electric network fed by the generating unit, which is equipped with the speed governing system considered;
- and/or the consequences (variations of pressure and speed) of a sudden large-amplitude load variation.

In the first case, the most common methods of specification at the present time consist of indicating the operating principle of the governor (i.e. accelero-tachometric or temporary speed droop) and the required numerical values of the main characteristic parameters.

The main purpose of the acceptance tests in this case is to determine experimentally the effective numerical values of these parameters. The present code, therefore, defines the nature of these characteristic parameters and outlines methods of their measurement. Many methods are available to the test

de nombreuses méthodes pour déterminer les caractéristiques statiques et dynamiques du régulateur. Le présent code a essayé de citer la procédure d'essais la plus commune et la plus utilisée, qui soit applicable à tous les régulateurs. Les essais de réponse indicielle sont décrits là où ils sont jugés appropriés. Une autre méthode, connue sous le nom de réponse harmonique, peu utilisée actuellement, est décrite en annexe. Les techniques statistiques peuvent être employées, mais ne sont pas décrites dans ce code.

Dans le deuxième cas, c'est-à-dire quand la qualité du réglage de fréquence constitue la base des spécifications techniques, les essais du régulateur lui-même ne peuvent pas avoir de signification contractuelle.

D'autre part, le fournisseur du régulateur ne peut se charger d'obtenir une certaine qualité de la régulation de fréquence que si les conditions dans lesquelles le régulateur fonctionnera sont clairement définies. Ces conditions concernent d'abord la nature des variations de charge à considérer pour juger de la qualité de la régulation de fréquence. Elles concernent aussi les caractéristiques de l'installation réglée (ouvrages hydrauliques, turbine, alternateur, régulateur de tension, réseau).

Le présent code d'essais définit donc certains paramètres caractéristiques de l'installation réglée et indique les méthodes de mesure correspondantes.

Il est important d'attirer l'attention sur les difficultés de détermination expérimentale de certaines caractéristiques de l'installation réglée. C'est pourquoi de telles mesures devraient être limitées aux cas où de sérieuses difficultés de régulation apparaissent et ne peuvent être résolues par la modification des paramètres ajustables du régulateur. Il s'avère alors nécessaire de contrôler les valeurs réelles de certaines caractéristiques de l'installation réglée et de voir dans quelles mesures elles diffèrent de celles données initialement au constructeur du régulateur et qu'il a utilisées pour choisir et ajuster le régulateur.

Dans le troisième cas, c'est-à-dire quand les garanties techniques se rapportent à la valeur maximale atteinte par les variations de vitesse et de pression lors d'une brusque variation de charge, les essais du régulateur lui-même ne peuvent encore pas avoir de signification contractuelle. Ce cas est, par conséquent, complémentaire du second mentionné ci-dessus et le fournisseur du régulateur de vitesse ne peut se charger de donner des valeurs limites contractuelles aux variations de vitesse et de pression que si les caractéristiques de l'installation hydraulique qu'il juge nécessaire de connaître pour fixer celles du régulateur lui ont été communiquées et s'avèrent exactes.

Un problème de définition se pose du fait de l'existence de deux cas. Dans le premier, le constructeur du régulateur est aussi celui de la turbine hydraulique. Dans le second, le constructeur du régulateur fournit son équipement soit à celui de la turbine soit aux ingénieurs responsables de l'installation réglée. Par conséquent, il est possible, d'après le texte du code, que l'acquéreur du régulateur représente une autre division du constructeur de la turbine hydraulique. Le mot client se réfère par conséquent au groupe qui a directement passé contrat avec le constructeur du régulateur.

engineer to determine the static and dynamic characteristics of the governing system. The present code has attempted to cite the most common and most used test procedure applicable to all governing systems. Step response type of tests are described where deemed appropriate. Another method, known as harmonic response, at present little used, is described in the Appendix. Statistical techniques can be used, but are not discussed in this code.

In the second case, that is when the quality of the frequency control forms the basis of technical specifications, the tests on the governing system itself may not have contractual significance.

On the other hand, the supplier of the governing system can undertake to obtain a certain quality of the frequency control only if the conditions in which the governing system will operate are clearly defined. These conditions concern firstly the nature of the load variations which will be considered when judging the quality of frequency control. They also concern the characteristics of the controlled system (water passages, turbine, alternator, voltage regulator, network).

The present test code therefore defines certain characteristic parameters of the controlled system and outlines methods of their measurement.

It is important to draw the attention to the difficulties of experimental determination of certain characteristics of the controlled system and therefore such measurements should be limited to the cases when serious control difficulties occur and cannot be remedied by modification of the adjustable parameters of the governor. It then becomes necessary to ascertain the actual values of certain controlled system characteristics and to see in what measure they differ from those originally given to and used by the manufacturer of the governing system for selecting and adjusting the governor.

In the third case, that is when the technical guarantees cover the maximum value reached by speed and pressure variations in case of a sudden load variation, the tests on the speed governing system itself again may not have contractual significance. This case, therefore, is complementary to the second case mentioned above, and the supplier of the speed governing system may undertake to give contractual limit values of speed and pressure variations only if the hydraulic installation characteristics which he deems necessary for fixing the governing systems characteristics have been given to him and prove to be correct.

A definition problem arises because of two situations. The first is when the governing system manufacturer and the hydraulic turbine manufacturer are the same. The second is where the governing system manufacturer provides his equipment to either the turbine manufacturer or to the engineers responsible for controlled system. Therefore, it is possible, from the wording of the code, for the purchaser of the governing system to be a division of the same manufacturer of the hydraulic turbine. The word purchaser, therefore, refers to the group that has entered into contract directly with the manufacturer of the governing system.

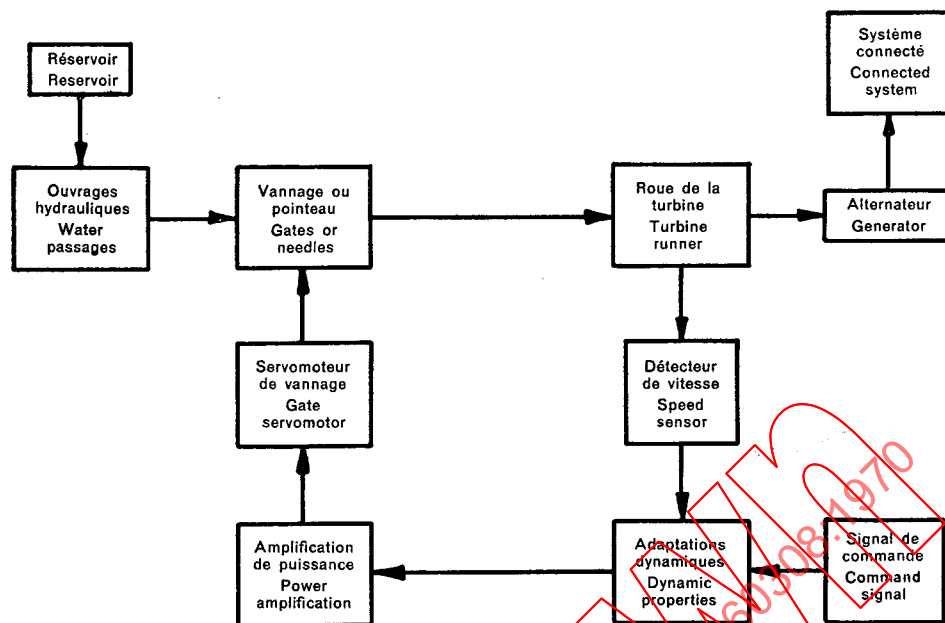


FIG. 1. — Schéma de principe du système réglé et du régulateur.
Diagram of controlled and governing system.

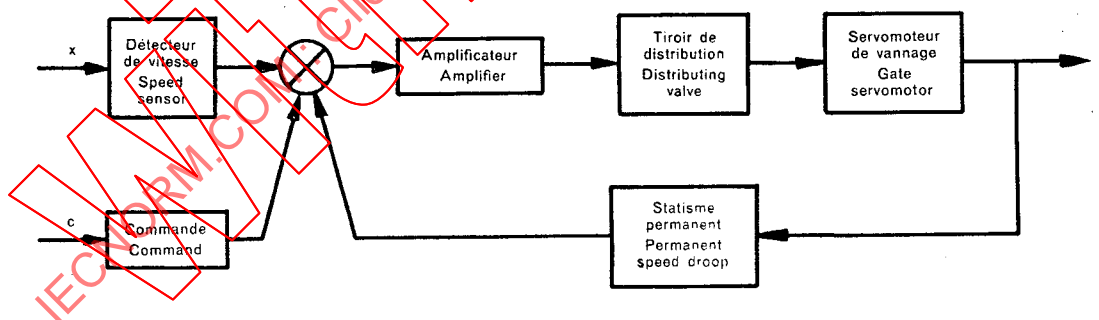


FIG. 2. — Régulateur de type tachymétrique.
Tachometric type governing system.

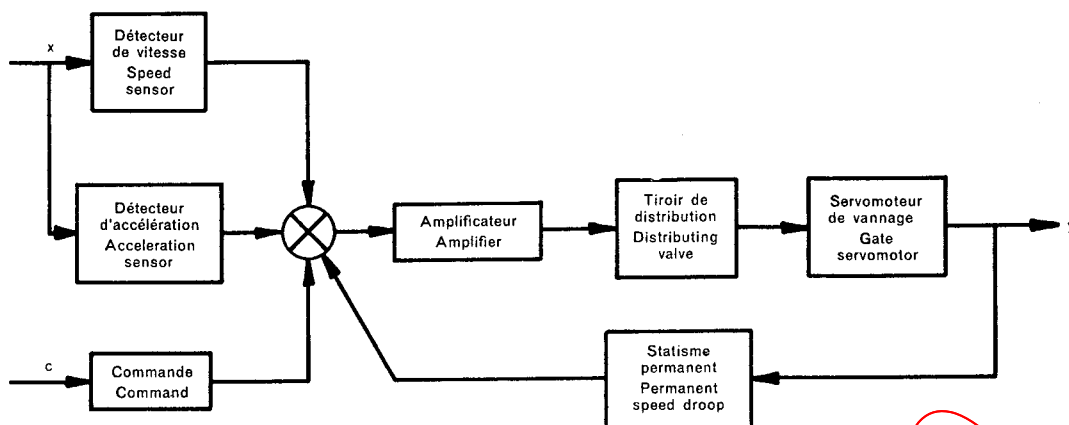


FIG. 3. — Régulateur accélérotachymétrique.
Accelero-tachometric governing system.

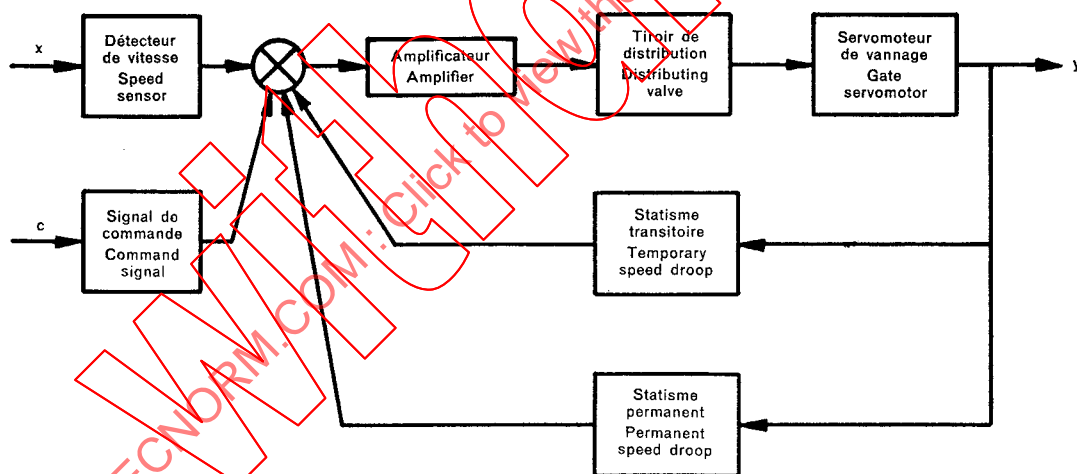


FIG. 4. — Régulateur à statisme transitoire.
Tachometric governor with temporary droop.

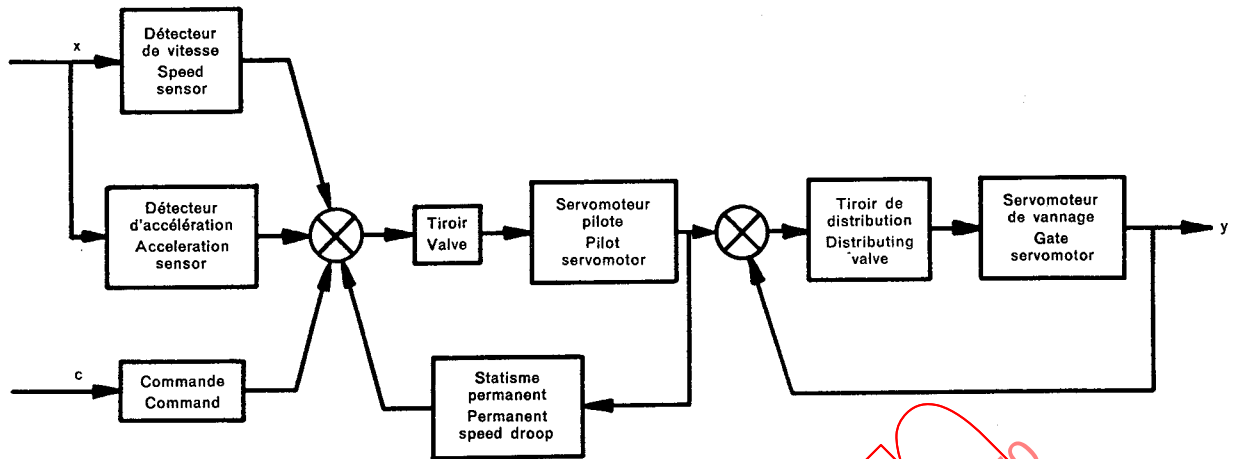


FIG. 5. — Régulateur accélérotachymétrique avec servomoteur pilote.
Accelero-tachometric governor with pilot servomotor.

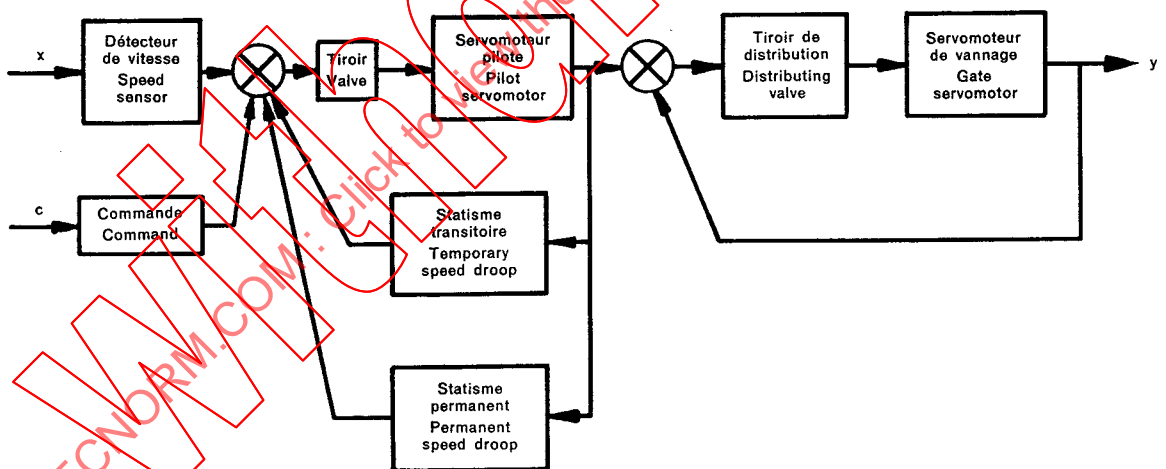


FIG. 6. — Régulateur à statisme transitoire provenant d'un servomoteur pilote.
Governor with temporary droop derived from a pilot servomotor.

Page blanche
Blank page

Withd2M
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60308:1970

CHAPITRE I — OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Le présent code a pour objet de définir les termes et les grandeurs nécessaires à la description du comportement en régulation du régulateur de vitesse. Ce code présentera les méthodes d'essai et les moyens de mesure des grandeurs correspondantes de façon que les performances et le comportement du régulateur puissent être déterminés et les garanties vérifiées.

1. Types de régulateur et d'installation réglée

En général, ce code s'applique à tous les régulateurs de vitesse pour turbines hydrauliques. Il concerne aussi l'installation réglée qui comprend la turbine hydraulique, l'alimentation en eau, les ouvrages de fuite, l'alternateur, le régulateur de tension et le réseau d'énergie électrique connecté au groupe.

2. Essais de réception

Ce code couvre les dispositions relatives aux essais de régulateur de vitesse, effectués aussi bien dans les ateliers du constructeur qu'après installation en centrale, en vue de vérifier le respect des garanties données par le fournisseur du régulateur. Ce code contient les dispositions relatives aux essais sur place de l'installation réglée pour déterminer la validité des grandeurs caractéristiques données par le client et sur lesquelles les performances de l'installation ont été garanties.

Ce code traite de la méthode de calcul des résultats, de leur précision et du domaine de mesure considéré comme acceptable. Il donne un guide pour la teneur et le style du rapport final.

On effectuera seulement les essais nécessaires à la vérification du respect des garanties contractuelles ou ceux précisés par convention écrite entre les parties en vue d'obtenir une information complémentaire sur le régulateur ou l'installation réglée.

3. Sujets exclus

Ce code exclut tous les sujets d'intérêt purement commercial et d'exploitation, excepté ceux indiscutablement liés aux résultats satisfaisants des essais de réception.

3.1 Il ne traite pas des détails constructifs des régulateurs ni des propriétés mécaniques ou électriques de leurs composants. Il ne traite pas des conditions relatives au dispositif d'alimentation en huile sous pression, excepté que les niveaux minimal et maximal de pression doivent avoir les valeurs garanties, la qualité et la température de l'huile doivent être respectées (voir paragraphes 14.2.1 et 14.2.2) et les tolérances admises.

3.2 L'essai de divers dispositifs auxiliaires de protection et de contrôle n'est pas du domaine d'application de ce code, sauf disposition différente agréée ou jugée nécessaire.

CHAPTER I — OBJECT AND SCOPE

The object of this code is to define the terms and quantities necessary to describe the regulating behaviour of the speed governing system. This code will establish methods of testing and ways of measuring the quantities involved so that the performance and behaviour of the governing system can be ascertained and the guarantees verified.

1. Types of governor and controlled system

In general this code applies to any speed governing system for hydraulic turbines. It is also concerned with the controlled system consisting of the hydraulic turbine, water supply, discharge passages, generator, voltage regulator and connected electric power network.

2. Acceptance tests

This code covers the arrangements for tests on the speed governing system, both in the shops of the manufacturer and when installed at the site to determine the attainment of governor guarantees given by the supplier. This code covers the arrangements for tests on the controlled system at site to determine the validity of the controlled system characteristic values given by the purchasers upon which the system performance has been guaranteed.

This code deals with the way in which the results are to be computed along with the accuracies and range of measurement considered acceptable. The code gives guidance as to the content and style of the final report.

Only those tests should be performed which are necessary to verify the guarantees stipulated in the contract or such tests as set forth in a written agreement between the parties to the test for purposes of obtaining supplementary information about either the governing system or the controlled system.

3. Excluded topics

This code excludes all matters of purely commercial interest and enterprise, except those inextricably bound up with the successful issue of the acceptance tests.

- 3.1 It is not concerned with structural details of governors nor with the mechanical or electrical properties of their components. It is not concerned with the conditions prevailing in the oil pressure system, except that the maximum and minimum pressure levels must be as specified, the oil quality and temperature observed (see Sub-clauses 14.2.1 and 14.2.2) and the tolerances recognized.
 - 3.2 The testing of various auxiliary protective and supervisory devices is not within the scope of this code, unless otherwise agreed or found necessary.
-

CHAPITRE II — TERMINOLOGIE, DÉFINITIONS, SYMBOLES ET UNITÉS

4. Unités

Le système international d'unités est adopté dans ce code pour les mesures, mais d'autres systèmes compatibles avec les spécifications du contrat doivent être permis en cas de préférence. Des valeurs relatives sans dimensions des variables sont utilisées pour le calcul et la présentation des résultats.

5. Terminologie

Les termes, définitions, symboles et remarques terminales utilisés dans ce document se conforment aussi rigoureusement que possible aux publications spéciales de la CEI sur les termes, définitions, symboles et remarques terminales. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, ils ne doivent pas être considérés comme recommandations officielles de la CEI, mais seulement comme une aide pour exprimer le sens du présent document.

En général, il est recommandé d'affecter la lettre *b* aux symboles se rapportant au régulateur et la lettre *e* à ceux relatifs à l'installation réglée. Tous les coefficients homogènes à un temps sont représentés par la lettre capitale *T*.

Terme		Définition	Symbole pour		
			Gran- deur	Unité	Valeur relative
5.1	<i>Définitions générales</i>				
5.1.1	Régulateur	Combinaison d'appareillages et de mécanismes qui détecte l'écart de vitesse et le convertit d'une manière caractéristique en une variation de la course du servomoteur principal.			
5.1.2	Vitesse	Vitesse de rotation de la turbine.	n ω f	tr/min rad/s Hz	n/n_N ω/ω_N f/f_N
5.1.3	Vitesse nominale	Vitesse pour laquelle la turbine est commandée.	n_N ω_N f_N	tr/min rad/s Hz	
5.1.4	Ecart de vitesse	A un instant donné, la différence entre la vitesse réelle de rotation et une vitesse de référence.	Δn $\Delta \omega$ Δf	tr/min rad/s Hz	x
5.1.5	Signal de commande	Grandeur de référence qui peut être ajustée par un élément extérieur au régulateur.	C		
5.1.5.1	Ecart de signal de commande	Différence entre le signal de commande réel (C) et une valeur de référence (C_0), où C_0 est la valeur du signal de commande lorsque la turbine est à vide à la vitesse nominale et sous les conditions nominales d'alimentation en eau.	ΔC		c
5.1.5.2	Coefficient de proportionnalité du signal de commande	Pente de la courbe représentant la vitesse de rotation en fonction du signal de commande à une position donnée en régime établi du servomoteur.			b_c

CHAPTER II — TERMS, DEFINITIONS, SYMBOLS AND UNITS

4. Units

The international system of units is adopted throughout this code for measurement but other systems consistent with the contract specifications shall be allowed if preferred. Dimensionless relative values of variables are used for calculating and reporting the results.

5. Terms

The terms, definitions, symbols and terminal markings adopted in this document conform as closely as possible with the Special IEC Publications on terms, definitions, symbols and terminal markings. Where this is not so, they are not to be regarded as official recommendations of the IEC, but only as an aid to express the meaning of the present document.

In general, it is preferred that symbols referring to the governing system be denoted by the letter *b* and those referring to the controlled system be denoted by the letter *e*. All coefficients with dimension of time are denoted by the capital letter *T*.

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.1	<i>General definitions</i>			
5.1.1	Governing system	The combination of devices and mechanisms which detect the speed deviation and convert it into the main servomotor stroke deviation in a characteristic manner.		
5.1.2	Speed	The speed of rotation of the turbine.		
		n ω f	rev/min rad/s Hz	n/n_N ω/ω_N f/f_N
5.1.3	Guarantee speed	The speed for which the turbine is ordered.		
		n_N ω_N f_N	rev/min rad/s Hz	
5.1.4	Speed deviation	At a considered instant, the difference between the actual speed of rotation and a reference speed.		
		Δn $\Delta \omega$ Δf	rev/min rad/s Hz	x
5.1.5	Command signal	A reference quantity which can be set by external adjustment of the governing system.		
		C		
5.1.5.1	Command signal deviation	The difference between the actual command signal (C) and a reference value (C_0), where C_0 is the value of the command signal when the turbine rotates at guarantee speed under no load and guarantee conditions of water supply.		
		ΔC		c
5.1.5.2	Command signal proportionality factor	The slope of the curve representing the rotational speed versus the command signal at a given steady state servomotor position.		
				b_c

Terme	Définition	Symbole pour		
		Grandeur	Unité	Valeur relative
5.1.6	Servomoteur principal	Elément du régulateur qui actionne le mécanisme de commande de la turbine. Le mécanisme de commande de la turbine ici considéré comprend la tringlerie de liaison actionnée par le régulateur et les organes de la turbine qui commandent l'écoulement de l'eau, tels que les aubes directrices, les pales de la roue, les pointeaux (aiguilles), les déflecteurs, les orifices compensateurs, etc., individuellement ou associés.		
5.1.7	Course du servomoteur	Y	m rad °	Y/Y_M
5.1.7.1	Ecart de position du servomoteur	ΔY	m rad °	y
5.2	<i>Termes relatifs au régime établi</i>			
5.2.1	Vitesse maximale à course nulle	n_{oM} ω_{oM} f_{oM}	tr/min rad/s Hz	n_{oM}/n_N ω_{oM}/ω_N f_{oM}/f_N
5.2.2	Vitesse minimale à course nulle	n_{om} ω_{om} f_{om}	tr/min rad/s Hz	n_{om}/n_N ω_{om}/ω_N f_{om}/f_N
5.2.3	Vitesse maximale à pleine ouverture	n_{yM} ω_{yM} f_{yM}	tr/min rad/s Hz	n_{yM}/n_N ω_{yM}/ω_N f_{yM}/f_N
5.2.4	Vitesse minimale à pleine ouverture	n_{ym} ω_{ym} f_{ym}	tr/min rad/s Hz	n_{ym}/n_N ω_{ym}/ω_N f_{ym}/f_N
5.2.5	Caractéristique de statisme vitesse/course	Courbe représentant la vitesse relative en fonction de la course relative du servomoteur quand le régulateur est en équilibre et le signal de commande constant (figure 7, page 24). Le statisme vitesse/puissance est défini au paragraphe 5.6.8.		

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.1.6	Main servomotor	The element of the governing system which moves the turbine-control mechanism. The turbine-control mechanism here referred to includes the system of connected linkage which is actuated by the governing system and those elements of the turbine which control the energy input to the turbine, that is wicket gates, runner blades, needles (spears), deflectors, relief valves, etc., individually or in combination.		
5.1.7	Servomotor stroke	Y	m rad °	Y/Y_M
5.1.7.1	Servomotor stroke deviation	ΔY	m rad °	y
5.2	<i>Terms relating to steady-state operation</i>			
5.2.1	Maximum speed at zero stroke	The value of the speed which causes the governor to be in a state of equilibrium for which the servomotor stroke is zero. The command signal is at its maximum setting and the permanent speed droop has a specified value.		
		n_{0M} ω_{0M} f_{0M}	rev/min rad/s Hz	n_{0M}/n_N ω_{0M}/ω_N f_{0M}/f_N
5.2.2	Minimum speed at zero stroke	Value of the speed which causes the governor to be in the state of equilibrium for which the servomotor stroke is zero. The command signal is at its minimum setting and the permanent speed droop has a specified value.		
		n_{0m} ω_{0m} f_{0m}	rev/min rad/s Hz	n_{0m}/n_N ω_{0m}/ω_N f_{0m}/f_N
5.2.3	Maximum speed at maximum stroke	Value of the speed which causes the governor to be in a state of equilibrium with the servomotor at maximum stroke. The command signal is at its maximum setting and the permanent speed droop has a specified value.		
		n_{yM} ω_{yM} f_{yM}	rev/min rad/s Hz	n_{yM}/n_N ω_{yM}/ω_N f_{yM}/f_N
5.2.4	Minimum speed at maximum stroke	Value of the speed which causes the governor to be in a state of equilibrium with the servomotor at maximum stroke. The command signal is at its minimum setting and the permanent speed droop has a specified value.		
		n_{ym} ω_{ym} f_{ym}	rev/min rad/s Hz	n_{ym}/n_N ω_{ym}/ω_N f_{ym}/f_N
5.2.5	Speed droop graph	A graph showing the relative speed as a function of the relative servomotor stroke, when the governor is in a state of equilibrium and the command signal is constant (Figure 7, page 25). Speed regulation is defined in Sub-clause 5.6.8.		

Terme	Définition	Symbole pour		
		Gran- deur	Unité	Valeur relative

FIGURE 7

5.2.6	Coefficient de statisme permanent vitesse/course	Pente de la caractéristique de statisme vitesse/course en un point de fonctionnement déterminé (figure 7).		b_p
5.2.7	Coefficient global de statisme permanent vitesse/course	Différence entre les vitesses relatives lues sur la caractéristique de statisme vitesse/course pour la fermeture totale et la pleine ouverture du servomoteur, à un signal de commande spécifié (voir figure 7).		b_s

5.3	<i>Termes relatifs au régime dynamique (petits mouvements, voir le deuxième régime de fonctionnement dans l'introduction)</i>			
5.3.1	Temps caractéristique du servomoteur	Inverse de la pente de la courbe représentant la vitesse dy/dt du servomoteur en fonction du déplacement relatif, u , rapporté à un déplacement maximal spécifique, de son tiroir de distribution à partir de la position neutre. $T_y = \frac{du}{d(dy/dt)}$ (Voir figure 8, page 26.)	T_y	s

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity

Figure 7 shows a graph with relative speed y on the horizontal axis and relative displacement x on the vertical axis. The curve starts at the origin 0 and rises to a point x_{10} at $y = 1.0$. The slope at any point is given by $b_p = -\frac{dx}{dy}$. The maximum stroke speed droop b_s is the difference between the relative speeds at full closed and full open positions.

FIGURE 7

5.2.6	Permanent speed droop	Slope of the speed droop graph at a specific point of operation (Figure 7).		b_p
5.2.7	Maximum stroke speed droop	Difference between the relative speeds read from the speed droop graph at full closed and full open position of the servomotor for a specified command signal (see Figure 7).		b_s

5.3	<i>Terms relating to dynamic action (small movements, see second mode of operation in the Introduction)</i>			
5.3.1	Servomotor response time	The slope of the curve relating the servomotor velocity dy/dt to the relative travel, u , from the neutral position of its controlling valve, referred to a specific maximum displacement. $T_y = \frac{du}{d(dy/dt)}$ (See Figure 8, page 27.)	T_y	s

Terme	Définition	Symbole pour		
		Gran- deur	Unité	Valeur relative

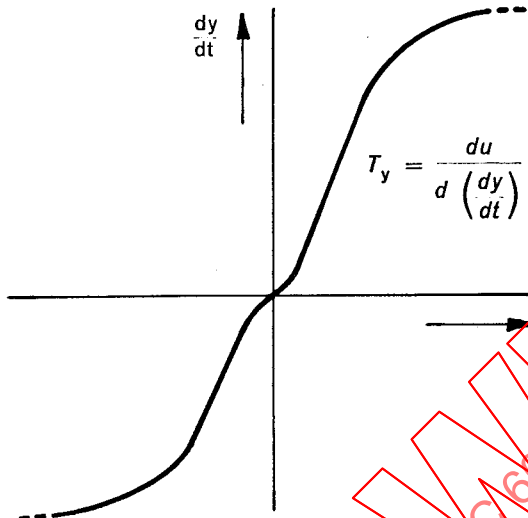


FIGURE 8

5.3.2	Temps caractéristique de la promptitude	Quand le déplacement du tiroir est proportionnel à un écart relatif, x, de vitesse et dans certaines circonstances proportionnel au signal de commande, la position u du tiroir devrait être exprimée de préférence en fonction de la vitesse relative. Pour un régulateur de vitesse, en l'absence de statisme permanent, à un écart permanent donné de la vitesse relative correspond en régime établi une valeur proportionnelle de la vitesse relative du servomoteur: $T_x = - \frac{dx}{d(dy/dt)}$ Le coefficient T_x est appelé le temps caractéristique de la promptitude (voir figure 9).	T_x	s
-------	---	--	-------	---

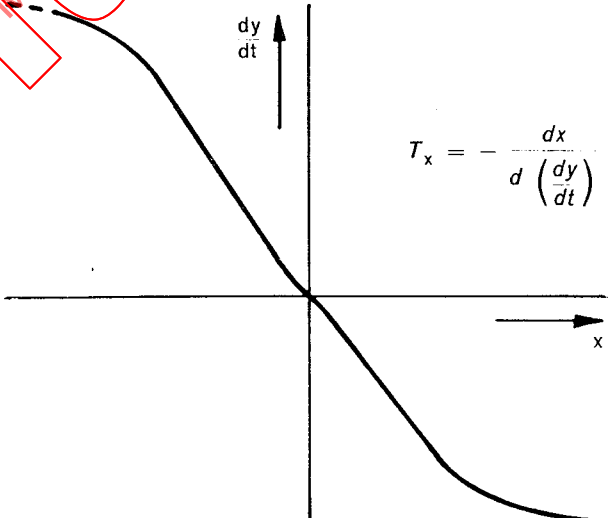


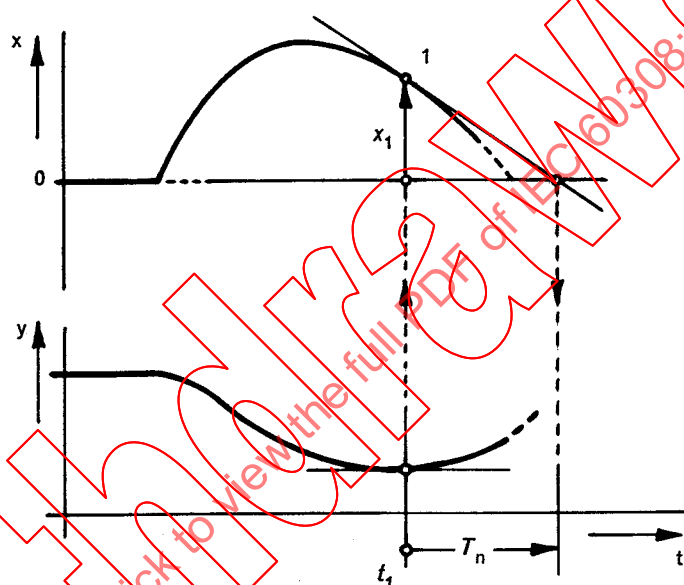
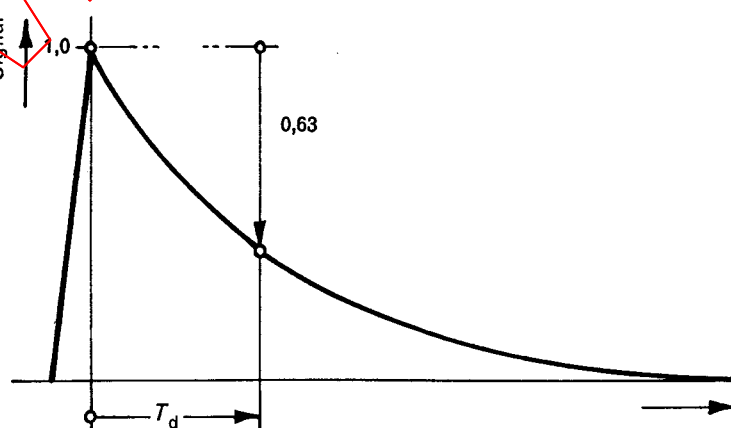
FIGURE 9

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity

FIGURE 8

5.3.2	Promptitude time constant	When the valve displacement is proportional to relative speed deviation, x, and under certain circumstances proportional to command signal, the valve position u should preferably be expressed in terms of relative speed. For a speed governing system, considered without permanent speed droop, with a given steady-state value of relative speed deviation, there will be a proportionate relative steady-state servomotor velocity: $T_x = - \frac{dx}{d(dy/dt)}$ The coefficient T_x is known as the promptitude time constant. (See Figure 9.)	T_x	s
-------	----------------------------------	--	-------	---

FIGURE 9

Terme	Définition	Symbole pour		
		Grandeur	Unité	Valeur relative
5.3.3	Temps de dosage de dérivation Pour un régulateur à statisme transitoire, le temps caractéristique de la promptitude est numériquement équivalent au produit du coefficient de statisme transitoire vitesse/course b_t par la constante de temps T_d de la réaction transitoire. Valeur, changée de signe, du rapport de l'écart de vitesse, x_1, à l'accélération $(dx/dt)_1$, en l'absence de réactions permanente et transitoire et à l'instant où le mouvement du servomoteur s'inverse (figure 10). $T_n = \frac{-x_1}{(dx/dt)_1}$	T_n	s	
 FIGURE 10				
5.3.4	Constante de temps de la réaction transitoire Constante de temps traduisant l'amortissement du signal de réaction transitoire provenant de la position du servomoteur (voir figure 11).	T_d	s	
 FIGURE 11				

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.3.3 Derivative time constant	For a temporary speed droop governor, the promptitude time constant is numerically equivalent to the product of the temporary speed droop b_t and the time constant T_d of the damping device. The negative value of the ratio of the speed deviation, x_1, to the acceleration $(dx/dt)_1$, with the permanent and temporary speed droop cancelled and at the instant when the servomotor movement is reversing direction. (See Figure 10.) $T_n = \frac{-x_1}{(dx/dt)_1}$	T_n	s	

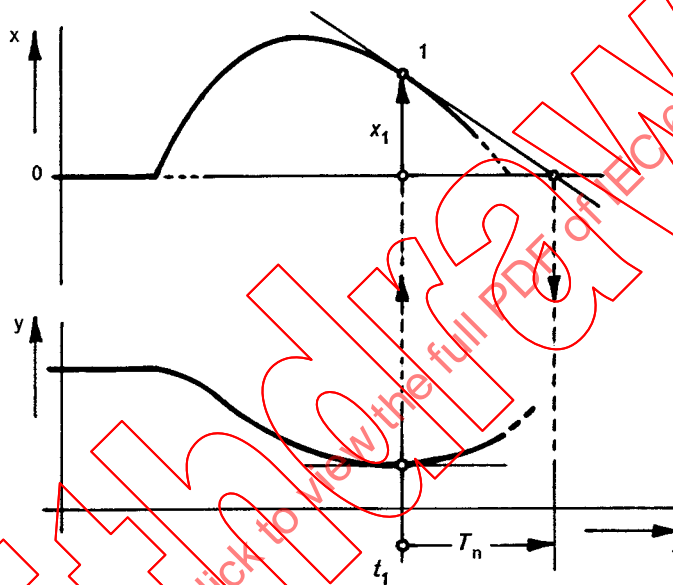


FIGURE 10

5.3.4 Time constant of the damping device	A time constant which describes the decay of the feedback signal from servomotor position, through the damping device. (See Figure 11.)	T_d	s	
---	---	-------	---	--

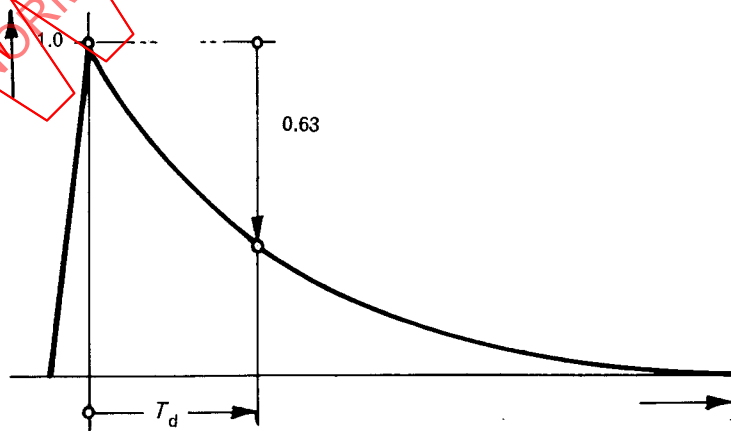
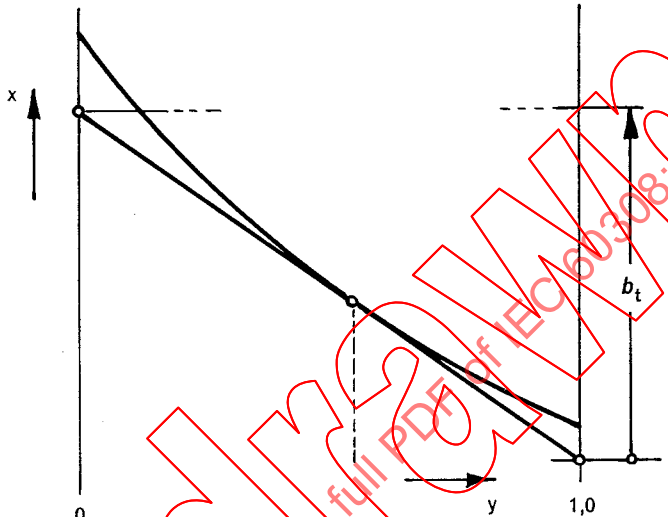
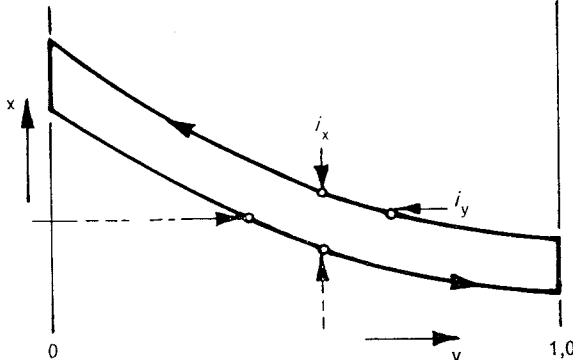
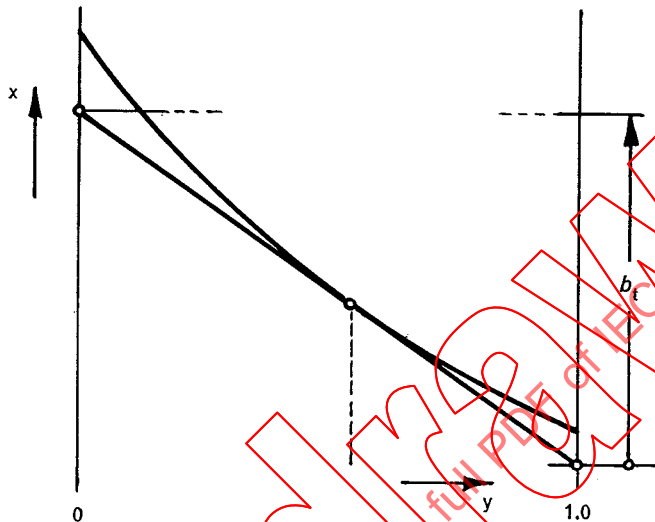
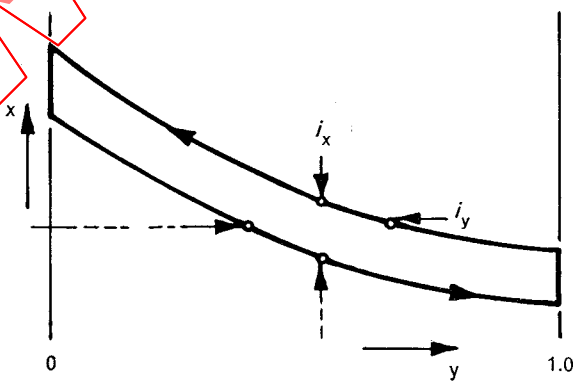


FIGURE 11

Terme	Définition	Symbole pour		
		Gran- deur	Unité	Valeur relative
5.3.5 Coefficient de statisme transitoire vitesse/ course	Coefficient du statisme vitesse/course (défini au paragraphe 5.2.6) apparaissant lorsque l'amortissement de la réaction transitoire est supprimé et la réaction permanente éliminée (voir figure 12). $b_t = \frac{-dx}{dy}$			b_t
 FIGURE 12				
5.4 <i>Termes relatifs aux non- linéarités</i>				
5.4.1 Zone morte de vitesse	Zone de largeur maximale comprise entre deux valeurs de la vitesse relative entre lesquelles le réglage n'intervient pas. Le signal de commande est laissé constant. La moitié de cette zone morte est appelée insensibilité de vitesse (voir figure 13).			i_x
 FIGURE 13				

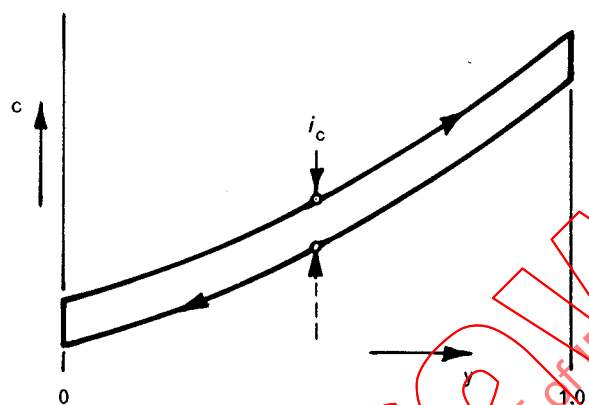
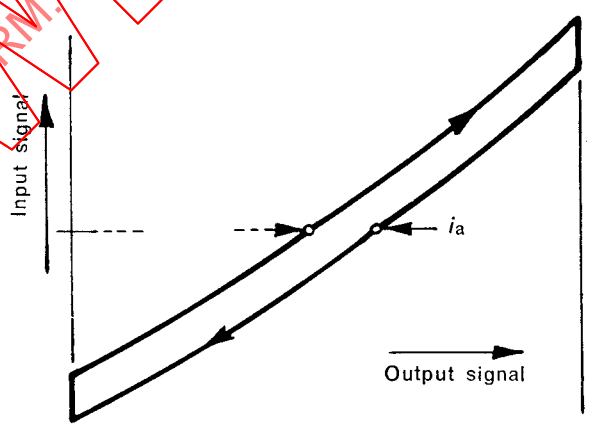
Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.3.5 Temporary speed droop	The speed droop in steady state (as defined in Sub-clause 5.2.6) which would occur if the decay action of the damping device is blocked and the permanent-speed droop is made inactive. (See Figure 12.) $b_t = \frac{-dx}{dy}$			b_t
 FIGURE 12				
5.4 <i>Terms relating to non-linearities</i>				
5.4.1 Speed dead band	The maximum band between two values of the relative speed within which governing action does not occur. The command signal is assumed constant. One half of the speed dead band is termed the speed insensitivity. (See Figure 13.)			i_x
 FIGURE 13				

Terme	Définition	Symbole pour		
		Gran- deur	Unité	Valeur relative
5.4.2	Zone morte du signal de commande			i_c

FIGURE 14

5.4.3	Imprécision du régulateur relative à la position du servomoteur			i_y
5.4.4	Imprécision du servomécanisme			i_a

FIGURE 15

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.4.2 Command signal dead band	The maximum band between two values of the relative command signal in which governing action does not occur. The speed is assumed constant. One half of the command signal dead band is termed the command signal insensitivity. (See Figure 14.)			i_c
 FIGURE 14				
5.4.3 Governor inaccuracy referred to servomotor position	Maximum variation between the extreme relative position of the servomotor for a constant speed and a fixed command signal for a specified speed droop. (See Figure 13, page 31.)			i_y
5.4.4 Amplifier inaccuracy	For amplifiers such as copying servomotors, used in blade control mechanisms, deflector mechanisms or otherwise, the maximum possible change in position of the output member which can occur for a constant position of the input member. (See Figure 15.)			i_a
 FIGURE 15				

Terme	Définition	Symbole pour		
		Gran- deur	Unité	Valeur relative
5.4.5	Temps mort du servomoteur	Intervalle de temps séparant une variation d'un type spécifié de la vitesse ou du signal de commande et le premier mouvement détectable du servomoteur résultant de cette variation (voir figure 16 a et b).		
		T_q	s	

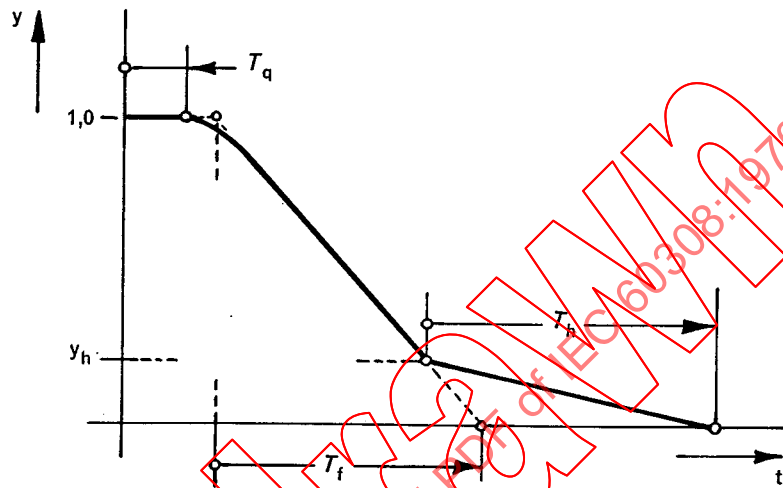


FIGURE 16a

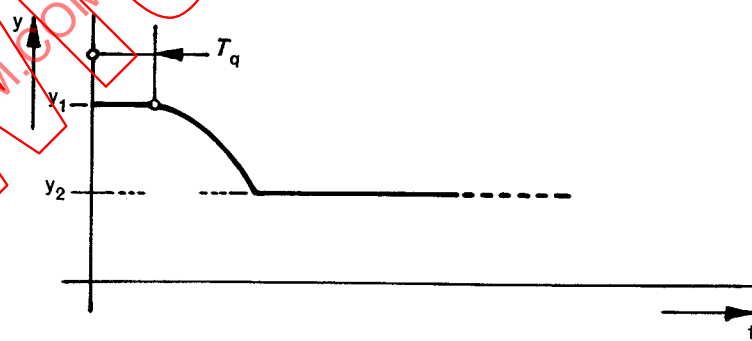


FIGURE 16b

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.4.5. Servomotor dead time	Time interval between a specified type of change in speed or command signal and the first detectable movement of the servomotor which results from this change. (See Figure 16 a and b.)	T_q	s	

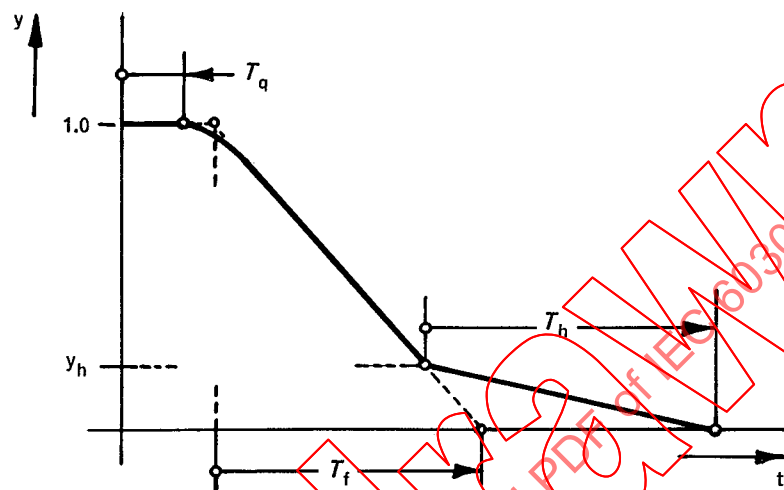


FIGURE 16a

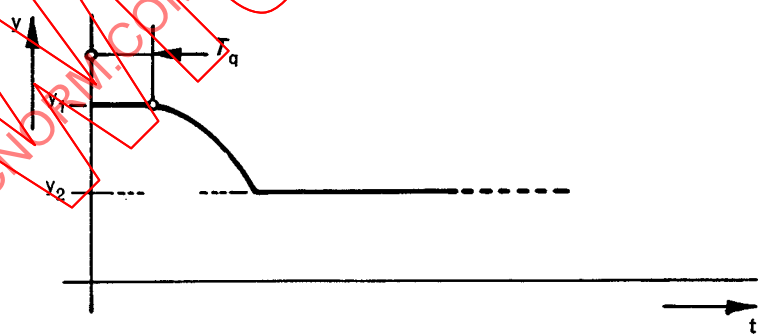
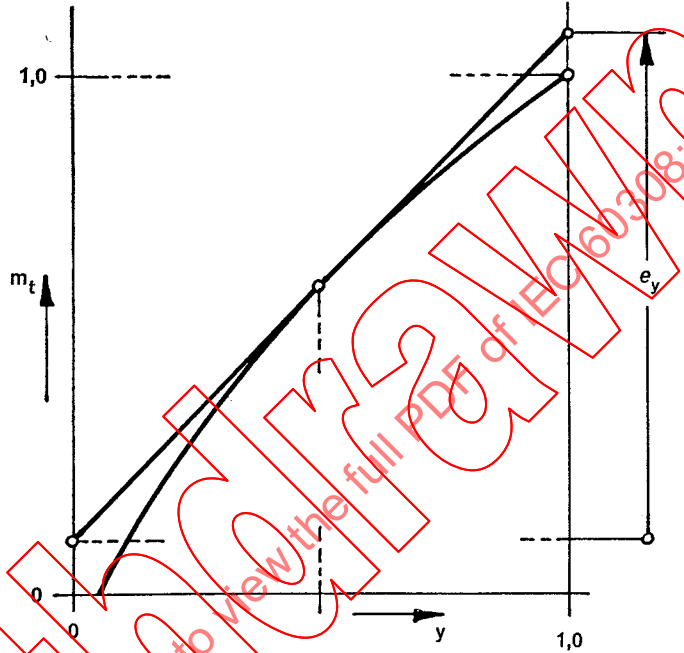
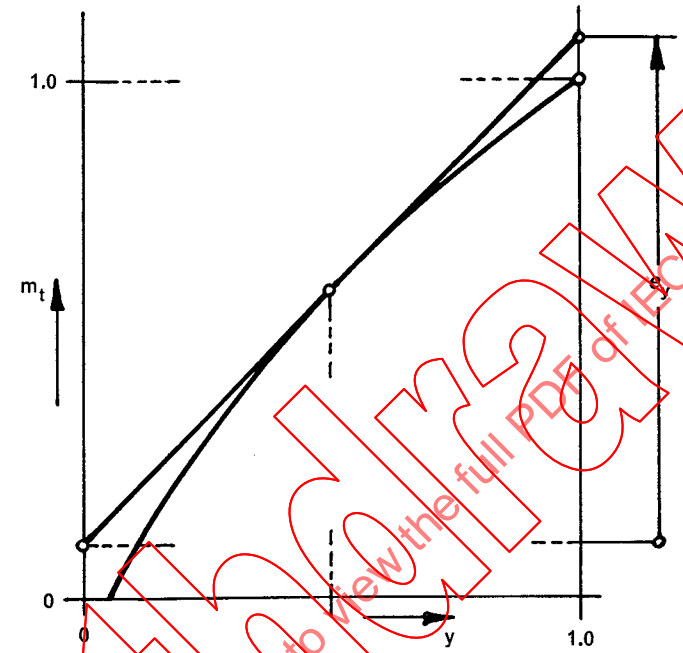


FIGURE 16b

Terme	Définition	Symbole pour		
		Gran- deur	Unité	Valeur relative
5.5	<i>Comportement sous de grandes perturbations</i>			
5.5.1	Temps minimal de fer- meture du servomoteur	T_f	s	
5.5.2	Temps minimal d'ou- verture du servomoteur	T_g	s	
5.5.3	Temps de fermeture ralentie	T_h	s	
5.5.4	Force du servomoteur	F	N	
5.5.5	Travail de réglage du servomoteur	$F.Y_M$	$J = N \cdot m.$	
5.6	<i>Termes relatifs à l'ins- tallation réglée</i>			
5.6.1	Installation réglée			
5.6.2	Puissance fournie par l'alternateur	P	W	P/P_r
5.6.3	Ecart de puissance	ΔP	W	$\Delta P/P_r$
5.6.4	Ecart de couple	ΔM	W/rad/s	m
5.6.5	Temps caractéristique de l'inertie mécanique du groupe	T_a	s	
5.6.6	Temps caractéristique de l'inertie mécanique de la charge	T_b	s	

Term		Definition	Symbol for the		
			Quan- tity	Unit	Relative quantity
5.5	<i>Performance under major disturbances</i>				
5.5.1	Minimum servomotor closing time	The elapsed time for one closing servomotor stroke at maximum closing velocity. (See Figure 16a, page 35.)	T_f	s	
5.5.2	Minimum servomotor opening time	The elapsed time for one opening servomotor stroke at maximum opening velocity.	T_g	s	
5.5.3	Cushioning time	The elapsed time during which the rate of servomotor travel is retarded beginning at a specified servomotor position to full closed position. (See Figure 16a).	T_h	s	
5.5.4	Servomotor force	The net opening and/or closing force generated by the servomotor when supplied with oil at the minimum specified pressure. When penstock water pressure is used to provide the closing force, the head must be stated at which the servomotor shall be rated. For spring operated servomotors it is the net force exerted by the servomotor when the spring is at its maximum extended position.	F	N	
5.5.5	Servomotor capacity	Product of the maximum servomotor stroke and the force as described under Sub-clause 5.5.4.	$F \cdot Y_M$	$J = N \cdot m$.	
5.6	<i>Terms relating to the controlled system</i>				
5.6.1	Controlled system	The system controlled by the governing system consisting of the hydraulic turbine, its water supply and discharge passages, the generator with voltage regulator and the electric power network to which it is connected.			
5.6.2	Power output of the generator	Instantaneous value of the electrical power output at the generator terminals. It may be expressed in relative values by its ratio to the guarantee output of the unit P_r as stated on the nameplate of the unit.	P	W	P/P_r
5.6.3	Power output deviation	The variation of the power from an arbitrarily assumed reference power output P_o . The value $(P-P_o)$ is called the power output deviation (ΔP).	ΔP	W	$\Delta P/P_r$
5.6.4	Torque deviation	Power output deviation divided by instantaneous angular speed.	ΔM	W/rad/s	m
5.6.5	Unit acceleration constant	The ratio of the angular momentum of the unit to the guarantee torque.	T_a	s	
5.6.6	Load acceleration constant	The ratio of the angular momentum, caused by the network referred to the guarantee torque of the unit.	T_b	s	

Terme	Définition	Symbole pour		
		Grandeur	Unité	Valeur relative
5.6.7	Coefficient de couple de la turbine A une position donnée du servomoteur, pente de la courbe représentant le couple m_t de la turbine, à vitesse et hauteur de chute constantes, en fonction de la position y du servomoteur (voir figure 17). $e_y = \frac{dm_t}{dy}$			e_y
				
FIGURE 17				
5.6.8	Caractéristique de statisme vitesse/puissance Caractéristique représentant la vitesse relative en fonction de la puissance relative quand le régulateur est en équilibre et le signal de commande constant.			
5.6.9	Coefficient de statisme permanent vitesse/puissance Pente de la caractéristique de statisme vitesse/puissance en un point de fonctionnement spécifié. $e_p = \frac{-dx}{dp}$			e_p
5.6.10	Coefficient global de statisme permanent vitesse/puissance Différence entre les vitesses relatives lues sur la caractéristique de statisme vitesse/puissance à puissance nulle et à la puissance garantie, pour un signal de commande spécifié.			e_s

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.6.7 Turbine control transmission ratio	At a considered servomotor position, the slope of the graph relating the turbine torque m_t at constant speed and head to servomotor movement y. (See Figure 17.) $e_y = \frac{dm_t}{dy}$			e_y
				
FIGURE 17				
5.6.8 Speed regulation graph	A graph showing the relative speed as a function of the relative power, when the governor is in equilibrium and the command signal is constant.			
5.6.9 Permanent speed regulation	Slope of the speed regulation graph at a specific point of operation. $e_p = \frac{-dx}{dp}$			e_p
5.6.10 Maximum power change speed regulation	Difference between the relative speeds read from the speed regulation graph at zero power and guarantee power, for a specified command signal.			e_s

Terme	Définition	Symbole pour		
		Grandeur	Unité	Valeur relative
5.6.11	Coefficient d'autorégulation de l'installation réglée			e_n

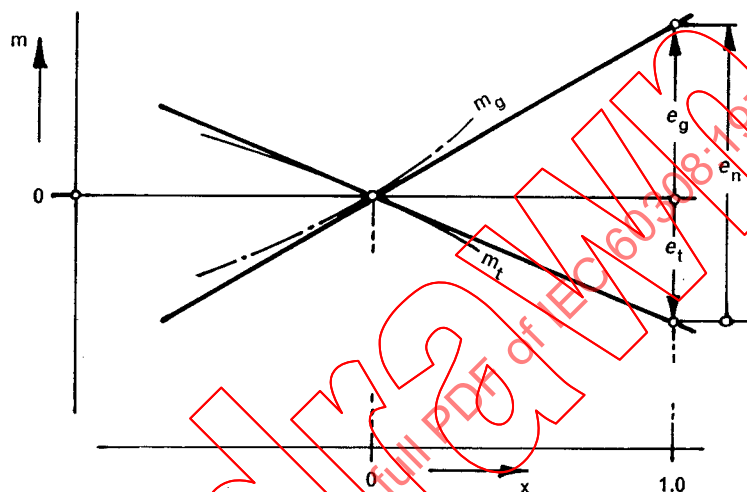
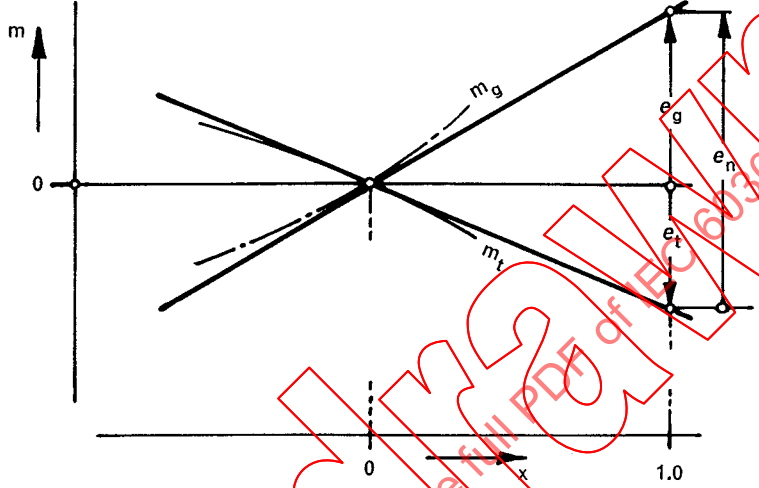


FIGURE 18

5.6.12	Coefficient d'autorégulation de la turbine	Composante de e_n due à la turbine $e_t = \frac{dm_t}{dx}$ P_r et ω_N ont les mêmes valeurs que celles utilisées pour déterminer e_n (voir figure 18).		e_t
5.6.13	Coefficient d'autorégulation de la charge	Composante de e_n due à la charge $e_g = \frac{dm_g}{dx}$ P_r et ω_N ont les mêmes valeurs que celles utilisées pour déterminer e_n (voir figure 18).		e_g
5.6.14	Coefficient caractéristique de la charge du réseau	Coefficient exprimant le rapport des variations relatives du couple dû à la charge à celles de la vitesse. Les variations de puissance, ΔP , doivent être rapportées à la puissance réelle, P_1 , absorbée par le réseau. En pratique, la constante, e_b , est obtenue par la formule: $e_b = \frac{\Delta P/P_1}{x} - 1$		e_b

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.6.11	Controlled system self-regulation factor At the speed considered, the slope of the graph relating the total torque to the speed at a specified servomotor position and a specified load condition of the network. The torque is to be referred to guarantee torque P_r/ω_N the speed referred to the guarantee speed ω_N . (See Figure 18.)			e_n
 FIGURE 18				
5.6.12	Turbine self-regulation factor The component of e_n due to the turbine $e_t = \frac{dm_t}{dx}$ P_r and ω_N are the same values as used to determine e_n . (See Figure 18.)			e_t
5.6.13	Load self-regulation factor The component of e_n due to the load $e_g = \frac{dm_g}{dx}$ P_r and ω_N are the same values as used to determine e_n . (See Figure 18.)			e_g
5.6.14	Network load characteristic The coefficient expressing the ratio of relative torque variation of the load to the relative speed variations. The value to which the power variations, ΔP , to be referred is the actual power, P_1 , absorbed by the network. For practical purposes, the constant, e_b , is obtained from the formula: $e_b = \frac{\Delta P/P_1}{x} - 1$			e_b

Terme	Définition	Symbole pour		
		Grandeur	Unité	Valeur relative
5.6.15	Temps caractéristique d'onde Temps nécessaire aux ondes de pression pour parcourir deux fois la longueur de la conduite forcée: $T_r = 2 \sum \frac{L}{a}$ où: a = célérité des ondes dans chaque section de la conduite forcée L = longueur de chaque section de conduite forcée	T_r	s	
5.6.16	Temps caractéristique de l'inertie hydraulique Dans les conditions garanties, temps caractéristique dû à l'inertie de l'eau dans les ouvrages hydrauliques défini par: $T_w = \frac{Q_r}{gH_r} \sum \frac{L}{A}$ où: A = surface de chaque section L = longueur correspondante Q_r = débit garanti H_r = hauteur de chute garantie g = accélération de la pesanteur	T_w	s	
5.6.17	Chiffre caractéristique de la conduite forcée (constante d'Allievi) Rapport du temps caractéristique de l'inertie hydraulique, T_w , au temps caractéristique d'onde, T_r , dans les conditions garanties: $h_w = \frac{T_w}{T_r}$			h_w
5.6.18	Variation maximale instantanée de vitesse Variation maximale instantanée de vitesse consécutive à une variation brusque de charge de valeur spécifiée.		tr/min rad/s Hz	
5.6.19	Variation maximale instantanée de pression Variation maximale instantanée de pression consécutive à une variation brusque de charge de valeur spécifiée.	ΔH	N/m ²	

Term	Definition	Symbol for the		
		Quantity	Unit	Relative quantity
5.6.15 Penstock reflection time	The time required for the pressure waves to travel two lengths of the penstock: $T_r = 2 \sum \frac{L}{a}$ where: a = velocity of wave propagation in each section of the penstock L = length of each penstock section	T_r	s	
5.6.16 Water inertia time	A characteristic time at guarantee conditions due to inertia of the water in the water passages defined as: $T_w = \frac{Q_r}{gH_r} \sum \frac{L}{A}$ where: A = area of each section L = corresponding length Q_r = guarantee discharge H_r = guarantee head g = acceleration due to gravity	T_w	s	
5.6.17 Water hammer number (Allievi constant)	The ratio of water inertia time, T_w, to penstock reflection time, T_r, at guarantee conditions. $h_w = \frac{T_w}{T_r}$			h_w
5.6.18 Maximum momentary speed variation	The maximum momentary change of speed, when a specified load is suddenly changed.		rev/min rad/s Hz	
5.6.19 Maximum momentary pressure variation	The maximum momentary pressure variation, when a specified load is suddenly changed.	ΔH	N/m ²	

CHAPITRE III — NATURE ET ÉTENDUE DES GARANTIES TECHNIQUES

6. Généralités

Un contrat peut spécifier un ou plusieurs des points suivants:

- a) Valeurs des fonctions caractéristiques ou domaines de valeurs de ces fonctions qui déterminent uniquement le comportement du régulateur. Ces garanties sont données par le constructeur du régulateur.
- b) Garanties concernant la régulation de l'installation réglée.
- c) Garanties concernant la vitesse et la pression dans la conduite forcée en relation avec de brusques décharges ou prises de charge.
- d) Le comportement dynamique du régulateur et de l'installation réglée par les méthodes de réponses harmonique (voir annexe).

7. Caractéristiques des installations réglées

Chaque fois que des garanties doivent être données conformément aux points b) et c) de l'article 6, le client doit fournir les données nécessaires au calcul du comportement en régulation de l'installation réglée. En général, de telles données, fournies pour chaque régime de fonctionnement spécifié pour lequel les garanties doivent être données, devraient comprendre:

		Paragraphes
— le coefficient d'autoréglage de l'installation réglée	e_n	(5.6.11)
— le temps caractéristique de l'inertie mécanique du groupe	T_a	(5.6.5)
— le temps caractéristique de l'inertie mécanique de la charge	T_b	(5.6.6)
— le temps caractéristique de l'inertie hydraulique	T_w	(5.6.16)
— le coefficient de couple de la turbine	e_y	(5.6.7)
— le temps caractéristique d'onde	T_r	(5.6.15)

Des diagrammes donnent le débit d'eau en fonction de

1. la position relative du servomoteur à vitesse de rotation constante;
2. la vitesse relative à position de servomoteur constante.

Des informations complètes concernant les ouvrages hydrauliques amont et aval et les niveaux relatifs à la turbine, la cheminée d'équilibre, les conduites de dérivation, les branchements, les autres unités de la centrale, etc.

8. Caractéristiques d'un régulateur de vitesse pouvant être soumises à garantie

Cet article est relatif au point a) de l'article 6.

8.1 Les garanties concernant

- la plage de variation du signal de commande;
- le travail de réglage du servomoteur;
- la plage de variation du statisme permanent vitesse/course;
- la plage de variation du statisme transitoire vitesse/course;
- la plage de variation du statisme permanent vitesse/puissance;

sont satisfaites si la valeur mesurée dans les conditions spécifiées est égale ou supérieure à la valeur garantie ou peut être ainsi ajustée.

CHAPTER III — NATURE AND EXTENT OF TECHNICAL GUARANTEES

6. General

A contract may specify one or more of the following:

- a) Values of characteristic functions or ranges of values of such functions which determine only the governing system behaviour. These guarantees are given by the supplier of the governing system.
- b) Guarantees concerning the governing of the controlled system.
- c) Guarantees concerning speed and penstock pressure associated with sudden rejection or addition of load.
- d) The dynamic behaviour of the governing and controlled system by harmonic response methods (see appendix).

7. Characteristics of the controlled systems

Whenever guarantees are to be given in accordance with items *b)* and *c)* of Clause 6, the purchaser must supply adequate data for the calculation of governing phenomena of the controlled system. Generally, such data, supplied for each specified operating mode and condition for which the guarantees are to be given, should cover:

	Sub-clause
— the controlled system self-regulation factor	e_n (5.6.11)
— unit acceleration constant	T_a (5.6.5)
— load acceleration constant	T_b (5.6.6)
— the water inertia time	T_w (5.6.16)
— the turbine control transmission ratio	e_y (5.6.7)
— the penstock reflection time	T_r (5.6.15)

Graphs showing water flow as a function of

1. relative servomotor position at constant speed;
2. relative speed at constant servomotor position.

Complete information concerning upstream and downstream water passages and levels relative to the turbine, surge tank, branch conduits, cross connections, other units in the plant, etc.

8. Characteristics of a speed governing system which may be subject to guarantee

This clause is related to section *a)* of Clause 6.

8.1 The guarantees concerning

- command signal range;
- servomotor capacity;
- permanent speed droop range;
- temporary speed droop range;
- permanent speed regulation range;

are met if the measured value under specified conditions equals or exceeds the guaranteed value or can be so adjusted.

- 8.1.1 Pour tout régulateur, les statismes permanents vitesse/course et vitesse/puissance ont des actions qui s'excluent mutuellement. En conséquence, l'un ou l'autre peut faire l'objet d'une garantie, mais pas les deux.

8.2 *Les garanties concernant*

- les temps de fermeture et d'ouverture du servomoteur;
- le temps de fermeture ralentie;
- la constante de temps de la réaction transitoire;
- le temps de dosage de dérivation;
- le temps caractéristique du servomoteur;
- le temps caractéristique de la promptitude;

sont satisfaites si la valeur mesurée dans les conditions précisées se trouve à l'intérieur du domaine spécifié au contrat, ou peut être ainsi ajustée.

8.3 *Les garanties concernant*

- les zones mortes;
- les imprécisions;
- le temps mort;

sont satisfaites si la valeur mesurée dans les conditions spécifiées n'excède pas la valeur garantie.

9. **Garanties concernant la régulation de l'installation réglée**

Les garanties données par le fournisseur du régulateur en accord avec le point *b)* de l'article 6 sont satisfaites si les valeurs mesurées ne diffèrent pas de celles données au contrat dans un sens défavorable.

Si les garanties ne sont pas satisfaites, des mesures appropriées seront faites pour vérifier si les caractéristiques influentes de l'installation réglée correspondent aux valeurs et données fournies par le client conformément à l'article 7.

Si les valeurs mesurées des caractéristiques de l'installation réglée ou leur effet global diffèrent des données fournies par le client dans un sens opposé à l'obtention des garanties, ces dernières ne sont plus applicables.

10. **Garanties concernant les variations de vitesse et de pression**

Les garanties données par le fournisseur du régulateur en accord avec le point *c)* de l'article 6 sont relatives aux variations de vitesse et de pression consécutives à une brusque décharge ou prise de charge. Ces garanties sont satisfaites si les valeurs correspondantes des variations de vitesse et de pression n'excèdent pas celles données au contrat. Si les garanties ne sont pas respectées, les conclusions des derniers alinéas de l'article 9 devront être appliquées.

11. **Durée limite des garanties**

Sauf accord contraire, les garanties proposées et données resteront continuellement en vigueur pendant un minimum de douze mois jusqu'à un maximum de vingt-quatre mois depuis la date reconnue à laquelle le régulateur est mis en exploitation commerciale.

- 8.1.1 For any governing system, the permanent speed droop and the permanent speed regulation are mutually exclusive adjustments. Consequently, one or the other may be subject to guarantee, but not both.

8.2 *The guarantees concerning*

- servomotor closing time and opening time;
- servomotor cushioning time;
- time constant of the damping device;
- derivative time constant;
- servomotor response time;
- promptitude time constant;

are met if the measured value under stipulated conditions lies within a range specified by contract, or can be so adjusted.

8.3 *The guarantees concerning*

- deadbands;
- inaccuracies;
- deadtime;

are met if the measured value under specified conditions does not exceed the guaranteed value.

9. **Guarantees for the governing of the controlled system**

Guarantees given by the supplier of the governing system according to item *b)* of Clause 6 are met if the measured values do not differ from those given in the contract in an adverse sense.

If the guarantees are not met, appropriate measurements shall be made to ascertain whether the relevant characteristics of the controlled system comply with the values and data given by the purchaser according to Clause 7.

If the measured values of the controlled system characteristics or their overall effect differ from those given by the purchaser in a sense adverse to the fulfillment of the guarantees, the latter are no longer applicable.

10. **Guarantees concerning speed and pressure variations**

Guarantees given by the supplier of the governing system according to item *c)* of Clause 6 are concerned with speed and pressure variations associated with specified sudden rejection or addition of load. These guarantees are met if the corresponding values of speed and pressure variations do not exceed those given in the contract. If the guarantees are not met, the stipulations in the final sections of Clause 9 shall apply.

11. **Limiting period of guarantees**

Unless otherwise agreed, the guarantees offered and given shall be in force continuously for a minimum of twelve months to a maximum of twenty-four months from the agreed day on which the governing system is taken into commercial operation.

CHAPITRE IV — CONDITIONS A REMPLIR POUR LES ESSAIS

12. Dispositions à prévoir pour les essais

Au moment de l'étude de l'installation il est recommandé que l'attention soit portée sur les dispositions à prévoir en vue des essais. Les conditions d'essais devraient être envisagées lorsque le client probable, ou ses ingénieurs, soumet un appel d'offres à des fournisseurs possibles. L'importance des essais à effectuer conformément aux exigences de ce code sera indiquée au contrat.

13. Ecart admissible par rapport aux valeurs contractuelles

Il est important que les valeurs contractuelles sur lesquelles reposent les garanties soient respectées le plus fidèlement possible. Les écarts relatifs, par rapport à ces valeurs, tolérables pour l'exécution d'un essai de réception de régulateur, sont spécifiés à l'article 14.

14. Ecart des valeurs moyennes par rapport aux conditions de fonctionnement spécifiées

14.1 *Vitesse*

Si les essais de réception ne peuvent pas être exécutés à la vitesse contractuelle, l'écart tolérable par rapport à cette valeur et les conséquences qu'il entraîne sur les résultats des essais de réception devront faire l'objet d'un accord préalable aux essais.

14.2 *Groupe générateur d'huile sous pression*

14.2.1 *Pression*

Les essais de réception effectués sur un régulateur installé en centrale, la turbine étant en marche ou à l'arrêt, doivent être exécutés à la pression d'huile contractuelle; pour les essais réalisés dans les ateliers du constructeur du régulateur, étant donné l'absence d'effort de réglage demandé par la turbine, la pression d'huile du dernier étage d'amplification du régulateur peut être réduite en conséquence après démonstration d'un fonctionnement satisfaisant à la pression contractuelle. Cette réduction de la pression d'huile fera l'objet d'un accord mutuel avant l'exécution des essais.

14.2.2 *Qualité et température de l'huile*

Les essais de réception doivent être réalisés avec une huile de qualité prescrite par le constructeur ou approvisionnée par le client avec l'accord du constructeur.

Durant les essais, la température de l'huile doit correspondre aux conditions normales de fonctionnement ininterrompu et rester dans les limites indiquées par le constructeur de régulateur.

La température considérée ici est celle de l'huile d'alimentation à haute pression mesurée aussi près que possible du régulateur.

Les prescriptions du constructeur du régulateur concernant l'absence d'émulsion et de corps étrangers dans l'huile seront strictement observées.

CHAPTER IV — TEST CONDITIONS TO BE FULFILLED

12. Adequate provision for test

It is recommended that when the plant is being designed, attention be given to provisions for testing. The test conditions should be considered when the intending purchaser, or his engineers, submit an inquiry to possible suppliers. The extent to which tests are to be performed in accordance with the requirements of this code shall be stated in the contract.

13. Permissible deviation from specified values

It is important that specified values stated in the contract, upon which stated guarantees are based, be adhered to as closely as possible. The relative deviations from specified values under which it is permissible to make a governing system acceptance test are specified in Clause 14.

14. Deviation of average values from specified operating conditions

14.1 Speed

If acceptance tests cannot be performed at the specified speed, the permissible deviation from the specified speed and its effect on the acceptance test results shall be agreed prior to tests.

14.2 Oil hydraulic system

14.2.1 Pressure

Acceptance tests, performed on a governing system installed at site with the turbine running or at a standstill, must be performed with the oil pressure as specified in the contract; for tests performed in the shops of the governor manufacturer, because of the absence of regulating force required by the turbine, the oil pressure of the last amplification stage of the governing system may be reduced correspondingly after demonstrating satisfactory operation at the specified pressure. This reduction in oil pressure shall be mutually agreed upon prior to the conduct of the tests.

14.2.2 Oil quality and temperature

Acceptance tests shall be performed with an oil quality prescribed by the supplier or provided by the purchaser with the approval of the supplier.

Oil temperatures during the tests shall correspond to normal sustained operating conditions and lie within a range indicated by the governing system manufacturer.

The oil temperature herein referred to is that of the high pressure oil supply measured within or as close as possible to the governing system.

The prescriptions of the governing system manufacturer regarding absence of foam and foreign matter in the oil shall be strictly observed.

14.3 Sources électriques

Si les dispositifs de mesure et/ou d'adaptation sont constitués par des réseaux d'impédances électriques alimentés par un alternateur à excitation constante entraîné par l'arbre, cet alternateur peut être remplacé pour les essais par une source de courant alternatif dont la fréquence et la tension correspondent à celles de l'alternateur à excitation constante à la vitesse nominale. L'écart de tension sera inférieur à 5 % de sa valeur nominale. La distorsion d'harmoniques sera inférieure à 5 % du fondamental à moins qu'il en soit spécifié autrement dans le contrat.

Les autres tensions auxiliaires doivent être maintenues au cours de l'essai à leurs valeurs nominales à $\pm 10\%$ près.

14.4 Turbine

Pour les essais de réception réalisés sur les régulateurs de vitesse installés en centrale, et sauf exceptions indiquées plus loin ou faisant l'objet d'un accord mutuel:

- a) La hauteur de chute de fonctionnement de la turbine doit être comprise dans les limites spécifiées au contrat de la turbine, dans le cas contraire la méthode de correction devrait faire l'objet d'un accord.
- b) Le niveau aval et la puissance de la turbine pendant les essais doivent être tels que le coefficient de cavitation (σ) ne soit pas plus petit que la limite inférieure garantie ou recommandée par le constructeur de la turbine.
- c) En régime établi, la puissance de la turbine ne doit pas différer de la valeur contractuelle de plus de $\pm 1,5\%$ de la puissance nominale.

15. Fluctuations pendant un essai individuel

Pour les essais réalisés à vitesse de rotation et pression d'huile constante, les fluctuations de la source de vitesse et de la pression d'alimentation en huile ne doivent pas dépasser les limites suivantes au cours d'un essai individuel:

- a) vitesse $\pm 0,1\%$ pour les mesures en régime établi;
- b) pression $\pm 10\%$ de la pression d'huile moyenne;

sauf exceptions indiquées plus loin ou faisant l'objet d'un accord mutuel.

14.3 *Electrical sources*

If the measuring and/or damping systems are arranged as electrical impedance networks fed from a shaft driven, fixed excitation generator, the generator can be replaced for the tests by an a.c. source whose frequency and voltage correspond to those of the fixed excitation generator at normal speed. The voltage deviation shall be less than 5% of its rated value. The harmonic content shall be less than 5% of the fundamental unless otherwise specified by contract.

Other auxiliary voltages shall be maintained during the test within $\pm 10\%$ of their rated values.

14.4 *Turbine*

For acceptance tests performed on speed governing systems installed at site, except as may be noted hereinafter or otherwise permitted by mutual agreement:

- a) Operating head on the turbine shall be within the limits specified in the turbine contract, otherwise the method of correction should be agreed upon.
- b) Tailwater elevation and test power outputs of the turbine shall be such that the cavitation factor (σ) is not less than the lower limit of the turbine manufacturer's guarantee or recommendation.
- c) Steady-state power output of the turbine shall not deviate from the specified value by more than $\pm 1.5\%$ of rated output.

15. **Fluctuations during individual test runs**

For tests performed under conditions of constant speed and constant oil pressure, the fluctuations of the speed source and supply oil pressure shall not exceed the following limits during an individual run:

- a) speed $\pm 0.1\%$ for measurements under steady-state conditions;
- b) pressure $\pm 10\%$ of average oil pressure;

except as may be noted hereinafter or otherwise permitted by mutual agreement.

CHAPITRE V — MODALITÉS D'EXÉCUTION DES ESSAIS

16. Personnel

Le choix du personnel dirigeant les essais et les opérations s'y rapportant est de la plus grande importance.

16.1 Autorité pour les essais

Sauf clause contraire prévue dans le contrat, les deux parties auront des droits égaux pour la détermination des méthodes et du mode d'exécution des essais ainsi que pour le choix du personnel d'essai.

16.2 Chef d'essai

Un chef d'essai peut être désigné d'un commun accord entre les deux parties. Il doit exercer son autorité sur tous les observateurs. Il doit conduire et surveiller les essais et rendre compte des conditions d'exécution. Il doit être responsable de toutes les mesures, du calcul des résultats et de la préparation du rapport final. Pour toutes les questions se rapportant aux essais et à leur exécution, sa décision doit être définitive.

16.3 Expérience

Tous les membres de l'équipe d'essai doivent avoir l'expérience nécessaire pour leur permettre de noter de façon précise et sûre les indications des appareils qui leur sont confiés.

16.4 Observateurs

Le client et le fournisseur du régulateur doivent être habilités à faire venir les membres de leur personnel qu'ils jugent nécessaires pour être assurés que les essais sont exécutés et les observations faites conformément à ce code et aux accords passés préalablement aux essais.

17. Directives pour les essais

Tous les dessins nécessaires à l'exécution des essais et toutes les données, documents, spécifications, certificats et rapports concernant les conditions de fonctionnement doivent être mis à la disposition du personnel d'essai. Lorsqu'un essai de réception doit être effectué sur un régulateur installé en centrale et que les garanties concernant les caractéristiques de réglage précises du groupe turbo-alternateur sont à contrôler, l'ensemble du personnel d'essai devra avoir communication ou accès aux renseignements complets relatifs à la turbine, à son système d'alimentation en eau (conduite forcée, galerie en charge, etc.) et à l'alternateur, avec son régulateur de tension et le réseau auquel il est connecté.

17.1 Inspection sur place

Si les essais de réception sont réalisés en centrale avec le groupe en service, le matériel doit être inspecté trois jours au plus avant le début des essais, sauf clause contraire prévue au contrat. L'objet de cette inspection est de vérifier que :

- a) le régulateur est complet conformément aux spécifications;
- b) toutes les échelles correspondent aux mesures réellement faites;
- c) les ouvrages hydrauliques de la turbine ne sont pas obstrués ou encombrés de corps étrangers;
- d) les parties essentielles n'ont pas subi d'usure anormale;
- e) toutes les prises de mesure sont exemptes d'obstruction, correctement constituées et placées.

CHAPTER V — TEST PROCEDURE

16. Personnel

The selection of personnel to conduct the tests and operations in connection therewith are matters of prime importance.

16.1 *Authority for the tests*

Unless otherwise provided in the contract, both parties shall have equal rights in determining the test methods and procedures and in selecting the test personnel.

16.2 *Chief of test*

A chief of test may be appointed by agreement between the two parties. He shall exercise authority over all observers. He shall conduct and supervise the tests and report on operating conditions. He shall be responsible for all measurements, computation of results and the preparation of the final report. On any question pertaining to the tests or their execution, his decision shall be final.

16.3 *Experience*

All members of the testing staff shall have the necessary experience to enable them to secure accurate and reliable records from the instruments entrusted to them.

16.4 *Observers*

The purchaser and the supplier of the governing system shall be entitled to have present such members of their staffs as may be required for them to be assured that the tests are conducted and the observations taken in accordance with this code and with the agreements made prior to the test.

17. Directions for tests

All drawings required for the execution of the tests and all the relevant data, documents, specifications, certificates and reports on operating conditions, shall be placed at the disposal of the test personnel. When an acceptance test is to be performed on a governing system, at site and when guarantees for well defined regulation characteristics or the hydraulic turbine-generator unit are to be checked, all test personnel shall be provided with or have access to full information on the turbine, its water supply system (penstock, pressure tunnel, etc.) and the generator, with its voltage regulator and connected electrical network.

17.1 *Inspection on site*

If the acceptance tests are performed at site with the unit in operation, the equipment shall be inspected not more than three days before the tests are started, unless otherwise specified by contract. The purpose of this is to verify that:

- a) the governing system is complete according to specification;
- b) all scales correspond with actual measurements taken;
- c) the water passages of the turbine are not obstructed or burdened with any foreign materials;
- d) no undue wear has taken place on vital parts;
- e) all measuring connections are clear of obstruction, properly formed and located.

17.2 *Réglages et essais préliminaires*

Avant l'exécution d'essais de réception en centrale, le fournisseur du régulateur doit avoir la possibilité raisonnable d'effectuer les opérations d'examen du matériel, de correction des défauts, de réglage et de mise au point du matériel pour le rendre à son avis susceptible de subir les essais. Il doit être autorisé à faire les observations préliminaires et à procéder aux séries d'essais qui peuvent être jugées nécessaires et appropriées.

17.3 *Mises au point*

Les mises au point des appareils de mesure, du groupe ou du régulateur, ne doivent être effectuées qu'après accord complet entre les parties intéressées à l'essai, en tenant compte de la sécurité et du comportement du matériel et du personnel. Le fournisseur n'est pas habilité à modifier ou à ajuster le matériel ou les conditions d'essai dans un sens modifiant ou annulant le contrat ou d'autres clauses.

18. **Accord sur le programme d'essais**

Toutes les dispositions prises et tous les programmes devraient être soumis aux parties intéressées à l'essai pour examen et accord, conformément aux articles 12 et 16. L'accord ou les objections doivent être donnés par écrit.

18.1 *Essais types*

Pour les régulateurs de type standard ayant des caractéristiques comparables, des rapports d'essais types peuvent être acceptés dans les conditions précisées au contrat.

18.2 *Programme général*

Un essai de réception d'un régulateur de vitesse installé en centrale ne doit pas être exécuté avant que l'équipement n'ait été, après les essais nécessaires, remis au client pour son exploitation commerciale. Le client fixera la date des essais de réception, en tenant compte du fonctionnement de l'installation. Cette date devrait suivre d'aussi près que possible la remise du régulateur au client. Dans tous les cas, sauf accord écrit contraire, un essai de réception doit être exécuté pendant la période de garantie contractuelle.

Le programme général doit comporter les détails concernant les points suivants:

18.2.1 *Etendue et durée probable des essais*

Cela doit comprendre la liste des essais individuels et des points où les mesures doivent être effectuées.

18.2.2 *Nombre d'équipements à essayer*

Il sera indiqué s'il faut essayer un seul ou plusieurs régulateurs de vitesse.

18.2.3 *Détails des mesures*

Les méthodes de mesure à utiliser doivent être indiquées.

18.2.4 *Conditions de fonctionnement*

Sauf exceptions indiquées plus loin, tous les essais doivent être exécutés dans les conditions normales de fonctionnement. Pour une turbine à pales orientables, le mécanisme de commande des pales doit fonctionner normalement. S'il existe un orifice compensateur ou un déchargeur synchrone, ils doivent être mis en fonctionnement normal.

17.2 *Preliminary adjustments and tests*

Prior to acceptance tests performed at site, the supplier of the governing system shall have reasonable opportunity to examine the equipment, to correct defects, make adjustments and to render the equipment suitable in his judgement to undergo test. He shall be allowed to make such preliminary observations and test runs as may be deemed necessary and appropriate.

17.3 *Adjustments*

Adjustments of instruments, of the unit or of the governing system, shall be made only after full agreement is reached between the parties to the test, with due consideration for the safety and performances of the equipment and personnel. The supplier is not empowered to alter or adjust equipment or conditions for test purposes in such a way that contract or other stipulations are altered or voided.

18. *Agreement on test procedure*

All arrangements and plans should be considered and agreed upon by the parties to the test in accordance with Clauses 12 and 16. Consent or objections shall be given in writing.

18.1 *Type tests*

For governing systems of standard type with comparable characteristics, type test reports may be accepted to the extent stipulated in the contract.

18.2 *General program*

An acceptance test of speed governing system installed at site shall not be performed until the equipment, following due test running, has been handed over to the purchaser for commercial operation. The purchaser shall decide, with respect to plant operation on the date of the acceptance test. This should be as soon as possible after the governor is handed over to the purchaser. In any event, except with written agreement to the contrary, an acceptance test shall be performed within the specified warranty period.

The general program shall include particulars concerning the following items:

18.2.1 *Extent and estimated duration of test*

This shall include a statement of the runs and measuring points at which these are to be made.

18.2.2 *Units to be tested*

This shall state whether only one or several speed governing systems are to be tested.

18.2.3 *Details of measurement*

The methods to be used for measurement shall be stated.

18.2.4 *Operating conditions*

Except as may be noted hereafter, all tests shall be performed under normal operating conditions. For an adjustable blade type turbine, the blade control mechanism shall be in normal operation. If a relief valve or synchronous bypass valve is present, they shall be set for normal operation.

Un contrôle de l'installation par des appareils de commande, d'indication, d'enregistrement ou d'intégration courants ou par des appareils de mesure de la centrale, une préparation ou un établissement de graphiques et une surveillance étroite doivent être établis de manière à être assuré que le matériel en essai fonctionne dans les conditions prévues.

18.2.5 *Fourniture des appareils de mesure*

Sauf clause contraire prévue au contrat, le client doit être responsable de la fourniture des appareils de mesure nécessaires. Le rapport final doit indiquer le nom du constructeur et le numéro de série des appareils de mesure et donner une description complète des dispositifs spéciaux ou des modifications apportées aux appareils classiques utilisés pour l'essai de réception.

18.2.6 *Étalonnage des appareils de mesure*

Tous les appareils qui ne peuvent être étalonnés sur place seront accompagnés de certificats d'étalonnage, valables à la date des essais, établis par un organisme officiel agréé par les deux parties. La présentation des certificats d'étalonnage relèvera de la responsabilité de la partie fournissant les appareils. Sauf dispense agréée, de nouveaux étalonnages seront faits après l'exécution des essais. Chacune des deux parties pourra, si elle le désire, assister aux essais d'étalonnage et de réétalonnage.

19. **Attitude en cas de contestation ou de répétition**

Après l'exécution de l'essai, les résultats doivent être calculés provisoirement sur place avant le départ du personnel d'essai. S'il y a une contestation quelconque concernant un essai particulier décrit au chapitre VI, la partie insatisfaite doit avoir le droit de demander que l'essai soit refait. Le fournisseur de l'équipement de régulation doit avoir la possibilité de faire les réglages sur place pour remédier aux insuffisances ou à la non-conformité avec les performances contractuelles, pourvu que les clauses du paragraphe 17.3 soient strictement observées. Si un accord final concernant les résultats d'un tel essai ne peut pas être obtenu, le différend doit être porté devant un arbitre indépendant accepté par les deux parties.

20. **Signature des relevés**

Le relevé d'essai doit être signé par le chef des essais, s'il existe, et par les deux parties pour acceptation de l'essai. Si les résultats n'en sont pas admis, la ou les parties non satisfaites doivent indiquer au-dessus de leurs signatures que le relevé est inacceptable ou sujet à discussion.

Plant control by ordinary operating, indicating, recording or integrating instruments or station meters, preparation or graphical logs and close supervision shall be established to assure that the equipment under test is operating in accordance with the intended conditions.

18.2.5 Provisions of instruments

Unless otherwise specified by contract, the purchaser shall be responsible for obtaining the necessary instruments. The final report shall state the manufacturer and manufacturer's serial number of the instruments and completely describe special devices or modifications to standard instruments used in connection with the acceptance test.

18.2.6 Calibration of instruments

All instruments which cannot be calibrated on site shall carry calibration certificates, valid on the date of the tests, issued by an official institution which is acceptable to both parties. The provision of calibration certificates shall be the responsibility of the party providing the test instruments. Unless omitted by agreement, repeat calibrations shall be made after completion of the tests. Either one or both parties shall, if they so wish, witness calibration and recalibration tests.

19. Action in case of dissatisfaction or repetition

After completion of the test, the results shall be provisionally computed on site before dispersal of the testing staff. If there is any dissatisfaction with a particular test as described in Chapter VI, the dissatisfied party shall have the right to demand a repeat of this test. The supplier of the governing equipment shall have the option of making field adjustments to overcome deficiencies or non-compliance with specified performance, provided the stipulations of Sub-clause 17.3 are strictly observed. If final agreement as to the results of such test cannot be reached, the matter shall be referred to an independent arbitrator acceptable to both parties.

20. Signing of records

The test record shall be signed by the chief of test, if appointed, and by both parties to the test agreement. If the results are not agreed upon, the dissenting party or parties shall indicate over their signature that the record is unacceptable or subject to dispute.

CHAPITRE VI — MÉTHODES DE MESURE

21. Considérations générales

Dans l'étendue stipulée au contrat, les méthodes d'essai prescrites dans ce chapitre doivent être utilisées. Certains essais peuvent être réalisés avec l'alternateur connecté au réseau ou avec le groupe à l'arrêt. Une décision doit être prise pendant la préparation du contrat sur le choix de la méthode à utiliser en essai.

21.1 Mesures de vitesse

Dans le texte de ce code, les termes relatifs à la vitesse se rapportent à la vitesse de rotation de la turbine. La mesure de la fréquence de l'alternateur peut être considérée comme équivalente à celle de la vitesse de rotation réelle de l'arbre de la turbine.

21.2 Mesures des temps de manœuvre du servomoteur principal

La mesure des temps et des vitesses de manœuvre du servomoteur principal devrait être faite de préférence en centrale avec la turbine en fonctionnement et, si possible, sous la hauteur de chute maximale spécifiée.

21.3 Incertitude de mesure

La précision exigée des mesures individuelles dépendra de celle qui est demandée pour les résultats finals. Les chiffres indiqués à la fin de chaque clause et représentant les incertitudes de mesure souhaitables devraient être considérés comme pouvant être obtenus grâce à une sélection d'appareils de mesure appropriés, mais, puisqu'ils peuvent aussi être influencés par les conditions d'essai et d'autres conditions, ils sont seulement donnés à titre indicatif.

22. Mesures relatives aux paramètres caractéristiques décrits à l'article 8

22.1 Plage de variation du signal de commande

Cet essai peut être réalisé

- a) dans l'atelier du constructeur;
- b) en centrale avec la turbine à l'arrêt;
- c) en centrale avec l'alternateur connecté à un réseau de fréquence approximativement constante;
- d) en centrale avec l'alternateur connecté à un réseau dont la fréquence et la charge peuvent varier, comme dans le cas d'une résistance liquide indépendante.

Dans les cas a), b) et c), le détecteur de vitesse devrait être alimenté par un signal provenant d'une source indépendante dont la vitesse, ou le signal de vitesse équivalent, peut être ajustée et maintenue constante avec une précision suffisante dans la totalité de la plage d'essai. Dans le cas d), l'essai peut aussi être fait avec le détecteur de vitesse du régulateur alimenté par sa source normale en faisant varier par l'intermédiaire d'une charge la vitesse de l'installation réglée dans la plage nécessaire, conformément aux dispositions des paragraphes 14.3 et 14.4. Les essais doivent être réalisés à une valeur contractuelle du coefficient de statisme permanent vitesse/course ou vitesse/puissance.

La vitesse maximale n_{oM} est obtenue pour la valeur maximale de l'ordre de commande, le servomoteur étant en position de fermeture totale, et la vitesse n_{ym} pour la valeur minimale de l'ordre de commande, le servomoteur étant en position de pleine ouverture. Il faut mesurer au moins trois points de la caractéristique de statisme vitesse/course supérieure au voisinage immédiat

CHAPTER VI — METHODS OF MEASUREMENT

21. General considerations

To the extent stipulated in the contract, the methods of test prescribed in this chapter shall be used. Some tests can be made with the generator connected to the network or with the machine at standstill. A decision shall be made during the preparation of the contract as to which method shall be used for the test.

21.1 *Measurements of speed*

For the purpose of this code, terms related to the speed refer to the speed of the turbine. The measurement of generator frequency can be considered equivalent to the measurement of the actual rate of turbine shaft rotation.

21.2 *Measurements of main servomotor travel times*

Measurement of main servomotor travel times and velocities preferably should be made at site with the turbine operating and, if possible, at maximum specified head.

21.3 *Measuring inaccuracy*

The required accuracy for individual measurements will depend on the desired accuracy of the end results. The figures stated at the end of each clause for desirable measuring inaccuracies should be regarded as those which might be obtained by proper instrument selection, but, since they may also be influenced by test and other conditions, are intended for guidance only.

22. Measurements concerning the characteristic parameters described in Clause 8

22.1 *Range of the command signal adjustment*

This test may be performed:

- a) in the shop of the manufacturer;
- b) at site with the turbine at standstill;
- c) at site with the generator connected to a network with approximately constant frequency;
- d) at site with the generator connected to a network when the frequency and load can be varied, such as in the case of separate water rheostat.

In cases a), b) and c), the speed measuring element should be supplied with a signal from an independent source whose speed or speed signal equivalent can be adjusted and maintained constant with satisfactory precision over the entire check range. In case d), the test can also be made with the governor speed measuring element supplied from its normal source and by varying the speed of the controlled system over the required range with a load meeting the requirements of Sub-clauses 14.3 and 14.4. The tests are to be conducted with a permanent speed droop or speed regulation setting as specified in the contract.

The maximum speed n_{oM} is obtained for the maximum setting of the command adjustment at the closed position of the servomotor, and speed n_{ym} at the minimum setting of the command adjustment at the full open position of the servomotor. At least three points of the upper speed droop graph must be measured at or close to the closed position of the servomotor piston, and

de la fermeture totale du piston du servomoteur, et au moins trois points de la caractéristique inférieure au voisinage immédiat de la pleine ouverture du piston du servomoteur. Pour la détermination de la partie supérieure de la courbe, la vitesse de la source pilote, initialement réglée à une valeur légèrement inférieure à n_{oM} , est augmentée par petits échelons Δn ; quand le régime établi est atteint, cette vitesse et la position correspondante du piston du servomoteur sont mesurées. Pour la détermination de la partie inférieure de la courbe, la vitesse de la source pilote, initialement réglée à une valeur supérieure à n_{ym} , est réduite par petits échelons Δn ; quand le régime établi est atteint, cette vitesse et la position correspondante du piston du servomoteur sont mesurées. L'intersection de la courbe inférieure avec l'abscisse, $y = 1,0$, correspondant à la pleine ouverture du servomoteur, donne la valeur n_{ym} et l'intersection de la courbe supérieure avec l'abscisse, $y = 0$, correspondant à la fermeture totale du servomoteur, donne la valeur n_{oM} .

Pour tracer la courbe, les valeurs mesurées de la vitesse et de la course du servomoteur peuvent être converties en écart de vitesse, x , et en écart de position du servomoteur y .

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure de la vitesse $f_x = \pm 0,1\%$.

Incertitude de mesure de la course du servomoteur $f_y = \pm 1,0\%$ de la course totale.

22.2 Coefficient de statisme vitesse/course

22.2.1 Caractéristique de statisme vitesse/course

Cet essai peut être réalisé:

- dans l'atelier du constructeur;
- en centrale avec la turbine à l'arrêt;
- en centrale avec l'alternateur connecté à un réseau de fréquence approximativement constante;
- en centrale avec l'alternateur connecté à un réseau dont la fréquence et la charge peuvent varier, comme dans le cas d'une résistance liquide indépendante.

Dans les cas *a)*, *b)* et *c)*, le détecteur de vitesse devrait être alimenté par un signal provenant d'une source indépendante dont la vitesse, ou le signal de vitesse équivalent, peut être ajustée et maintenue constante avec une précision suffisante dans la totalité de la plage d'essai. Dans le cas *d)*, l'essai peut aussi être fait avec le détecteur de vitesse du régulateur alimenté par sa source normale en faisant varier par l'intermédiaire d'une charge la vitesse de l'installation réglée dans la plage nécessaire, conformément aux dispositions des paragraphes 14.3 et 14.4.

Les essais doivent être réalisés avec une valeur du coefficient de statisme vitesse/course et un ordre de commande tels qu'à la vitesse nominale la position du servomoteur soit celle spécifiée dans le contrat.

La vitesse de la source pilote est modifiée en échelons. Quand l'équilibre est obtenu après chaque échelon, cette vitesse et la position correspondante du piston du servomoteur sont mesurées. On doit prendre un nombre de points d'essai suffisant pour établir la forme de la courbe avec un minimum de cinq (5) points entre les deux positions extrêmes du piston du servomoteur dans les sens croissant et décroissant de la vitesse. A partir de ces valeurs, on trace des courbes donnant l'écart de vitesse, x , en fonction de l'écart de position du servomoteur, y , pour les valeurs croissantes et décroissantes de la vitesse en extrapolant jusqu'aux abscisses $y = 0$ et $y = 1,0$.

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure de la vitesse $f_x = \pm 0,25\%$.

Incertitude de mesure de la position du servomoteur $f_y = \pm 1,0\%$.

at least three points of the lower speed droop graph must be measured at or close to the full-open position of the servomotor piston. For the determination of the upper portion of the graph, the speed of the drive, which is initially adjusted slightly below n_{oM} , is increased in small steps Δn ; when steady-state conditions prevail, the adjusted speed and the associated position of the servomotor piston are measured. For the determination of the lower portion of the graph, the speed of the drive, which at the beginning is adjusted above n_{ym} , is decreased in small steps Δn ; when steady-state conditions prevail, the adjusted speed and the associated position of the servomotor piston are measured. The intersection of the lower graph with the full servomotor stroke ordinate, $y = 1.0$, provides the n_{ym} value, and the intersection of the upper graph with zero servomotor stroke ordinate, $y = 0$, the n_{oM} value.

When plotting the graph, the measured values of speed and servomotor stroke can be converted to speed deviation, x , and servomotor deviation y .

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Speed measuring inaccuracy $f_x = \pm 0.1\%$.

Servomotor stroke measuring inaccuracy $f_y = 1.0\%$ of full stroke.

22.2 Speed droop

22.2.1 Speed droop graph

This test may be performed:

- a) in the shop of the manufacturer;
- b) at site with the turbine at standstill;
- c) at site with the generator connected to a network with approximately constant frequency;
- d) at site with the generator connected to a network when the frequency and load can be varied, such as in the case of a separate water rheostat.

In cases a), b) and c), the speed measuring element should be supplied with a signal from an independent source whose speed or speed signal equivalent can be adjusted and maintained constant with satisfactory precision over the entire check range. In case d), the test can also be made with the governor speed measuring element supplied from its normal source and by varying the speed of the controlled system over the required range with a load meeting the requirement of Sub-clauses 14.3 and 14.4.

The tests are to be conducted with speed droop and command adjustments such as to position the servomotor at rated speed as specified in the contract.

The speed of the drive is changed in steps. When equilibrium conditions are obtained after each step change, the speed and the corresponding position of the servomotor piston are measured. Sufficient test points to establish the shape of the curve but not less than five (5) points between the two end positions of the servomotor piston travel with increasing and decreasing speed shall be taken. From these data curves of speed deviation, x , against servomotor deviations, y , for increasing and decreasing speeds are plotted and extended to $y = 0$ and $y = 1.0$ abscissae.

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Speed measuring inaccuracy $f_x = \pm 0.25\%$.

Servomotor position measuring inaccuracy $f_y = \pm 1.0\%$.

22.2.2 Coefficient global de statisme permanent vitesse/course, b_s

Le coefficient global de statisme permanent vitesse/course b_s est calculé par la formule:

$$b_s = x_{00} - x_{10}$$

où:

x_{00} est le signal de vitesse correspondant à $y = 0$

x_{10} est le signal de vitesse correspondant à $y = 1,0$ (figure 7, page 24).

22.2.3 Coefficient de statisme permanent vitesse/course, b_p

Le coefficient de statisme permanent vitesse/course b_p est donné par la pente dx/dy de la tangente à la caractéristique de statisme vitesse/course au point considéré (voir figure 7).

22.2.4 Coefficient de statisme transitoire vitesse/course, b_t

La valeur du coefficient de statisme transitoire vitesse/course, b_t , peut être obtenue de la même façon que celle du coefficient de statisme permanent vitesse/course, b_p , ou vitesse/puissance, e_p , après l'avoir annulé et rendu inefficace l'action d'évanouissement de la réaction transitoire. Cet essai doit être exécuté immédiatement après la mesure du coefficient de statisme permanent vitesse/course décrite au paragraphe 22.2.1.

Lorsqu'il n'est pas possible d'annuler le coefficient de statisme permanent vitesse/course, b_p , ou vitesse/puissance, e_p , la méthode suivante peut être utilisée. Le coefficient de statisme temporaire vitesse/course, b_t , est la différence entre les pentes dx/dy , à une position donnée du piston du servomoteur, des deux caractéristiques de statisme vitesse/course, correspondant à des valeurs inchangées de l'ordre extérieur de commande et du coefficient de statisme permanent vitesse/course ou vitesse/puissance, obtenues respectivement avec l'action d'évanouissement de la réaction transitoire en service et bloquée.

Une méthode différente de mesure de b_t consiste à soumettre l'organe d'entrée de la réaction transitoire, qui est normalement actionné par le servomoteur de vannage ou le servomoteur pilote, à une variation en échelon correspondant à un déplacement, y , du servomoteur. Le signal de sortie de la réaction transitoire est enregistré sur un appareil à vitesse d'enregistrement constante. La valeur de crête du signal de sortie, exprimée en écart de vitesse, sera égale à $b_t y$, expression à partir de laquelle b_t peut être déterminé. (Voir figure 19, page 64.)

Précision de mesure désirable:

Incertitude de mesure de la vitesse $f_x = \pm 0,5\%$.

Incertitude de mesure de la position du servomoteur $f_y = \pm 1,0\%$.

22.3 Constante de temps de la réaction transitoire, T_d

Cet essai peut être réalisé en atelier ou en centrale avec la turbine à l'arrêt. L'organe d'entrée de la réaction transitoire est soumis à un changement rapide de position à partir du régime établi et la course de l'organe de sortie est enregistrée sur un appareil à vitesse d'enregistrement constante.

L'organe de sortie de la réaction transitoire rejoint alors sa position d'équilibre et la constante de temps de la réaction transitoire peut être mesurée sur l'enregistrement qui en résulte (voir figure 19).

22.2.2 Maximum stroke speed droop, b_s

The maximum stroke speed droop b_s is calculated from:

$$b_s = x_{00} - x_{10}$$

where:

x_{00} is the speed signal intercept at $y = 0$

x_{10} is the speed signal intercept at $y = 1.0$ (Figure 7, page 25).

22.2.3 Permanent speed droop, b_p

The permanent speed droop b_p is given by the slope dx/dy of the tangent to the speed droop graph at the considered point. (See Figure 7.)

22.2.4 Temporary speed droop, b_t

The value of temporary speed droop, b_t , may be obtained in the same way as that for the permanent speed droop, b_p , after cancelling the permanent speed droop (or speed regulation e_b) and rendering the return motion of the damping device inactive. This test shall be carried out immediately after the permanent speed droop measurement described in Sub-clause 22.2.1.

Where it is not possible to cancel the permanent speed droop, b_p , (or speed regulation e_b) the following method may be used. The temporary speed droop, b_t , is the difference between the slopes dx/dy , at a given position of the servomotor piston, of the two speed droop graphs, corresponding to an unchanged setting of the external command and permanent speed droop, obtained respectively with the return motion of the damping device active and inactive.

An alternative method for measuring b_t is to subject the input member of the damping device, which is in normal operation actuated by the gate or pilot servomotor, to a step change in position corresponding to a servomotor displacement, y . The output signal of the damping device is recorded on an instrument with constant chart speed. The peak value of the output signal, expressed in terms of speed deviation, will be $b_t y$ from which b_t can be determined. (See Figure 19, page 65.)

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Speed measuring inaccuracy $f_x = \pm 0.5\%$.

Servomotor position measuring inaccuracy $f_y = \pm 1.0\%$.

22.3 Time constant of the damping device, T_d

This test may be carried out in the shop or at site with the turbine at standstill. The input member of the damping device is subjected to a rapid change in position from its steady state condition and the stroke of the output member recorded on an instrument with constant chart speed.

The output member of the damping device is then allowed to return to its neutral position and from the resulting chart recording, the damping device time constant can be measured. (See Figure 19.)

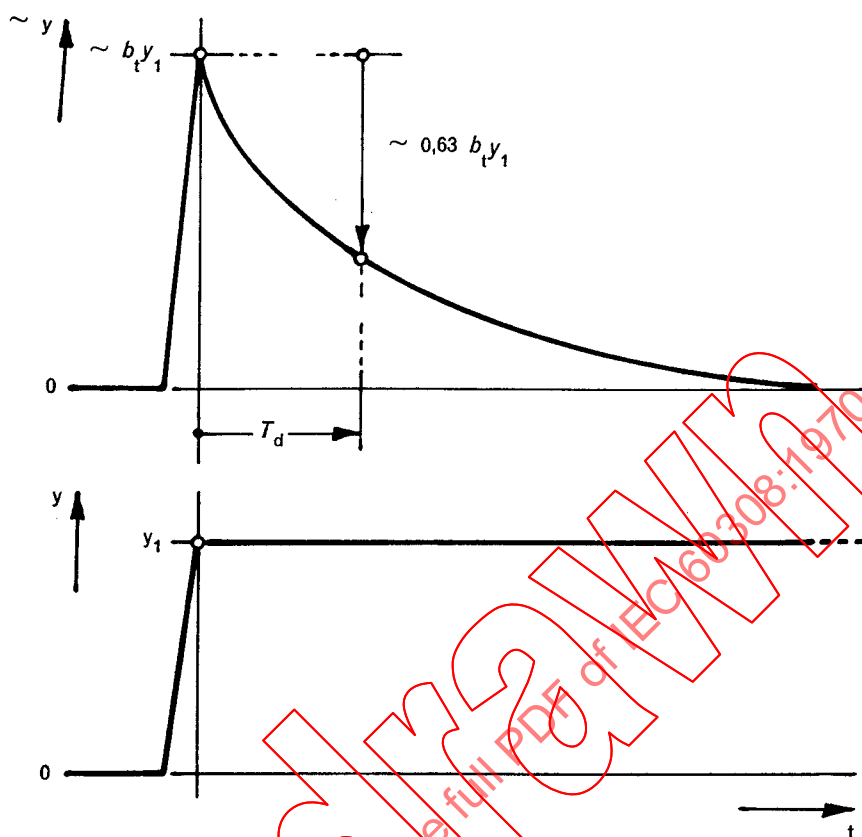


FIGURE 19

La courbe d'évanouissement devrait être exponentielle. Dans ce cas la constante de temps peut être déterminée par la mesure du temps mis par l'organe de sortie pour effectuer 63 % de sa course, entre les positions initiale et finale.

La valeur de T_d retenue est la moyenne arithmétique des valeurs obtenues dans un minimum de quatre mesures, deux dans chaque sens de variation du signal.

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure du temps $f_t = \pm 10\%$.

Incertitude de mesure du signal $f_d = \pm 5\%$.

22.4 Temps de dosage de dérivation, T_n

Cet essai peut être réalisé en atelier ou en centrale avec le groupe en fonctionnement en annulant les coefficients de statisme vitesse/course et vitesse/puissance permanent et *transitoire*. L'équilibre du régulateur est rompu et le retour à l'équilibre peut s'effectuer naturellement. La position du servomoteur et la vitesse de rotation du groupe sont enregistrées simultanément sur un appareil à vitesse d'enregistrement constante connue.

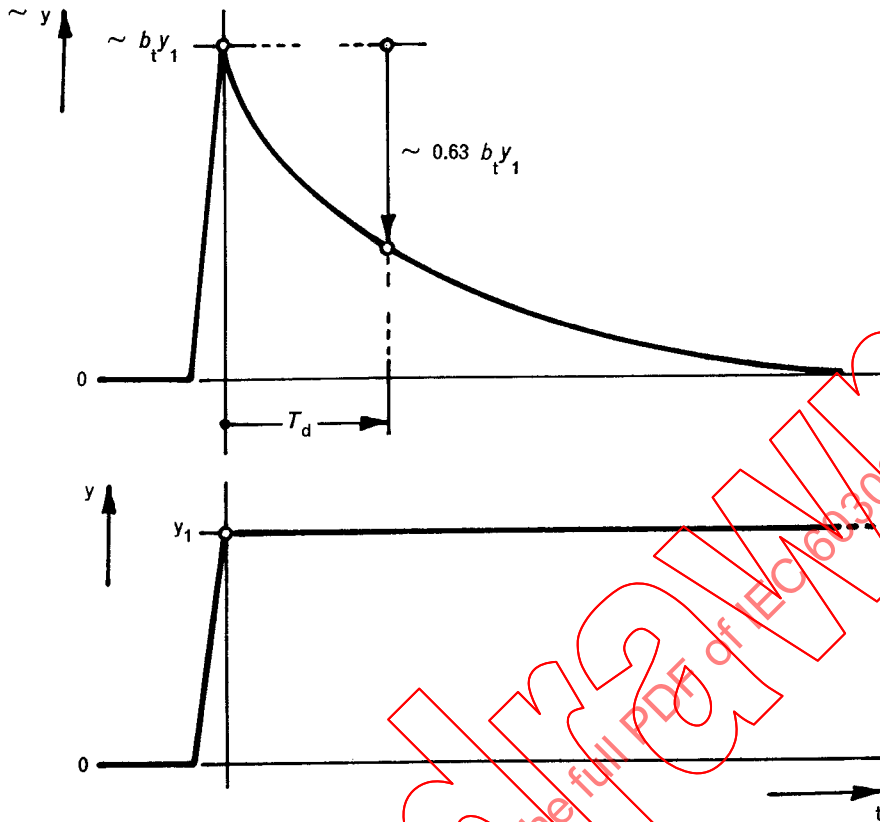


FIGURE 19

The decay curve should be exponential in which case its time constant can be determined by measuring the elapsed time for the output member to move 63 % of its travel between its initial and final positions.

The value of T_d accepted is the arithmetic mean of the values obtained from a minimum of four measurements, two for each direction of signal variation.

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Time measuring inaccuracy $f_t = \pm 10\%$.

Signal measuring inaccuracy $f_d = \pm 5\%$.

22.4 Derivative time constant, T_n

This test may be carried out in the shop or at site with the unit running and with the *temporary speed droop* and the permanent speed droop or regulation cancelled. The governor balance is disturbed and allowed to return to equilibrium in a natural manner. The servomotor position and unit rotational speed are recorded simultaneously with an instrument having constant known chart speed.

A l'instant, t_1 , où le servomoteur passe par une position extrême (maximum ou minimum), la somme du signal de vitesse, x_1 , et du signal d'accélération $T_n (dx/dt)_1$ est nulle, lorsque la valeur de x est l'écart mesuré par rapport à la vitesse au régime établi initial. Le temps, T_n , est obtenu sur le diagramme par la mesure du temps correspondant à la longueur de la sous-tangente à la courbe de vitesse au point de coordonnées t_1, x_1 (le point 1 de la figure 10, page 28).

La valeur T_n est la moyenne arithmétique des valeurs obtenues dans un minimum de quatre mesures, deux dans chaque sens de variation du signal.

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure du temps $f_t = \pm 5,0\%$.

Incertitude de mesure de la vitesse $f_x = \pm 0,25\%$.

22.5 Course maximale du servomoteur, Y_M

Cet essai peut être réalisé soit dans les ateliers du constructeur soit en centrale, la turbine étant dans ce dernier cas en marche ou à l'arrêt.

Pour les servomoteurs du type linéaire, la course maximale est mesurée parallèlement à l'axe du servomoteur. Pour les servomoteurs du type rotatif ou ceux en arc de cercle, la course Y_M est la distance parcourue par le piston le long de l'arc de cercle passant par son centre de gravité.

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure de la course $f_y = \pm 1,0\%$.

22.6 Force du servomoteur, F

Le but de cet essai est de vérifier que la force F développable par le servo-moteur pendant l'ouverture et la fermeture dans les temps minimaux de manœuvre T_f et T_g n'est pas inférieure à la valeur contractuelle.

Lorsque cela est possible (par exemple pour de petits régulateurs), cet essai peut être réalisé dans les ateliers du constructeur en appliquant une charge sous forme de poids au servomoteur, les mesures étant faites par jauges de contrainte, cellule de mesure ou un appareil similaire de précision acceptable. Si les temps de manœuvre minimaux spécifiés peuvent être obtenus avec la charge maximale spécifiée, les clauses du contrat sont alors remplies.

Quand la méthode ci-dessus n'est pas utilisable (par exemple pour de grands régulateurs), la charge doit être fournie par le mécanisme de commande de la turbine et, si nécessaire, l'essai doit être exécuté en centrale.

Pour les servomoteurs à huile à double effet et pour les servomoteurs fermés par pression d'eau, il est normalement suffisant de calculer la force, F , du servomoteur par la formule $(A_1 P_1 - A_2 P_2)$ dans laquelle A_1 et A_2 sont les surfaces effectives du piston et P_1 et P_2 les pressions d'huile (ou d'eau) respectivement à l'admission et à l'échappement du servomoteur.

Pour les servomoteurs utilisant un ressort, la force disponible peut être calculée à partir de l'étalonnage du ressort et de sa compression lorsque le piston du servomoteur est en position de fermeture totale.

Dans le cas où le servomoteur ne serait pas capable de manœuvrer le mécanisme de commande de la turbine dans les temps minimaux spécifiés, T_f et T_g , il peut être nécessaire de mesurer la force du servomoteur en centrale (ou en atelier) par un appareil de mesure d'efforts de précision suffisante.

At the instant, t_1 , when the servomotor passes an extreme (maximum or minimum) the sum of the speed signal, x_1 , and the acceleration signal $T_n (dx/dt)_1$ is zero, where x_1 is measured as a deviation from the initial steady-state speed level. The time constant, T_n , is obtained from the diagram as the time corresponding to the length of the subtangent to the speed curve at t_1 , x_1 , (the point 1 of Figure 10, page 29).

The value T_n is the arithmetic mean of the values obtained from a minimum of four measurements, two for each direction of signal variation.

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Time measuring inaccuracy $f_t = \pm 5.0\%$.

Speed measuring inaccuracy $f_x = \pm 0.25\%$.

22.5 Maximum servomotor stroke, Y_M

This test may be carried out either in the shops of the manufacturer or on the site, with the turbine in the latter case either connected to the network or at standstill.

For linear type servomotors, the maximum stroke is measured parallel to the servomotor axis. For rotary type servomotors, or those which take the form of a circular arc, the stroke Y_M is the distance moved by the piston along the circular arc represented by the axial centre line of the cylinder.

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Stroke measuring inaccuracy $f_y = \pm 1.0\%$.

22.6 Servomotor force, F

The object of this test is to ascertain that the force F available from the servomotor when opening and closing in the minimum travel time T_f and T_g is not less than the value required by the contract.

When practicable (e.g. for small governors), this test may be made in the shops of the manufacturer by applying a dead weight load to the servomotor, with measurements using strain gauges, a load cell, or similar device of acceptable accuracy. If the specified minimum travel times can be achieved against the maximum specified load, then the requirements of the contract are met.

Where the above method is considered impracticable (e.g. for large governors), the load must be provided by the turbine control mechanism and, if necessary, the test must be done at site.

For double acting oil servomotors and for servomotors closed by water pressure, it is normally sufficient to calculate the servomotor force, F , from $(A_1 P_1 - A_2 P_2)$ where A_1 and A_2 are the effective piston areas and P_1 and P_2 are the oil (or water) pressures at the inlet and exhaust sides of the servomotor respectively.

For spring operated servomotors, the force available may be calculated from the spring rating and its compression when the servomotor piston is in the fully closed position.

In the event of failure of the servomotor to operate the turbine control mechanism within the specified minimum servomotor travel time, T_f and T_g , it may be necessary to measure servomotor force at site (or in the shops) by a load measuring device of acceptable accuracy.

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure de la force $f_F = \pm 10\%$.

22.7 Travail de réglage du servomoteur

Cette grandeur est obtenue par le calcul. Le travail de réglage du servomoteur est le produit de la valeur mesurée de la course maximale, Y_M , du piston du servomoteur par la force, F , mesurée ou calculée du servomoteur.

22.8 Temps caractéristique du servomoteur, T_y

Cet essai peut être réalisé en centrale avec l'alternateur connecté au réseau ou avec le groupe à l'arrêt, ou encore dans les ateliers du constructeur pourvu que le servomoteur puisse être chargé comme en fonctionnement normal (voir article et paragraphes 21, 14.2, 21.2, figure 20).

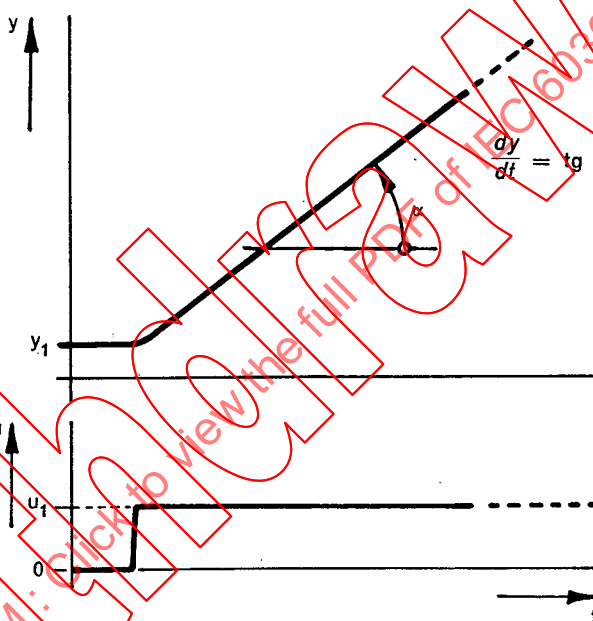


FIGURE 20

Le piston du servomoteur est amené à celle de ses deux positions extrêmes qui permettra ensuite son déplacement dans le sens convenable, par un faible mouvement de la partie mobile de son tiroir de distribution effectué à partir de la position d'équilibre dans le sens convenable. Toutes les réactions provenant du piston du servomoteur et de la puissance doivent être éliminées.

Le tiroir est déplacé dans le sens désiré et le mouvement du piston du servomoteur enregistré sur un appareil à vitesse d'enregistrement constante. La valeur du signal d'entrée est mesurée et la vitesse dy/dt du piston est déterminée sur l'enregistrement (figure 20). La vitesse dy/dt peut être déterminée d'une autre façon en chronométrant, avec une précision suffisante, le temps mis par le piston du servomoteur pour effectuer une partie bien déterminée de sa course entre les deux positions extrêmes. A partir de ces valeurs, la courbe représentant la vitesse dy/dt en fonction du déplacement, u du tiroir de distribution est tracée. Il faudrait mesurer au moins vingt points, dix dans chaque sens de variation de la vitesse du piston du servomoteur.

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Force measuring inaccuracy: $f_F = \pm 10\%$.

22.7 Servomotor capacity

This quantity is obtained by calculation. The work capacity of the servomotor is the product of the measured value of the maximum stroke, Y_M , of the servomotor piston and the measured or calculated force, F , of the servomotor.

22.8 Servomotor response time, T_y

This test may be performed at site with the generator connected to the network and can be performed with turbine at standstill, or in the shops of the manufacturer provided the servomotor can be loaded as when in normal operation (see Clause and Sub-clauses 21, 14.2, 21.2, Figure 20).

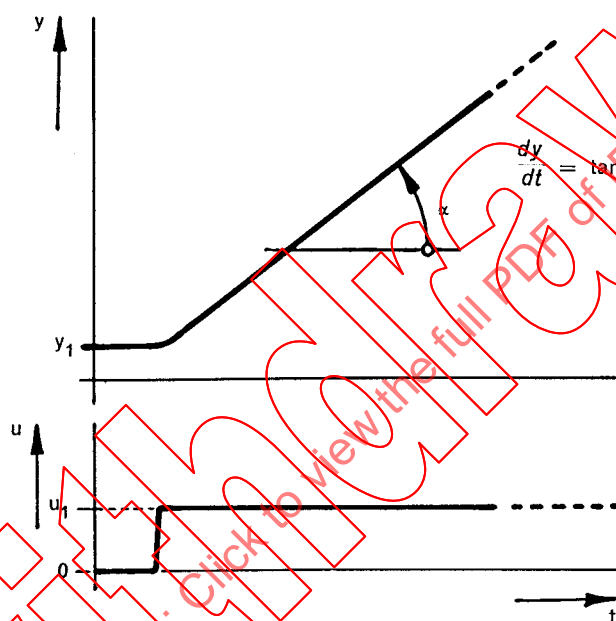


FIGURE 20

The servomotor piston is brought to that one of its two extreme positions which will allow it to be displaced in the desired direction, by a small movement of its control valve plunger in the corresponding direction from the position of equilibrium. All feedback from the servomotor piston and the power output must be made inactive.

The valve plunger is displaced in the desired direction and the movement of the servomotor piston recorded on an instrument with constant chart speed. The value of the input signal is measured and the velocity dy/dt of the piston is determined from the recording (Figure 20). Otherwise the velocity dy/dt can be determined by timing, with suitable precision, the elapsed time for the servomotor piston to move a certain well determined part of its travel between the two extreme positions. From these values, the graph representing the velocity dy/dt in terms of the control valve plunger movement, u , is plotted. At least twenty points should be measured, ten in each direction of the variation of the servomotor piston velocity.

La valeur de T_y est obtenue à partir de la pente de la tangente à cette courbe (voir figure 8, page 26).

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure du temps $f_t = \pm 5,0\%$.

Incertitude de mesure de la course du servomoteur et du tiroir $f_y = \pm 1,0\%$.

22.9 Temps caractéristique de la promptitude, T_x

Cet essai peut être réalisé en centrale avec l'alternateur connecté au réseau ou avec le groupe à l'arrêt, ou encore dans les ateliers du constructeur pourvu que le servomoteur puisse être chargé comme en fonctionnement normal (voir article et paragraphes 21, 14.2, 21.2). Le coefficient de statisme permanent vitesse/course ou vitesse/puissance doit être annulé. Partant d'un régime établi, le signal de vitesse est brusquement changé. Le déplacement résultant, y , du piston est enregistré sur un appareil à vitesse d'enregistrement constante. Voir figure 21. A partir de la pente dy/dt de cette courbe et de l'écart de vitesse, x , on trace la courbe représentant la vitesse dy/dt en fonction de x (figure 9, page 28). Il faudrait mesurer au moins vingt points, dix dans chaque sens de variation de la vitesse du servomoteur. La valeur de T_x est obtenue à partir de la pente de la tangente à cette courbe.

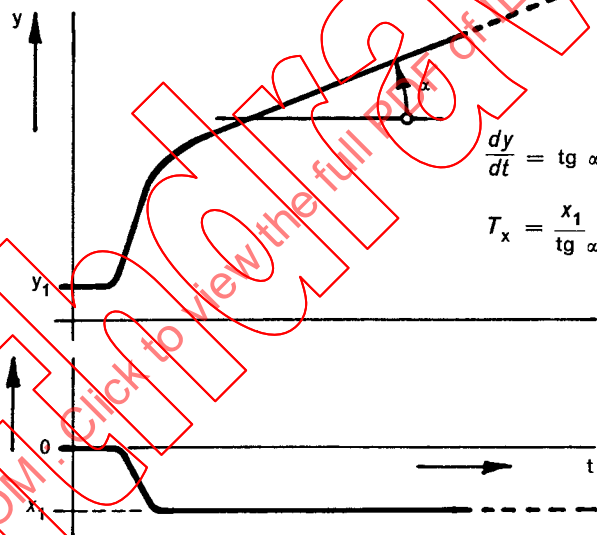


FIGURE 21

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure du temps $f_t = \pm 5,0\%$.

Incertitude de mesure de la vitesse $f_x = \pm 0,25\%$.

Incertitude de mesure de la course du servomoteur $f_y = \pm 5,0\%$.

22.10 Coefficient de statisme vitesse/puissance

22.10.1 Caractéristique de statisme vitesse/puissance

Cet essai peut être réalisé en centrale avec l'alternateur connecté au réseau. Dans ce cas, le détecteur de vitesse du régulateur doit être alimenté par un signal provenant d'une source indépendante dont la vitesse, ou le signal équivalent, peut être ajustée et maintenue constante avec une précision suffisante dans la totalité de la plage d'essai.

The value of T_y is obtained from the slope of the tangent to this curve (see Figure 8, page 27).

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Time measuring inaccuracy $f_t = \pm 5.0\%$.

Servomotor stroke and valve measuring inaccuracy $f_y = \pm 1.0\%$.

22.9 Promptitude time constant, T_x

This test may be performed at site with the generator connected to the network and can be performed with the turbine at standstill or in the shops of the manufacturer provided the servomotor can be loaded as when in normal operation. (See Clause and Sub-clauses 21, 14.2 and 21.2.) Starting from a steady-state condition, the speed signal is quickly changed. The resulting movement, y , of the piston is recorded on an instrument with constant chart speed. See Figure 21. From the slope dt/dy of this graph and the speed deviation, x , plot the curve representing the velocity dt/dy in terms of x (Figure 9, page 29). At least twenty points should be measured, ten in each direction of the variation of the servomotor velocity. The value of T_x is obtained from the slope of the tangent to this curve.

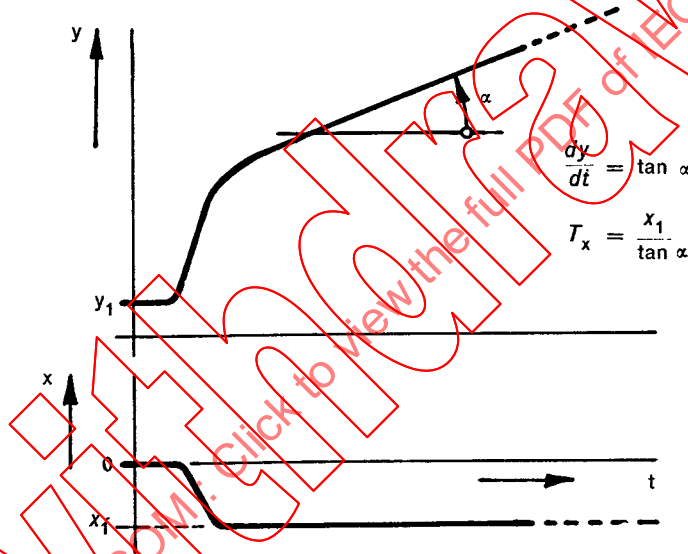


FIGURE 21

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Time measuring inaccuracy $f_t = \pm 5.0\%$.

Speed measuring inaccuracy $f_x = \pm 0.25\%$.

Servomotor-stroke measuring inaccuracy $f_y = \pm 5.0\%$.

22.10 Speed regulation

22.10.1 Speed regulation graph

This test may be performed at site with the generator connected to the network. For this case, the speed measuring element of the governor must be supplied with a signal from an independent source whose speed or signal equivalent can be adjusted and maintained constant with satisfactory precision over the entire check range.

Il peut aussi être fait en centrale en faisant varier par l'intermédiaire d'une charge la vitesse de l'installation réglée dans la plage nécessaire, conformément aux dispositions des paragraphes 14.3 et 14.4.

Les essais doivent être exécutés avec une valeur du coefficient de statisme permanent vitesse/puissance et un ordre de commande tels qu'à la vitesse nominale la position du servomoteur soit celle spécifiée dans le contrat.

Deux cas sont à considérer:

- a) Le premier concerne les régulateurs possédant une réaction permanente provenant de la puissance électrique fournie aux bornes de l'alternateur et non de la position du servomoteur.

Dans ce cas, le signal de vitesse est changé en échelons. Quand l'équilibre est obtenu après chaque échelon, la vitesse de la source pilote et la valeur correspondante de la puissance électrique sont mesurées.

- b) Le second concerne les régulateurs possédant une réaction permanente provenant de la position du servomoteur.

Dans ce cas, le signal de vitesse est changé en échelons. Quand l'équilibre est obtenu après chaque échelon, la vitesse de la source pilote, la vitesse du groupe et la valeur de la puissance électrique sont mesurées.

Des corrections doivent être faites sur la valeur mesurée de la puissance électrique, de manière à calculer ce qu'elle serait si la vitesse du groupe était égale à la vitesse de la courbe pilote. C'est cette valeur calculée de la puissance électrique qui doit être utilisée pour tracer la caractéristique de statisme vitesse/puissance.

Dans chaque cas, on doit prendre un nombre de points d'essai suffisant pour établir la forme de la courbe, avec au moins cinq (5) points entre les deux positions extrêmes du piston du servomoteur dans les sens croissant et décroissant de la vitesse. A partir de ces valeurs, on trace les courbes donnant les écarts de vitesse, x , en fonction de la puissance électrique, p , pour les valeurs croissantes et décroissantes de la vitesse, en extrapolant jusqu'aux abscisses $p = 0$ et $p = 1,0$.

Précision de mesure désirable:

Incertitude de mesure de la vitesse $f_x = \pm 0,25\%$.

Incertitude de mesure de la puissance électrique $f_p = \pm 1\%$.

22.10.2 Coefficient de statisme permanent vitesse/puissance, e_p

Le coefficient de statisme permanent vitesse/puissance e_p est donné par la pente dx/dp de la tangente à la caractéristique de statisme vitesse/puissance au point considéré.

22.10.3 Coefficient global de statisme permanent vitesse/puissance, e_s

Le coefficient global de statisme permanent vitesse/puissance e_s est calculé par la formule $e_s = x_{oe} - x_{ie}$ où x_{oe} est le signal de vitesse correspondant à $p = 0$ et x_{ie} celui correspondant à $p = 1,0$.

22.11 Procédé d'essai pour les variations de charge de grande amplitude

Le groupe fonctionnant à la vitesse nominale en parallèle avec d'autres groupes, mettre le signal de commande dans une position correspondant à la puissance spécifiée pour cet essai, la pression dans la conduite étant stable. Mettre en route les appareils d'enregistrement quelques secondes avant la modification de charge.

It can also be made at site by varying the speed of the controlled system over the required range with load meeting the requirements of Sub-clauses 14.3 and 14.4.

The tests are to be conducted with permanent speed regulation and command adjustments such as to position the servomotor at rated speed as specified in the contract.

Two cases have to be considered:

- a) The first concerns the governors which have a permanent feedback from the electrical power at the output of the generator and none from the position of the servomotor.

In this case, the speed signal is changed in steps. When equilibrium conditions are obtained after each step change, the speed of the drive and the corresponding value of the electrical power are measured.

- b) The second concerns the governors which have a permanent feedback from the position of the servomotor.

In this case, the speed signal is changed in steps. When equilibrium conditions are obtained after each step change, the speed of the drive, the speed of the unit and the value of the electrical power are measured.

Corrections have to be made in the measured value of the electrical power, in order to calculate what would be the electrical power delivered if the speed of the unit was the same as the speed of the drive. It is this calculated value of the electrical power which must be used to plot the speed regulation graph.

In either case sufficient test points to establish the shape of the curve but not less than five (5) points between the two end positions of the servomotor piston travel with increasing and decreasing speed shall be taken. From these data curves of speed deviation, x , against the electrical power, p , for increasing and decreasing speeds are plotted and extended to $p = 0$ and $p = 1.0$.

Desirable measuring accuracy which corresponds to:

Speed measuring inaccuracy $f_x = \pm 0.25\%$.

Electrical power inaccuracy $f_p = \pm 1\%$.

22.10.2 Permanent speed regulation, e_p

The permanent speed regulation e_p is given by the slope dx/dp of the tangent to the speed regulation graph at the considered point.

22.10.3 Maximum power change speed regulation, e_s

The maximum power change speed regulation e_s is calculated from $e_s = x_{oe} - x_{ie}$ where x_{oe} is the speed signal intercept at $p = 0$ and x_{ie} is the speed signal intercept at $p = 1.0$.

22.11 Large load change test procedure

With the unit operating in parallel with other units at rated speed, set the command signal to a position corresponding to the power output specified for this test with steady penstock pressure. Start the recording instruments a few seconds before the load is changed.

22.11.1 *Décharge*

Ouvrir le disjoncteur principal de l'alternateur et enregistrer les variations transitoires de vitesse et de pression et la position du servomoteur qui en résultent.

22.11.2 *Prise de charge*

La prise de charge peut être réalisée de différentes manières selon les conditions de l'installation.

- a) Dans une centrale où deux groupes ou plus sont chargés à la charge d'essai et fonctionnent en parallèle avec le groupe en essai, lui-même à vide ou partiellement chargé, la charge est transférée aux bornes du groupe en essai par ouverture des disjoncteurs des autres groupes.
- b) Le groupe à essayer est à vide, en parallèle sur le réseau, et le signal de commande est brusquement amené à une valeur correspondant à une charge partielle ou totale.

Les grandeurs à enregistrer sont les mêmes que celles indiquées au paragraphe 22.11.2.

22.11.3 *Appareillage de mesure*

Les prescriptions des paragraphes 21.1 et 21.2 doivent être respectées ici. De plus:

a) *Vitesse*

Pour la détermination de la variation de vitesse pendant les essais de variation de charge, la vitesse instantanée doit être enregistrée sur un appareil à base de temps calibrée en même temps que la course du servomoteur du régulateur et de l'orifice compensateur et des autres servomoteurs dans le cas d'installations à double réglage comme les turbines Pelton et Kaplan.

L'appareil d'enregistrement devrait posséder une inertie suffisamment faible pour répondre avec précision aux variations de vitesse.

b) *Pression*

Les variations instantanées de pression doivent être mesurées à l'admission de la turbine dans la même section où la hauteur de chute est mesurée.

Une attention spéciale doit être portée aux prises de pression multiples en accord avec les dispositions du code C E I d'essais sur place.

Les appareils de mesure de la pression devraient être de préférence directement connectés à la conduite forcée pour éviter les retards dus à l'inertie et aux frottements. Si ce n'est pas possible, la tuyauterie métallique doit être d'un diamètre approprié et aussi courte et droite que possible; les tubes en caoutchouc ou flexibles ne sont pas acceptables.

Appareils: des manomètres enregistreurs ou indicateurs du commerce à tube de Bourdon ne sont utilisables que pour des variations de pression à fréquence relativement faible.

Pour la mesure des variations rapides de pression pendant les essais de régulation, des manomètres enregistreurs du type à ressorts, spécialement calibrés, avec base de temps, doivent être utilisés. Pour des pressions plus élevées, les éléments de mesure devraient comporter des ressorts précontraints. La fréquence naturelle de l'appareil de mesure ne doit pas être inférieure à trois à quatre fois celle des oscillations de pression à mesurer.

D'autres méthodes de mesure et d'enregistrement des variations de pression, comme celles utilisant des jauges de contrainte à résistance électrique calibrée associées à des oscillographes et équipements d'amplification convenables, peuvent être autorisées par un accord mutuel entre les parties intéressées.

22.11.1 *Load rejection*

Open the generator power circuit breaker and record the resulting speed and pressure transients and servomotor position.

22.11.2 *Load addition*

Load addition may be realized in different ways, according to the system conditions.

- a) In a station with two or more machines loaded to the test load with the machine under test in parallel, unloaded or partially loaded, by opening the circuit-breakers controlling the loaded machines, the load is transferred to the units under test.
- b) The machine to be tested is in parallel with the network, unloaded, and the speed setting device is suddenly changed to partial or full load position.

Similar records should be taken as listed under Sub-clause 22.11.2.

22.11.3 *Instrumentation*

The stipulations of Sub-clauses 21.1 and 21.2 shall be adhered to. In addition:

a) *Speed*

For determining speed variation during load change tests, instantaneous speed must be recorded on a calibrated time based instrument together with the stroke of the governor servomotor and relief valve and other servomotors in the case of double regulation systems, such as Pelton and Kaplan turbines.

The recording instrument should be constructed with a sufficiently low inertia in order to respond accurately to the speed variations.

b) *Pressure*

The momentary pressure variations shall be measured at the turbine inlet at the same section where the head is measured.

Special attention shall be given to the manifold pressure tapings in accordance with the requirements of the I E C field test code.

The pressure measuring instruments should preferably be connected directly to the penstock to avoid lag caused by inertia and friction. If this is not practicable, the metallic piping must be of adequate diameter and as short and as straight as possible; rubber or flexible tubing is not acceptable.

Instruments: Commercial recording or indicating pressure gauges with Bourdon-tube springs are only suitable for relatively low frequency pressure variations.

For measuring the rapid pressure variations during the regulation tests, specially calibrated spring type time based recorders shall be used. With higher pressures, the measuring elements should be fitted with preloaded springs. The natural frequency of the measuring instrument shall be not less than three to four times that of the pressure oscillations to be measured.

Other methods of measuring and recording pressure variations, such as those using calibrated electric resistance strain gauges in combination with suitable oscillographs and amplifying equipment, may be permitted by mutual agreement between the parties concerned.

22.11.4 Conditions d'essai

L'essai ne doit débuter qu'à partir d'un régime établi. Lorsque cela paraît nécessaire, des dispositions doivent être prises pour effectuer les mesures qui peuvent être demandées, pour déterminer les écarts tolérables de vitesse et de pression qui peuvent résulter de variations du niveau de l'eau dans la chambre de mise en charge de la turbine ou dans la cheminée d'équilibre, ou des effets du régulateur de tension.

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure du temps $f_t = \pm 5\%$.

Incertitude de mesure de la course $f_y = \pm 5\%$.

Incertitude de mesure de la vitesse $f_x = \pm 0,5\%$.

Incertitude de mesure de la pression $f_p = \pm 10\%$.

22.12 Temps de manœuvre du servomoteur

22.12.1 Temps de fermeture, T_f , et d'ouverture, T_g , du servomoteur

Le temps de fermeture du servomoteur doit être déterminé selon la spécification du contrat soit en le mesurant sur les enregistrements effectués au cours des essais de décharge (paragraphe 22.11), soit en envoyant rapidement le tiroir de distribution en butée et en enregistrant en fonction du temps la position du servomoteur.

Le temps d'ouverture peut être déterminé en amenant rapidement le tiroir de distribution en butée d'ouverture pour provoquer la vitesse de prise de charge maximale. Le temps d'ouverture peut être mesuré en enregistrant le déplacement du piston du servomoteur sur un appareil à base de temps.

Lorsqu'un appareil d'enregistrement n'est pas disponible, le temps de fermeture peut être déterminé en mesurant avec un chronographe l'intervalle de temps nécessaire aux servomoteurs pour aller de 75 % à 25 % d'ouverture à leur vitesse maximale. Le temps de fermeture, T_f , du servomoteur est le double de cet intervalle de temps. Le temps d'ouverture, T_g , est obtenu de la même manière, sauf que les servomoteurs se déplacent dans le sens de leur ouverture.

22.12.2 Temps de fermeture ralentie du servomoteur, T_h

Le temps de fermeture ralentie du servomoteur peut être déterminé à partir du diagramme obtenu par les méthodes décrites au paragraphe 22.12.1.

22.12.3 Temps mort du servomoteur, T_q

Le temps mort du servomoteur peut être déterminé de la même manière que celle décrite au paragraphe 22.11, sauf que la variation de charge spécifiée peut être inférieure à la pleine charge. Cet essai nécessitera un appareil enregistreur à grande vitesse avec base de temps de manière à assurer une précision suffisante.

22.13 Zones mortes et imprécisions du régulateur

Un essai de vérification des garanties relatives à la zone morte ou à l'imprécision du régulateur ne peut être rigoureusement exécuté qu'avec des appareils dont la zone morte propre est plus faible que celle du régulateur (de l'ordre de $1/10$).

De préférence, l'essai devrait être réalisé en centrale avec l'alternateur connecté au réseau. S'il est exécuté dans l'atelier du constructeur, il est préférable d'y assembler le régulateur en entier et de charger le piston du servomoteur avec la force spécifiée dans le contrat.

22.11.4 Test conditions

The test must start only with steady-state conditions. Where deemed necessary, provisions shall be made for measurements which may be required, for determination of allowances in speed and pressure variations, which may arise from changes in the turbine intake chamber or surge tank water levels, or of the effects of the voltage regulator.

Desirable measuring accuracies which correspond to:

Time measuring inaccuracy $f_t = \pm 5\%$.

Stroke measuring inaccuracy $f_y = \pm 5\%$.

Speed measuring inaccuracy $f_x = \pm 0.5\%$.

Pressure measuring inaccuracy $f_p = \pm 10\%$.

22.12 Servomotor times

22.12.1 Servomotor closing time, T_f , and opening time, T_g

The servomotor closing time must be determined as specified in the contract either by measuring the closing time from the charts taken during load rejection tests (Sub-clause 22.11) or by quickly displacing the regulating valve to its maximum position recording the servomotor position on a chart with respect to time.

The opening time can be determined by quickly forcing the regulating valve to the limit in the open direction to cause a maximum load on rate. The opening time can be measured by recording the displacement of the servomotor piston with an instrument having a time base.

When recording equipment is not available, the closing time may be determined by measuring with a stop watch the interval of time required for the servomotors to travel from 75% to 25% open at their maximum rate. Twice this time interval is the servomotor closing time, T_f . The opening time, T_g , is obtained in the same manner except that the servomotors are travelling in the opening direction.

22.12.2 Servomotor cushioning time, T_h

The servomotor cushioning time can be determined from the chart obtained by the methods as explained in Sub-clause 22.12.1.

22.12.3 Servomotor dead time, T_d

The servomotor dead time can be determined in the same manner as described in Sub-clause 22.11, except that the load change specified can be less than the full load. This test will require a high speed recording device with a time base to insure sufficient accuracy.

22.13 Dead bands and governor inaccuracies

A test to verify guarantees relative to dead band or governor inaccuracy, can be performed strictly only with instruments whose dead band is much less than that of the governor (of the order of $1/10$).

Preferably, the test should be made at site with the generator connected to a network. If performed in the manufacturer's shop, it is preferable to assemble the complete governor in the manufacturer's shop, and load the servomotor piston at the force level specified in the contract.

Pour cet essai, le comportement en régime établi donnant les variations de vitesse en fonction de la position du servomoteur principal peut être déterminé sur la figure 13, page 30. La zone morte i_x du régulateur est représentée par l'écart de vitesse séparant les deux courbes relatives, à une position donnée y du servomoteur. De même, l'imprécision i_y relative à la position du servomoteur est l'écart de position du piston du servomoteur séparant les deux points des courbes correspondant à la même vitesse de la turbine.

Pour les turbines à double réglage (Kaplan, Pelton), il est possible de mesurer de la même façon la zone morte et l'imprécision relative du servomoteur des pales ou de celui du pointeau.

Dans le cas où l'alternateur est couplé à un réseau important et où la variation de vitesse ne peut être obtenue à volonté, l'amplitude de la zone morte peut être obtenue de la manière suivante. Après avoir connecté l'alternateur au réseau, le groupe est amené à fonctionner à l'ouverture considérée en ajustant le signal de commande qui est ensuite maintenu constant. La vitesse de la turbine et la position du piston du servomoteur principal sont enregistrées simultanément sur un appareil à vitesse d'enregistrement constante.

Un appareil commode pour cet essai est un enregistreur xy établissant un diagramme représentant la fréquence en fonction de la position du servomoteur. Chaque enregistrement d'essai sur cet appareil devrait durer suffisamment longtemps pour donner un diagramme bien défini renfermant des boucles fermées de petits mouvements du servomoteur. Les diagrammes prennent la forme d'ellipses centrées sur une ligne correspondant à la caractéristique de statisme permanent vitesse/course à la position considérée du servomoteur. La longueur des parties de tracé qui est parallèle à l'axe des fréquences représente la zone morte. La largeur de l'enveloppe de ces parties droites du tracé de fréquence, parallèle à l'axe de déplacement du servomoteur, est la mesure de l'imprécision du régulateur relative à la position du servomoteur. En appliquant les rapports d'échelle appropriés et en convertissant en valeurs relatives, i_x et i_y peuvent être déterminées.

On notera que le coefficient de statisme permanent vitesse/course peut être déterminé sur cette courbe.

23. Mesures des caractéristiques de l'installation réglée décrites à l'article 7

23.1 Coefficient d'autorégulation de la turbine, e_t

L'alternateur doit être connecté à un réseau électrique dont la fréquence est susceptible de varier dans la plage nécessaire à l'essai. Le réseau peut être constitué par exemple d'une résistance de charge.

Le servomoteur est fixé à la position désirée et la fréquence du réseau (et donc la vitesse du groupe en essai) est modifiée en échelons en faisant varier soit la charge, soit la puissance d'une autre source connectée au réseau. Quand un régime établi est atteint après chaque changement, la vitesse et la puissance du groupe en essai doivent être déterminées avec précision. Au moins cinq points d'essai à des vitesses croissantes et décroissantes comprises entre 0,98 et 1,02 fois la vitesse nominale doivent être mesurés de cette façon, à hauteur de chute constante.

A partir de ces données, on trace la courbe du couple relatif m_t en fonction de la vitesse relative x , voir figure 18, page 40. La pente dm_t/dx de la tangente à la courbe donne le coefficient d'autorégulation e_t de la turbine.

Précision de mesure désirable :

Incertitude de mesure de la vitesse $f_x = \pm 0,25\%$.

Incertitude de mesure de la puissance $f_p = \pm 1\%$.