

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 546

Première édition — First edition

1976

**Méthodes d'évaluation des performances des régulateurs à signaux analogiques
utilisés dans les processus industriels**

**Methods of evaluating the performance of controllers with analogue signals
for use in industrial process control**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 546

Première édition — First edition

1976

Méthodes d'évaluation des performances des régulateurs à signaux analogiques utilisés dans les processus industriels

Methods of evaluating the performance of controllers with analogue signals for use in industrial process control



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

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
AVANT-PROPOS	6
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Relations fondamentales	6
4. Définitions	10
5. Conditions générales d'essais	12
6. Ecart total permanent	16
7. Affichages et graduations d'échelle	18
8. Action des grandeurs d'influence	22
9. Caractéristiques du circuit de sortie et consommation de puissance	32
10. Réponse harmonique	34
11. Essais divers	36
12. Documentation	38
13. Examen technique	38
14. Rapport d'évaluation	38
15. Présentation des résultats	40
FIGURES	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
INTRODUCTION	7
1. Scope	7
2. Object	7
3. Basic relations	7
4. Definitions	11
5. General test conditions	13
6. Offset	17
7. Dial markings and scale values	19
8. Effect of influence quantities	23
9. Output characteristics and power consumption	33
10. Frequency response	35
11. Miscellaneous tests	37
12. Documentary information	39
13. Technical examination	39
14. Evaluation report	39
15. Presentation of controller data	41
FIGURES	46

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES RÉGULATEURS À SIGNAUX ANALOGIQUES UTILISÉS DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 65B: Eléments des systèmes, du Comité d'Etudes N° 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Munich en 1973 et soumis à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure Accélérée en mai 1974, à la suite de quoi le document 65B(Bureau Central)4 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1974.

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

Afrique du Sud (République d')	Israël
Allemagne	Italie
Autriche	Japon
Belgique	Pologne
Danemark	Portugal
Espagne	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
France	Suisse
Hongrie	Tchécoslovaquie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 68-2-6: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, deuxième partie: Essais, Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales).
- 68-2-31: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, deuxième partie: Essais, Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels.
- 160: Conditions atmosphériques normales pour les essais et les mesures.
- 348: Règles de sécurité pour les appareils de mesure électroniques.
- 381: Signaux analogiques à courant continu pour des systèmes de conduite de processus.
- 382: Signal analogique pneumatique pour des systèmes de conduite de processus.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS OF EVALUATING THE PERFORMANCE OF CONTROLLERS
WITH ANALOGUE SIGNALS FOR USE IN INDUSTRIAL PROCESS CONTROL**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC 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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 65B, Elements of Systems, of IEC Technical Committee No. 65, Industrial-process Measurement and Control.

A draft was discussed at the meeting held in Munich in 1973 and submitted to the National Committees for approval under the Accelerated Procedure in May 1974, as a result of which Document 65B(Central Office)4 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Japan
Belgium	Poland
Czechoslovakia	Portugal
Denmark	South Africa (Republic of)
France	Spain
Germany	Sweden
Hungary	Switzerland
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 68-2-6: Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests, Test Fc: Vibration (Sinusoidal).

- 68-2-31: Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests, Test Ec: Drop and Topple, Primarily for Equipment-type Specimens.
- 160: Standard Atmospheric Conditions for Test Purposes.
- 348: Safety Requirements for Electronic Measuring Apparatus.
- 381: Analogue D.C. Current Signals for Process Control Systems.
- 382: Analogue Pneumatic Signal for Process Control Systems.

MÉTHODES D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES RÉGULATEURS À SIGNAUX ANALOGIQUES UTILISÉS DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS

AVANT-PROPOS

Les méthodes d'évaluation données dans la présente norme sont destinées à être utilisées par les constructeurs pour déterminer les performances de leurs produits et par les utilisateurs, ou tout organisme d'essai indépendant, pour vérifier les performances spécifiées par le constructeur.

Les essais spécifiés dans la présente norme, comme la plage de température ambiante, l'alimentation, etc., correspondent à l'usage le plus courant. Par conséquent, les valeurs spécifiées ici sont à prendre en considération en l'absence d'indication contraire du constructeur.

Les essais spécifiés dans la présente norme ne sont pas forcément suffisants pour des instruments spécialement adaptés à des conditions exceptionnellement sévères; inversement, une série d'essais plus restreinte peut convenir à des instruments prévus pour fonctionner dans des conditions plus limitées.

Une liaison des plus étroites entre le constructeur et un organisme d'essai est souhaitable. Les spécifications du constructeur sont prises en considération lors de l'élaboration du programme des essais, et le constructeur sera invité à commenter tant le programme des essais que leurs résultats.

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux régulateurs pneumatiques et électriques des processus industriels utilisant des signaux analogiques continus conformes aux normes internationales en vigueur*.

Bien que les essais décrits ci-après concernent les régulateurs ayant de tels signaux, on notera qu'ils peuvent en principe être appliqués à des régulateurs ayant des signaux différents, à condition que ces signaux soient continus.

2. Objet

La présente norme a pour objet de spécifier des méthodes d'essais uniformes pour l'évaluation des performances des régulateurs des processus industriels à signaux analogiques d'entrée et de sortie.

Lorsqu'une évaluation complète en accord avec la présente norme n'est pas nécessaire, les essais demandés devront être effectués et leurs résultats présentés conformément aux paragraphes correspondants de cette norme. Le programme d'essais sera fixé par accord mutuel entre constructeur et acheteur, en tenant compte de la nature et de l'importance particulière du matériel concerné.

3. Relations fondamentales

3.1 Relations entrée/sortie d'un régulateur idéalisé

Sous sa forme la plus simple, la relation entrée/sortie peut être donnée par une équation que l'on présente généralement sous l'une des formes suivantes:

$$Y - Y_o = K_p (X - W) + K_I \int_0^t (X - W) dt + K_D \frac{d(X - W)}{dt} \quad (1)$$

* Publication 381 de la CEI: Signaux analogiques à courant continu pour des systèmes de conduite de processus, et Publication 382 de la CEI: Signal analogique pneumatique pour des systèmes de conduite de processus.

METHODS OF EVALUATING THE PERFORMANCE OF CONTROLLERS WITH ANALOGUE SIGNALS FOR USE IN INDUSTRIAL PROCESS CONTROL

INTRODUCTION

The methods of evaluation given in this standard are intended for use by manufacturers to determine the performance of their products and by users, or independent testing establishments, to verify manufacturer's performance specifications.

The tests specified in this standard, e.g. the range of ambient temperatures, power supply, etc., represent those which commonly arise in use. Consequently, the values specified herein shall be used where no other values are specified by the manufacturer.

The tests specified in this standard are not necessarily sufficient for instruments specifically designed for unusually arduous duties; conversely, a restricted series of tests may be suitable for instruments designed to perform within a more limited range of conditions.

It will be appreciated that the closest liaison should be maintained between an evaluating body and the manufacturer. Note shall be taken of the manufacturer's specifications for the instrument when the test programme is being decided, and the manufacturer should be invited to comment on both the test programme and the results.

1. Scope

This standard applies to pneumatic and electric industrial-process controllers using analogue continuous signals which are in accordance with current international standards.*

It should be noted that whilst the tests specified herein cover controllers having such signals, they can be applied in principle to controllers having different but continuous signals.

2. Object

This standard is intended to specify uniform methods of tests for the evaluation of the performance of industrial-process controllers with analogue input and output signals.

When a full evaluation in accordance with this standard is not required, those tests which are required shall be performed and the results reported in accordance with those parts of the standard which are relevant. The testing programme should be subject to agreement between manufacturer and purchaser, depending on the nature and the extent of the equipment dealt with.

3. Basic relations

3.1 Input/output relations of idealized controllers

In the most simple form, the relationship may be given by an equation generally presented in one of the following forms:

$$Y - Y_o = K_P (X - W) + K_I \int_0^t (X - W) dt + K_D \frac{d(X - W)}{dt} \quad (1)$$

* IEC Publication 381, Analogue D.C. Current Signals for Process Control Systems, and IEC Publication 382, Analogue Pneumatic Signal for Process Control Systems.

ou:

$$Y - Y_o = K_p \left[(X - W) + \frac{1}{T_I} \int_0^t (X - W) dt + T_D \frac{d(X - W)}{dt} \right] \quad (2)$$

Ces équations sont applicables aux régulateurs pour lesquels il n'y a pas d'interaction entre les coefficients K_p , K_I et K_D . Si l'on tient compte de cette interaction, l'équation du régulateur idéalisé peut s'écrire comme suit:

$$Y - Y_o = K'_p A \left[(X - W) + \frac{1}{AT'_I} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T'_D}{A} \frac{d}{dt} (X - W) \right] \quad (3)$$

Dans cette formule, A est le facteur d'interaction qui dépend de la structure du régulateur. On peut souvent l'exprimer de la façon suivante:

$$A = 1 + \frac{T_D}{T_I} \quad (4)$$

où:

- t = temps en minutes
- Y = signal de sortie
- Y_o = signal de sortie au temps $t = 0$ (sortie du régulateur équilibrée)
- X = valeur de la mesure
- W = valeur de la consigne
- K_p = coefficient d'action proportionnelle
- K_I = coefficient d'action intégrale
- K_D = coefficient d'action dérivée

T_I = temps de dosage d'intégration $\left(T_I = \frac{K_p}{K_I} \right)$

T_D = temps de dosage de dérivation $\left(T_D = \frac{K_D}{K_p} \right)$

$\frac{d}{dt}$ = opérateur de dérivation

Notes 1. — La présente norme est limitée aux régulateurs P, PI, PD et PID.

2. — Les coefficients K_p , K_I et K_D peuvent avoir le signe « plus » ou « moins »; on associe généralement « l'action directe » au signe plus, et « l'action inverse » au signe moins.

Il existe d'autres types de régulateurs, correspondant à d'autres structures; c'est le cas, par exemple, du régulateur dans lequel la dérivation est appliquée, non pas à $(X - W)$, mais uniquement à la valeur de mesure X .

L'équation (3) devient dans ce cas:

$$Y - Y_o = K_p A \left[(X - W) + \frac{1}{AT_I} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T_D}{A} \frac{d}{dt} X \right] \quad (5)$$

3.2 Limitations

Les équations décrivant la performance d'un régulateur réel sont habituellement différentes des équations (1) à (5) parce qu'elles comportent des constantes de temps et des limitations.

Deux différences typiques par rapport aux équations d'un régulateur idéalisé peuvent être exprimées comme suit:

a) Gain maximal d'action intégrale V_I

Le gain par intégration des régulateurs réels n'étant pas infini, la partie intégrale des équations (1) et (2) est une approximation de la réponse réelle dans le seul cas de fréquences suffisamment élevées. Aux fréquences basses, l'intégrale d'un régulateur (soit les termes d'intégration de l'équation (2)) peut être exprimée dans le domaine des fréquences comme suit:

$$F = K_p \frac{V_I}{1 + j\omega T_I V_I} \quad (6)$$

or:

$$Y - Y_o = K_p \left[(X - W) + \frac{1}{T_I} \int_0^t (X - W) dt + T_D \frac{d(X - W)}{dt} \right] \quad (2)$$

These equations are valid for controllers with no interaction between the factors K_p , K_I and K_D . The equation for idealized controllers with interaction taken into account may be written as:

$$Y - Y_o = K'_p A \left[(X - W) + \frac{1}{AT'_I} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T'_D}{A} \frac{d}{dt} (X - W) \right] \quad (3)$$

In this formula, A is the interaction factor that depends on the structure of the controller. It can often be written as:

$$A = 1 + \frac{T_D}{T_I} \quad (4)$$

where:

t = time, in minutes

Y = output signal

Y_o = output signal at time $t = 0$ (controller output balance)

X = measured value

W = set point value

K_p = proportional action factor

K_I = integral action factor

K_D = derivative action factor

T_I = integral action time $\left(T_I = \frac{K_p}{K_I} \right)$

T_D = derivative action time $\left(T_D = \frac{K_D}{K_p} \right)$

$\frac{d}{dt}$ = differential operator

Notes 1. — This standard is limited to P, PI, PD and PID controllers.

2. — The factors K_p , K_I and K_D may have the sign “plus” or “minus”; it is usual to associate “direct action” with the positive sign and “reverse action” with the negative sign.

There are controllers with still other structures, for example where the differentiation is applied only to the measured value X , not to $(X - W)$.

Equation (3) becomes thereby:

$$Y - Y_o = K_p A \left[(X - W) + \frac{1}{AT'_I} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T_D}{A} \frac{d}{dt} X \right] \quad (5)$$

3.2 Limitations

The equations describing the performance of an actual controller are usually different from equations (1) to (5) because they include time constants and limitations.

Two commonly encountered deviations from the idealized controller equations can be expressed as follows:

a) Maximum integral gain V_I

Because of the finite integral gain of actual controllers, the integral part of equations (1) and (2) is an approximation of the actual response only for sufficiently high frequencies. For low frequencies, a controller may have an integral (integral term of equation (2)) expressed in the frequency domain as follows:

$$F = K_p \frac{V_I}{1 + j\omega T_I V_I} \quad (6)$$

b) *Gain maximal d'action dérivée V_D*

Le gain par dérivation des régulateurs réels étant limité, les termes de dérivation des équations (1) et (2) fournissent une approximation de la réponse réelle dans le seul cas de fréquences suffisamment basses. Dans le cas le plus simple, des termes de constante de temps et de proportionnalité pourront s'introduire.

Le terme de dérivation de l'équation (2) peut donc être exprimé dans le domaine des fréquences comme suit:

$$\text{action dérivée et constante de temps } F = \frac{j\omega K_D}{1 + j\omega T_I} \quad (7)$$

ou

$$\text{action proportionnelle, action dérivée et constante de temps } F = K_P \frac{1 + j\omega T_D}{1 + j\omega T_I} \quad (8)$$

$j = \sqrt{-1}$ et ω est la pulsation

$T =$ constante de temps d'un retard du premier ordre

Le rapport $\frac{K_D}{T_I}$ peut être constant pour toutes les valeurs réglables de T_D (selon la conception du régulateur); dans ce cas, le rapport $\frac{T_D}{T_I}$ est appelé gain maximal d'action dérivée ou V_D .

3.3 *Graduation des régulateurs*

Les coefficients et les temps d'action figurant dans les équations données précédemment fournissent une description idéalisée du comportement d'un régulateur. Leurs valeurs peuvent différer des valeurs des graduations marquées sur le régulateur. Les relations entre les valeurs des graduations et les valeurs réelles — ce sont les « formules d'interaction » — doivent être fournies par le constructeur. Ces relations peuvent être exprimées soit sous forme algébrique, soit sous forme de courbes, tableaux, diagrammes, etc.

4. Définitions

4.1 *Bande proportionnelle*

La bande proportionnelle X_P des régulateurs linéaires, exprimée en pour-cent, est alors donnée par l'expression:

$$X_P = \frac{100}{K_P}$$

4.2 *Action directe*

Le signal de sortie Y croît avec un accroissement de la valeur mesurée X .

4.3 *Action inverse*

Le signal de sortie Y décroît avec un accroissement de la valeur mesurée X .

4.4 *Ecart total permanent*

Différence entre la valeur mesurée X et la valeur de consigne W en régime établi.

4.5 *Régulateur proportionnel (P)*

Régulateur qui produit seulement une régulation par action proportionnelle.

b) *Maximum derivative gain V_D*

Because of the limited derivative gain of actual controllers, the derivative terms of equations (1) and (2) are an approximation of the actual response only for sufficiently low frequencies. In the most simple case, there may be additional time constant and proportional terms.

The derivative term of equation (2) may then be expressed, in the frequency domain, as follows:

$$\text{derivative and time constant } F = \frac{j\omega K_D}{1 + j\omega T_I} \quad (7)$$

or

$$\text{proportional, derivative and time constant } F = K_P \frac{1 + j\omega T_D}{1 + j\omega T_I} \quad (8)$$

$j = \sqrt{-1}$ and ω angular frequency

T = time constant of a first order time delay

The ratio $\frac{K_D}{T_I}$ may be constant for all adjustable values of T_D (depending upon the design of the controller); in that case, the ratio $\frac{T_D}{T_I}$ is called maximum derivative gain or V_D .

3.3 *Dial markings of actual controllers*

The action factors and action times as used in the equations shown above give an idealized description of the performance of a controller. Their values may differ from the values which are the dial marking values of the controller. The relationship between the dial marking values and the actual values, the “interaction formulae”, shall be provided by the manufacturer. The relationship may be expressed in algebraic form or by graphs, tables, diagrams, etc.

4. **Definitions**

4.1 *Proportional band*

The proportional band X_P of a linear controller, expressed in per cent, is given by the expression:

$$X_P = \frac{100}{K_P}$$

4.2 *Direct acting*

Output Y increases with increase in the measured value X .

4.3 *Reverse acting*

Output Y decreases with increase in the measured value X .

4.4 *Offset*

The steady-state difference between measured value X and set point W .

4.5 *Controller, proportional (P)*

A controller which produces proportional control action only.

4.6 Régulateur proportionnel + dérivée (PD)

Régulateur qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action dérivée.

4.7 Régulateur proportionnel + intégrale (PI)

Régulateur qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action intégrale.

4.8 Régulateur PID

Régulateur à actions composées qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action intégrale et plus une action dérivée.

5. Conditions générales d'essais

Les conditions de référence spécifiées dans cette norme sont en accord avec la Publication 160 de la CEI: Conditions atmosphériques normales pour les essais et les mesures.

5.1 Conditions d'environnement

5.1.1 Conditions ambiantes recommandées pour les mesures

Plage de température	de 15 °C à 35 °C
Humidité relative	de 45 % à 75 %
Pression atmosphérique	de 860 mbar à 1 060 mbar
Champ électromagnétique	valeur à indiquer, si nécessaire.

La vitesse maximale de variation de température admissible au cours de l'essai sera de 1 °C en 10 min. Ces conditions peuvent être conformes aux conditions normales de fonctionnement.

5.1.2 Atmosphère normale de référence

Température	20 °C
Humidité relative	65 %
Pression atmosphérique	1 013 mbar

Cette atmosphère normale de référence est l'atmosphère à laquelle sont ramenées, par le calcul, les valeurs obtenues par des mesures effectuées dans d'autres conditions atmosphériques. Il est cependant reconnu que, très souvent, une correction par calcul pour l'humidité n'est pas possible. Dans ce cas, l'atmosphère normale de référence ne tient compte que de la température et de la pression.

Cette atmosphère est conforme aux conditions normales de fonctionnement de référence généralement indiquées par le constructeur.

5.1.3 Conditions atmosphériques normales pour les mesures d'arbitrage

Lorsqu'on ne connaît pas les facteurs de correction à utiliser pour ramener les paramètres qui varient en fonction des conditions atmosphériques aux conditions atmosphériques normales et lorsque les mesures effectuées dans la plage recommandée de conditions atmosphériques ambiantes ne sont pas satisfaisantes, des mesures répétées peuvent être effectuées dans des conditions atmosphériques sévèrement commandées.

Pour les besoins de cette norme, les conditions atmosphériques normales pour les mesures d'arbitrage sont les suivantes:

	Valeur nominale	Tolérance
Température	20 °C	± 2 °C
Humidité relative	65 %	± 5 %
Pression atmosphérique	860 mbar à 1 060 mbar	—

4.6 *Controller, proportional + derivative (rate) (PD)*

A controller which produces proportional plus derivative control action.

4.7 *Controller, proportional + integral (reset) (PI)*

A controller which produces proportional plus integral control action.

4.8 *Controller PID*

Controller with compound action which produces proportional, plus integral, plus derivative actions.

5. General test conditions

Reference conditions specified in this standard are in accordance with IEC Publication 160, Standard Atmospheric Conditions for Test Purposes.

5.1 *Environmental conditions*

5.1.1 *Recommended range of ambient conditions for test measurements*

Temperature range	15 °C to 35 °C
Relative humidity	45 % to 75 %
Atmospheric pressure	860 mbar to 1 060 mbar
Electromagnetic field	value to be stated, if relevant.

The maximum rate of temperature change permissible during any test shall be 1 °C in 10 min. These conditions may be equivalent to normal operating conditions.

5.1.2 *Standard reference atmosphere*

Temperature	20 °C
Relative humidity	65 %
Atmospheric pressure	1 013 mbar

This standard reference atmosphere is that atmosphere to which values measured under any other atmospheric conditions are corrected by calculation. It is recognized, however, that in many cases a correction factor for humidity is not possible. In such cases, the standard reference atmosphere takes account of temperature and pressure only.

This atmosphere is equivalent to the normal reference operating conditions usually identified by the manufacturer.

5.1.3 *Standard atmosphere for referee measurements*

When correction factors to adjust atmospheric-condition sensitive parameters to their standard reference atmosphere values are unknown, and measurements under the recommended range of ambient atmospheric conditions are unsatisfactory, repeated measurements under closely controlled atmospheric conditions may be conducted.

For the purpose of this standard, the following atmospheric conditions are given for referee measurements.

	<i>Nominal value</i>	<i>Tolerance</i>
Temperature	20 °C	± 2 °C
Relative humidity	65 %	± 5 %
Atmospheric pressure	860 mbar to 1 060 mbar	—

Cette atmosphère est conforme aux conditions normales de fonctionnement de référence généralement indiquées par le constructeur.

Pour les atmosphères tropicales ou subtropicales ou d'autres atmosphères spéciales, des conditions atmosphériques pour les mesures d'arbitrage sont données, en variante, dans la Publication 160 de la CEI.

5.2 Conditions d'alimentation

5.2.1 Valeurs de référence

Valeurs indiquées par le constructeur.

5.2.2 Tolérances *

1) Alimentation électrique

- tension nominale $\pm 1\%$
- fréquence nominale $\pm 1\%$
- distorsion harmonique inférieure à 5 % (en courant alternatif)
- facteur d'ondulation inférieur à 0,1 % (en courant continu)

2) Alimentation pneumatique

- pression nominale $\pm 1\%$
- température de l'air d'alimentation température ambiante + 2 °C
- humidité de l'air d'alimentation point de rosée inférieur au moins de 10 °C à la température du régulateur
- sans huile, ni poussière.

5.3 Impédance de charge

Utiliser, comme valeur de référence, la valeur indiquée par le constructeur.

Pour les régulateurs électriques, si le constructeur indique plusieurs valeurs, l'impédance de charge doit être prise égale à :

- la valeur minimale spécifiée par le constructeur pour les régulateurs avec signal de sortie en tension continue;
- la valeur maximale admissible pour les régulateurs avec signal de sortie en courant continu.

Pour les régulateurs pneumatiques, en l'absence de valeurs fixées par le constructeur, l'impédance de charge utilisée doit être composée d'une tuyauterie rigide, d'une longueur de 2,5 m, d'un diamètre intérieur de 4 mm suivi d'une capacité de 1 dm³.

Note. — Ce dispositif est particulièrement indiqué pour les essais statiques sur les régulateurs pneumatiques. Pour les essais dynamiques, la configuration de charge donnée à la figure 8, page 51, peut être aussi utilisée.

5.4 Autres conditions

- Signaux d'entrée: les tensions parasites induites ou les fluctuations de pression ne doivent pas avoir d'effet sur les résultats de la mesure.
- Position du régulateur en fonctionnement: position normale spécifiée par le constructeur. Cependant, il convient que la position du régulateur ne change pas de plus de $\pm 3^\circ$ suivant chaque axe pendant toute la durée de l'essai.
- Influences mécaniques extérieures: elles doivent être négligeables.

La précision des méthodes de mesure utilisées pour les essais doit être indiquée dans le rapport d'essai. Elle doit être au moins quatre fois plus grande que celle du régulateur essayé.

Pour les besoins des essais suivants, le régulateur peut être « stabilisé » de la façon suivante (voir la figure 1, page 46) :

- 1) Mettre le régulateur en fonctionnement boucle fermée.
- 2) Ajuster la bande proportionnelle à la valeur spécifiée.

* Des informations supplémentaires sur la classification de l'alimentation électrique et pneumatique sont en préparation.

This atmosphere is equivalent to the normal reference operating conditions usually identified by the manufacturer.

For tropical, sub-tropical or other special requirements, alternate referee atmospheres are given in IEC Publication 160.

5.2 Supply conditions

5.2.1 Reference values

The values specified by the manufacturer.

5.2.2 Tolerances*

1) Electrical supply

- rated voltage $\pm 1\%$
- rated frequency $\pm 1\%$
- harmonic distortion less than 5 % (a.c. supply)
- ripple content less than 0.1 % (d.c. supply)

2) Pneumatic supply

- rated pressure $\pm 1\%$
- supply air temperature ambient temperature $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- supply air humidity dew point at least $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ below controller temperature
- oil and dust free.

5.3 Load impedance

The value given by the manufacturer shall be used as the reference value.

For electric controllers, if the manufacturer gives more than one value, the load impedance shall be taken equal to:

- the minimum value specified by the manufacturer for controllers with direct voltage output signal;
- the maximum permissible value for controllers with direct current output signal.

Unless otherwise stated by the manufacturer, for pneumatic controllers, a 2.5 m length of 4 mm internal diameter rigid pipe followed by a 1 dm³ capacity shall be used for load impedance.

Note. — This arrangement is basically specified for steady-state tests on pneumatic controllers. For dynamic tests, the load configuration given in Figure 8, page 51, can also be used.

5.4 Other conditions

- Input signals: spurious induced voltages or pressure fluctuations which may affect the measurement shall not be present.
- Controller position during operation: normal attitude specified by the manufacturer. Throughout each test, however, the attitude of the controller should not change more than $\pm 3^{\circ}$ along any axis.
- External mechanical constraints: they shall be negligible.

The limit of error of the measuring methods used for the tests shall be stated in the test report and shall be smaller than or equal to one-fourth of the stated limit of error of the instrument tested.

For the purpose of the following tests, the controller may be stabilized in the following manner (see Figure 1, page 46):

- 1) Set the controller in closed loop.
- 2) Set the proportional band to the value stated.

* Further information regarding electric power and pneumatic power classifications is in preparation.

- 3) Ajuster l'action dérivée à la valeur minimale (temps de dérivation minimale ou mise hors circuit).
- 4) Ajuster l'action intégrale à la valeur maximale (temps d'intégration minimale).
- 5) Ajuster la grandeur d'entrée à la valeur spécifiée.
- 6) Ajuster la valeur de consigne et, si nécessaire, le circuit d'adaptation pour obtenir la valeur de sortie désirée.
- 7) Afficher l'action intégrale à sa valeur minimale (temps d'intégration maximale ou mise hors circuit).
- 8) Ouvrir la boucle si cela est demandé par l'essai.

6. Ecart total permanent

Cet essai s'applique uniquement aux régulateurs à action intégrale. Utiliser, pour cet essai, la configuration du circuit représentée à la figure 1, page 46, ou un schéma équivalent.

Appliquer le signal de consigne W et le signal d'entrée X à l'entrée d'un appareil de mesure différentiel. Placer le commutateur de sélection en position B de façon à obtenir la stabilité.

En changeant la valeur de la polarisation du circuit d'adaptation, on peut faire varier le signal de sortie Y du régulateur sur toute l'échelle, pour chaque valeur de consigne W du régulateur et la valeur mesurée X .

6.1 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles indiquées à l'article 5. Ajuster le temps d'action intégrale à l'effet maximal (T_I minimal) et le temps d'action dérivée à l'effet minimal (T_D minimal ou hors circuit si possible).

6.2 Modalités de l'essai

6.2.1 Influence de la variation de la valeur de K_p

Mettre le régulateur en fonctionnement boucle fermée (voir la figure 1), le commutateur de sélection étant en position B, le régulateur en position action inverse.

- Ajuster la valeur de consigne à 10 % de l'échelle, la bande proportionnelle au minimum. A l'aide du générateur 3, ajuster également la sortie du régulateur à 10 % de l'échelle.
- Mesurer l'écart total permanent sur l'appareil de mesure différentiel.
- Répéter la mesure en ajustant la bande proportionnelle d'abord à 100 %, puis à sa valeur maximale (ou à la valeur la plus voisine de la graduation). L'écart total permanent doit être mesuré pour les deux réglages. Cette opération doit être répétée pour les neuf combinaisons des trois valeurs de consigne: 10 %, 50 % et 90 % et des trois valeurs de sortie: 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue d'échelle.
- Répéter les essais, le régulateur étant mis en position action directe, la bande proportionnelle étant ajustée à 100 %, la sortie à 50 % et le point de consigne successivement à 10 %, 50 % et 90 % de l'étendue d'échelle.
- Dédire de ces mesures les écarts maximaux positifs et négatifs pour chaque valeur de la bande proportionnelle indiquée ci-dessus.
- On peut effectuer des relevés complémentaires avec d'autres valeurs de la bande proportionnelle ou de la consigne en des points particuliers, afin d'interpoler entre certains relevés précédents lorsqu'il y a des variations importantes de l'écart total permanent.
- Si la graduation d'échelle du régulateur à essayer n'est pas directement exprimée en termes de coefficient d'action proportionnelle, de temps de dosage d'intégration et de temps de dosage de dérivation, les relations liant les valeurs marquées aux paramètres utilisés dans la présente norme devront être précisées. Utiliser la méthode indiquée au paragraphe 6.2, l'appareil étant réglé sur la graduation d'échelle correspondant aux valeurs spécifiées au paragraphe 6.2.

6.2.2 Influence de la variation des valeurs de T_I et T_D (essai en boucle fermée)

Ajuster le point de consigne W à 50 %, la sortie Y à 50 % et la bande proportionnelle X_p à 100 %.

Le temps de dosage d'intégration étant réglé à sa valeur minimale, faire varier le temps de dosage de dérivation de sa valeur minimale à sa valeur maximale en passant par une valeur intermédiaire (par exemple 0,1 min, 0,5 min et 2,5 min).

- 3) Set the derivative action for minimum effect (minimum derivative action time or off).
- 4) Set the integral action for maximum effect (minimum integral action time).
- 5) Set the input to the value stated.
- 6) Adjust the set point and, if necessary, the adapting circuit in order to obtain the desired output.
- 7) Set the integral action for minimum effect (maximum integral action time or off).
- 8) Open the loop if required by the test to be performed.

6. Offset

This test applies only to controllers with integral action. The circuit arrangement shown in Figure 1, page 46, or an equivalent arrangement shall be used.

The set point W and the input signal X shall be connected to the input of a differential measuring device. The selector switch shall be set in position B, thus obtaining a stable condition.

Changing the bias of the adapting circuit allows the controller output Y to be varied over the full span for any value of the controller set point value W and measured value X .

6.1 Initial conditions

Initial conditions are as specified in Clause 5. Set the integral action time for maximum effect (minimum T_I setting) and the derivative action time for minimum effect (minimum T_D setting or switched off, if possible).

6.2 Test procedure

6.2.1 Effect of changes of K_P value

The controller shall be operated in closed loop (see Figure 1) with the selector switch in position B, the controller being switched in reverse action.

- Adjust the set point to 10% of span, the proportional band to minimum. Using generator 3, adjust the controller output to 10% of span.
- Measure the offset on the differential measuring device.
- The measurement shall be repeated with the proportional band adjusted to 100% and then to the maximum value (or to the nearest scale marking). The offset for both settings shall be measured. This operation shall be repeated for all nine combinations of the three values of the set point: 10%, 50% and 90% of span and the three values of output: 10%, 50% and 90% of span.
- The procedure shall be repeated with the controller switched to direct action, proportional band adjusted to 100%, output to 50% and set point to 10%, 50% and 90% of span.
- From these measurements, the maximum (positive and negative) offset at each setting of the proportional band stated above shall be noted.
- Further measurements may be made with other values of the proportional band or of the set point at special points, in order to interpolate between some preceding readings where there are significant variations in the offset.
- If the controller being tested has scale markings not directly in terms of proportional action factor, or integral and derivative action times, the relationship of such markings to the parameters used in this standard needs to be established. The method specified in Sub-clause 6.2 shall be used with the instrument set to the scale markings which correspond to the values specified in Sub-clause 6.2.

6.2.2 Effect of changes of T_I and T_D values (for this test, the controller is operated in closed loop)

Adjust set point W to 50%, output Y to 50% and proportional band X_P to 100%.

With integral action time set to its minimum value, change derivative action time from its minimum value to intermediate and then maximum value (for example 0.1 min, 0.5 min and 2.5 min).

Le temps de dosage de dérivation étant réglé à sa valeur minimale, faire varier le temps de dosage d'intégration de sa valeur minimale à sa valeur maximale en passant par une valeur intermédiaire (par exemple 0,2 min, 2 min et 20 min).

Mesurer l'écart total permanent dans chaque cas.

7. Affichages et graduations d'échelle

7.1 Vérification des graduations de la consigne

La majorité des régulateurs pourvus d'un générateur interne de point de consigne possèdent des bornes accessibles où le signal de consigne peut être mesuré. Dans ce cas, exécuter l'essai suivant :

- Mettre le régulateur en boucle fermée.
- Effectuer le montage en action inverse.
- Ajuster le temps maximal d'action intégrale.
- Ajuster le temps minimal d'action dérivée.

Positionner l'indicateur de consigne successivement en regard des repères 0 %, 20 %, 40 %, 50 %, 60 %, 80 % et 100 % et relever les valeurs correspondantes du signal de consigne émis. Faire le même essai en lectures descendantes 100 %, 80 % etc., jusqu'à 0 %.

Répéter l'essai ci-dessus au moins trois fois.

Déterminer les erreurs moyennes, la répétabilité et l'hystérésis à partir des lectures précédentes et exprimées en pourcentage de l'échelle.

Note. — Pour les régulateurs ne permettant pas la mesure extérieure du signal de consigne, des essais particuliers doivent être définis avec le constructeur.

7.2 Action proportionnelle

Utiliser, pour cet essai, la configuration du circuit représentée à la figure 2, page 47, ou un schéma équivalent.

7.2.1 Conditions initiales

Les conditions de référence sont celles spécifiées à l'article 5.

Effectuer, de plus, les réglages suivants :

- Ajuster l'action intégrale minimale (temps maximal d'intégration ou action intégrale hors circuit si possible).
- Ajuster l'action dérivée minimale (temps de dérivation minimal ou mise hors circuit si possible).
- Effectuer le branchement en boucle ouverte.
- Mettre le régulateur en action directe.

7.2.2 Modalités de l'essai

- Ajuster le point de consigne à 50 %. Mettre à 100 % la bande proportionnelle (ou au repère le plus proche de cette valeur).
- Stabiliser le signal de sortie à 50 %, ouvrir la boucle (voir le paragraphe 5.4).
- Par action sur l'entrée, faire varier le signal de sortie du minimum au maximum et relever les couples des valeurs des signaux d'entrée et de sortie.
- Commencer les mesures par le signal d'entrée de 50 %, puis continuer par les valeurs 30 %, 70 %, 10 %, 80 %, 0 % et 100 % en respectant cet ordre.
- Exécuter cet essai le plus rapidement possible et en une seule fois afin de réduire les effets résiduels dus à l'action intégrale.
- Répéter les mesures ci-dessus pour les deux affichages extrêmes de la bande proportionnelle.
- Pour les mesures effectuées avec la bande proportionnelle inférieure à 100 % d'entrée, régler successivement le signal d'entrée pour obtenir en sortie 50 %, 30 %, 70 %, 10 %, 80 %, 0 % et 100 %.

With derivative action time set to minimum value, change integral action time from its minimum value to intermediate and then maximum value (for example 0.2 min, 2 min and 20 min).

The offset shall be measured for each condition.

7. Dial markings and scale values

7.1 Checking of set point scales

The majority of controllers with internal set point sources have accessible terminals where the set point signal can be measured. When this is so, the following test shall be carried out:

- Connect the controller in closed loop.
- Set the circuit at reverse action.
- Adjust integral action time to maximum.
- Adjust derivative action time to minimum.

The set point indicator shall be set in turn to the 0%, 20%, 40%, 50%, 60%, 80% and 100% markings of its scale and the corresponding values of the set point signal shall be noted. The procedure shall then be repeated for settings in descending order of magnitude, i.e. 100%, 80%, etc., down to 0%.

The above procedure shall be repeated at least three times.

The average errors, repeatability and hysteresis shall be computed from these measurements and expressed as a percentage of span.

Note. — For controllers with no accessible set point connections, suitable test procedures should be arranged with the manufacturer.

7.2 Proportional action

The circuit arrangement shown in Figure 2, page 47, or an equivalent arrangement should be used.

7.2.1 Initial conditions

The reference conditions are as specified in Clause 5.

In addition, the following settings shall be used:

- Adjust integral action to minimum (maximum integral action time or off, if available).
- Adjust derivative action to minimum (minimum derivative action time or off, if available).
- Open loop connection.
- Direct action mode.

7.2.2 Test procedure

- Adjust the set point to 50%. Set the proportional band at 100% (or the nearest scale marking).
- Stabilize the output at 50%, open the loop (see Sub-clause 5.4).
- Vary the input signal over the range necessary to change the output from minimum to maximum and note the corresponding input and output signals.
- Measurements shall start with an input signal of 50% and subsequent signals of 30%, 70%, 10%, 80%, 0% and 100% in that order.
- This procedure shall be carried out without interruption and as rapidly as possible to minimize the effects of residual integral action.
- These measurements shall be repeated with the proportional band set at the two extreme scale markings.
- For measurements at proportional band settings smaller than 100% input, signals shall be used such that the corresponding output signals are 50%, 30%, 70%, 10%, 80%, 0% and 100%.

— Tracer, sur un graphique similaire à celui représenté à la figure 4, page 48, les signaux de sortie par rapport aux signaux d'entrée (en pourcentages).

Le coefficient moyen d'action proportionnelle (K_p) doit être déterminé pour chaque valeur de la bande proportionnelle affichée, à l'aide de la pente de la meilleure droite tracée à partir de la méthode des moindres carrés (voir la figure 11, page 53).

La bande proportionnelle (X_p) doit être déterminée en tenant compte des points d'intersection des courbes de la figure 11 avec les axes 0 % et 100 % des entrées et sorties. Exprimer l'erreur en pourcentage de la valeur nominale affichée sur le cadran.

Note. — Si les actions intégrale et dérivée résiduelles provoquent des difficultés de mesure, appliquer les signaux d'entrée par échelon comme indiqué ci-dessus et enregistrer les signaux d'entrée et de sortie comme indiqué à la figure 2, page 47. Effectuer, à partir de ces enregistrements, les calculs décrits à la figure 4.

7.2.3 Zone neutre

D'une façon générale, cet essai n'est applicable qu'aux régulateurs comportant des embiellages mécaniques.

La zone neutre doit être mesurée en recherchant quelle valeur maximale d'entrée peut être appliquée sans provoquer de variation mesurable de la sortie.

Effectuer cet essai en boucle ouverte, les actions intégrale et dérivée étant réglées de façon à avoir l'effet minimal.

Ajuster 100 % de bande proportionnelle et régler la valeur de consigne à 50 % de l'étendue d'échelle.

Il est inutile de mesurer des zones neutres inférieures à 0,1 %.

7.3 Action intégrale

7.3.1 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles spécifiées à l'article 5.

Effectuer, de plus, les réglages suivants :

- Ajuster 100 % de bande proportionnelle ou le repère le plus proche.
- Ajuster le temps d'action dérivée T_D à sa valeur minimale.
- Ajuster la valeur de consigne à 50 %.
- Ajuster d'abord la valeur maximale du temps d'action intégrale T_I , puis la valeur minimale et enfin une valeur intermédiaire (par exemple 20 min, 0,2 min et 2 min).

7.3.2 Modalités de l'essai

Le circuit représenté à la figure 1, page 46, peut être utilisé. Effectuer cet essai en boucle ouverte, c'est-à-dire avec le commutateur de sélection en position A.

Stabiliser la sortie du régulateur à 10 % (ou 90 %) de l'étendue d'échelle. Ajuster la valeur du temps de dosage d'intégration que l'on désire vérifier. Enregistrer les signaux d'entrée et de sortie et effectuer une variation échelon de l'entrée ΔX , d'environ 10 % de l'étendue d'échelle.

La figure 5, page 49, représente la méthode graphique de détermination du temps de dosage d'intégration avec la réponse normale du régulateur.

Réaliser cet essai avec en premier $(X - W) > 0$, puis $(X - W) < 0$.

Notes 1. — Cette méthode ne s'applique pas aux régulateurs à action intégrale seule (régulation flottante).

2. — Pour les faibles valeurs de l'action intégrale, il est judicieux d'effectuer une variation échelon de 5 % seulement de façon à améliorer la précision.

7.3.3 Linéarité de l'action intégrale

Le circuit représenté à la figure 2 peut être utilisé.

— A graph of the output signals against input signals (as percentages) shall be plotted as in Figure 4, page 48.

The average proportional action factor (K_p) shall be determined for each proportional band setting from the slope of the best fitting straight line evaluated by the least squares method (see Figure 11, page 53).

The proportional band (X_p) shall be determined by measuring the points of intersection of the characteristics, as plotted in Figure 11, with the 0% and 100% input and output lines as appropriate. The error shall be expressed as a percentage of the nominal value set on the dial.

Note. — When the residual integral and derivative actions cause difficulties, input signals shall be applied in steps as outlined above, input and output signals shall be recorded as shown in Figure 2, page 47, and computations carried out on the recorded traces as shown in Figure 4.

7.2.3 Neutral zone

Generally, this test is relevant only for controllers incorporating mechanical links.

The neutral zone shall be measured by determining the largest change of input that can be applied without causing a detectable change of output.

This test shall be carried out in open loop. Set the integral and derivative actions for minimum effect.

Set the proportional band at 100% and the set point at 50% of span.

It is unnecessary to continue the test beyond neutral zones $< 0.1\%$.

7.3 Integral action

7.3.1 Initial conditions

The initial conditions are those specified in Clause 5.

In addition, the following settings shall be used:

- Adjust the proportional band to 100% or the nearest scale mark.
- Adjust derivative action time T_D to its minimum value.
- Adjust the set point to 50%.
- Adjust integral action time T_I first to approximately its maximum value, then to approximately its minimum value, and finally to an intermediate setting (for example 20 min, 0.2 min and 2 min).

7.3.2 Test procedure

A suitable circuit is shown in Figure 1, page 46. This test shall be carried out in open loop, i.e. with the selector switch in position A.

The controller output shall be stabilized at 10% (or 90%) of the span. The integral action time shall then be set to the value that is to be measured. With the input and output signals recorded, an input step change ΔX of approximately +10% of span shall be introduced.

Figure 5, page 49, shows a graphical representation of the definition of integral action time together with typical controller response.

This test shall be performed first with $(X - W) > 0$, then with $(X - W) < 0$.

Notes 1. — This method does not apply to controllers with integral action only (floating controllers).

2. — For shorter time constants, it is advisable to introduce a step change of 5% in order to obtain better accuracy.

7.3.3 Linearity of integral action

A suitable circuit is shown in Figure 2.

Agir sur le générateur 2 afin de stabiliser le signal de sortie du régulateur à une valeur de 10 %.

Ajuster alors un temps de dosage d'intégration de 0,5 min environ.

Ajuster le générateur 3 à la valeur qui provoquera une augmentation de 10 % environ du signal de sortie.

Introduire une variation échelon en commutant les deux générateurs.

Noter la vitesse de variation du signal de sortie jusqu'à 100 % de l'étendue d'échelle.

Stabiliser le régulateur à 90 % de l'étendue d'échelle. Introduire une variation échelon négative d'amplitude égale à celle utilisée pour l'échelon positif précédent.

Noter la vitesse de variation du signal de sortie jusqu'à 0 % de l'étendue d'échelle.

Calculer la moyenne des valeurs obtenues en montant et descendant. Déterminer l'écart maximal.

Les essais spécifiés au paragraphe 7.3 ne permettent pas toujours de chiffrer les performances réelles de l'action intégrale, en particulier lorsqu'il existe un dispositif de limitation de l'action intégrale.

S'il en est ainsi, des essais appropriés doivent être définis entre l'organisme chargé de l'essai et le constructeur.

7.4 Action dérivée

7.4.1 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles spécifiées à l'article 5.

Effectuer, de plus, les réglages suivants :

- Ajuster 100 % de bande proportionnelle ou la valeur graduée la plus proche.
- Ajuster l'action intégrale à l'effet minimal (T_I maximal ou hors circuit si possible).
- Ajuster d'abord le temps de dosage de dérivation T_D à la valeur minimale, puis à la valeur maximale et enfin à une valeur intermédiaire (par exemple 0,1 min, 2,5 min et 0,5 min).

7.4.2 Modalités de l'essai

Le circuit représenté à la figure 3, page 47, peut être utilisé pour cette mesure. Réguler le générateur de rampe de façon à obtenir une augmentation de 10 % de l'étendue d'échelle dans un temps pratiquement égal au temps de dosage de dérivation T_D que l'on désire vérifier.

Stabiliser le signal de sortie à environ 10 %.

Au temps t_0 , appliquer le signal de rampe à l'entrée et enregistrer les évolutions de l'entrée et de la sortie (voir exemple, figure 6, page 50).

Le temps de dosage de dérivation T_D est directement issu de ces enregistrements (il correspond à l'intervalle de temps entre les deux droites parallèles).

Répéter cet essai dans le sens opposé en partant d'un signal de sortie stabilisé à 90 %.

Note. — Cet essai ne permet pas toujours de chiffrer la qualité de l'action dérivée; en particulier, il ne permet pas de chiffrer le gain maximal de l'action dérivée (voir l'article 10).

8. Action des grandeurs d'influence

Mesurer successivement l'action, sur la valeur de l'écart total permanent, d'un certain nombre de grandeurs d'influence, appliquées séparément. Les résultats doivent être exprimés en pourcentage de l'étendue d'échelle nominale.

8.1 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles spécifiées à l'article 5. Effectuer tous les essais décrits ci-après en boucle fermée, sauf indication contraire.

The controller output signal shall be stabilized at 10% value by adjusting generator 2.

The integral action time shall then be set at 0.5 min, approximately.

Generator 3 shall be adjusted to a value which would cause an increase of about 10% of span in the output signal.

A step change of input signal shall be introduced by switching the two generators.

The rate of change of the output signal up to 100% of span shall be recorded.

The controller shall be stabilized at 90% of span. A negative step change in input equal in magnitude to the positive step used previously shall be introduced.

The rate of change of the output signal to 0% of span shall be recorded.

The rate average of the upscale and downscale readings shall be determined. The maximum deviation shall be determined.

The tests specified in Sub-clause 7.3 do not always enable the actual performance of the integral action to be measured, particularly if a device for limiting integral action is provided.

If this is so, appropriate tests shall be agreed between the manufacturer and the evaluating body.

7.4 Derivative action

7.4.1 Initial conditions

Initial conditions are as specified in Clause 5.

In addition, the following settings shall be used:

- Adjust the proportional band to 100% or to the nearest scale mark.
- Adjust integral action for minimum effect (T_I maximum or off, if possible).
- Adjust derivative action time T_D first to its minimum, then to its maximum and finally to an intermediate value (for example 0.1 min, 2.5 min and 0.5 min).

7.4.2 Test procedure

A suitable circuit for this measurement is shown in Figure 3, page 47. The ramp function generator shall be set to give an increase of 10% of span in a time nearly equal to the derivative action time T_D being measured.

The output signal shall be stabilized at about 10%.

At time t_0 , the ramp signal shall be connected to the input and two graphs similar to those of Figure 6, page 50, shall be recorded.

The derivative action time T_D shall be directly read on these graphs (horizontal interval between the two straight parallel lines).

This test shall be repeated in the opposite direction with an output signal stabilized at 90%.

Note. — This test does not always enable the actual performance of the derivative action to be measured and, in particular, it does not measure the maximum gain due to the derivative action (see Clause 10).

8. Effect of influence quantities

The effect on the offset of a number of influence quantities, taken individually, shall be measured. Results shall be expressed as percentage of nominal span.

8.1 Initial conditions

Initial conditions are those specified in Clause 5. All tests described below shall be carried out in closed loop, unless otherwise stated.

En utilisant un montage analogue à celui de la figure 1, page 46, ajuster les temps de dosage d'intégration et de dérivation à leurs valeurs minimales et régler la bande proportionnelle à 100 % avec une valeur de consigne de 50 %.

8.2 Influences climatiques

8.2.1 Température ambiante

Mesurer l'écart total permanent aux températures de fonctionnement maximale et minimale recommandées par le constructeur, ainsi qu'à chacun des paliers des températures ambiantes ci-après, à condition qu'ils se situent à l'intérieur de la plage de température qui vient d'être définie: +20 °C (référence), 0 °C, -10 °C, -25 °C, +20 °C, +40 °C, +55 °C, +20 °C. L'ordre de succession des paliers indiqué doit être respecté. A la fin de ce premier cycle, effectuer un deuxième cycle de température identique au premier, sans retoucher au réglage du régulateur.

La tolérance sur la valeur de la température doit être de ± 2 °C pour chacun des paliers. Il convient d'attendre, à chaque palier, le laps de temps nécessaire pour que la température soit stabilisée en chaque point du régulateur.

8.2.2 Humidité relative

Maintenir le régulateur pendant au moins 48 h dans une enceinte à la pression atmosphérique, à une température de 40 ± 2 °C, avec une humidité relative au moins égale à 93 ± 2 %. Mettre le régulateur sous tension pendant les quatre dernières heures de cette période et mesurer l'écart total permanent à des intervalles de 20 % de l'étendue d'échelle.

Le régulateur étant toujours en fonctionnement, abaisser la température en dessous de 25 °C en un temps non inférieur à 1 h. L'enceinte doit rester fermée, de sorte que la saturation se produise au cours de cette période.

Après cet essai, procéder à un examen visuel de l'appareil, de façon à mettre éventuellement en évidence les amorçages, les accumulations d'eau de condensation, la détérioration des constituants, etc.

8.3 Influences mécaniques

8.3.1 Position

Mesurer la variation de l'écart total permanent provoquée par des inclinaisons de ± 10 ° par rapport à la position de référence du régulateur. Effectuer quatre mesures correspondant à des inclinaisons appliquées dans deux plans respectivement perpendiculaires.

Si une inclinaison de ± 10 ° est excessive de par la conception même du régulateur, l'essai est effectué en appliquant la variation d'inclinaison maximale admise par le constructeur.

8.3.2 Chocs

Effectuer cet essai conformément à la procédure décrite dans l'essai Ec de la Publication 68-2-31 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Deuxième partie: Essais, Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels.

Cet essai a pour objet:

- de représenter les coups et les cahots susceptibles de se produire lors des opérations de maintenance, ou en cours de manipulation brutale effectuée en utilisation;
- de vérifier que le matériel présente un degré minimal de robustesse mécanique.

La procédure « chute sur une face » doit être appliquée comme suit:

Le régulateur, placé dans sa position normale d'utilisation sur une surface lisse, dure et rigide de béton ou d'acier, est basculé autour d'une de ses arêtes inférieures jusqu'à ce que la distance entre l'arête opposée et la surface d'essai soit de 25 mm, 50 mm ou 100 mm (valeur choisie par accord entre le constructeur et l'utilisateur), ou jusqu'à ce que l'angle formé par la face inférieure du spécimen et la surface d'essai soit de 30°, si cette dernière condition est moins sévère. On le laisse ensuite tomber librement sur la surface d'essai.

Using a circuit similar to that of Figure 1, page 46, adjust the integral and derivative action times to their minimum values and set the proportional band to 100% with a set point of 50%.

8.2 Climatic influences

8.2.1 Ambient temperature

The offset shall be measured at the maximum and minimum operating temperatures recommended by the manufacturer and, if they are included in this operating range, at each of the following ambient temperatures: +20 °C (reference), 0 °C, -10 °C, -25 °C, +20 °C, +40 °C, +55 °C, +20 °C, step by step, in the order given, and without any adjustment. After the first cycle, a second temperature cycle identical to the first shall be performed without readjustment of the controller.

The tolerance for each temperature shall be ± 2 °C. Sufficient time shall be allowed for stabilization of the temperature at all parts of the controller.

8.2.2 Relative humidity

The controller shall be maintained for a period of at least 48 h in a chamber at atmospheric pressure, at a temperature of 40 ± 2 °C and a relative humidity of 93 ± 2 %. The controller shall be switched on for the final 4 h of the above period and the measurement of the offset shall be taken at intervals of 20 % of span.

With the controller still in operation, the temperature shall be allowed to fall below 25 °C in not less than 1 h. The chamber shall remain closed so that saturation shall take place during this period.

After this test, a visual inspection shall be conducted to check for effects of flashover, accumulation of condensation, deterioration of components, etc.

8.3 Mechanical influences

8.3.1 Attitude

The change in offset caused by $\pm 10^\circ$ inclinations from the reference attitude of the controller shall be measured. Four measurements shall be made with tilt applied in two planes at right angles to each other.

Where a $\pm 10^\circ$ inclination is excessive due to the design of the controller, the maximum variation in inclination permitted by the manufacturer shall be used.

8.3.2 Shocks

This test shall be made according to the test procedure Ec of IEC Publication 68-2-31, Basic Environmental Testing Procedures, Part 2: Tests, Test Ec: Drop and Topple, Primarily for Equipment-type Specimens.

The object of this test is:

- to represent knocks and jolts likely to occur during repair work or rough handling in use;
- to assess a minimum degree of mechanical ruggedness.

The procedure of “dropping on to a face” shall be applied as follows:

The controller, standing in its normal position of use on a smooth, hard, rigid surface of concrete or steel, is tilted about one bottom edge so that the distance between the opposite edge and the test surface is 25 mm, 50 mm or 100 mm (value chosen by agreement between manufacturer and user), or so that the angle made by the bottom and the test surface is 30° , whichever condition is the less severe. It is then allowed to fall freely on to the test surface.

Le régulateur est soumis à une chute autour de chacune des quatre arêtes inférieures.

A la fin de l'essai, examiner visuellement le régulateur et mesurer l'écart total permanent.

8.3.3 Vibrations mécaniques

Cet essai a pour objet de mesurer tout d'abord les variations de l'écart total permanent provoqué par les vibrations mécaniques susceptibles de se produire en service, ensuite de s'assurer que la robustesse du régulateur est satisfaisante dans ces conditions.

Exécuter l'essai sur un régulateur en cours de fonctionnement normal.

La procédure générale de l'essai est conforme à celle décrite dans la Publication 68-2-6 de la CEI: Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales).

Conformément aux instructions du constructeur pour l'installation normale, le régulateur est monté sur une table vibrante et soumis à des vibrations rectilignes sinusoïdales appliquées suivant trois axes trirectangulaires, dont l'un correspond à la verticale. La rigidité de la table vibrante, du plateau et des différents supports de montage doit être telle que l'impulsion vibratoire est transférée à l'instrument avec le minimum de pertes.

L'essai comporte trois phases distinctes successives:

Première phase: recherche initiale des résonances

Cette phase a pour but d'étudier la réponse du régulateur aux vibrations, de déterminer les fréquences de résonance et de rassembler les informations qui seront nécessaires pour la recherche finale des résonances et, le cas échéant, pour l'épreuve d'endurance sur les fréquences de résonance.

Au cours du balayage de fréquences, noter les valeurs de fréquence donnant lieu:

- a) soit à des variations significatives du signal de sortie et de l'écart total permanent,
- b) soit à des résonances mécaniques.

Noter les valeurs d'amplitude et de fréquence pour lesquelles ces effets se produiront, de façon à les comparer aux valeurs trouvées au cours de la recherche finale des résonances prescrite ci-après.

Le balayage de fréquences doit être continu et logarithmique. La vitesse de balayage doit être d'environ une octave par minute.

Choisir la gamme de fréquences pour cet essai parmi celles spécifiées dans la Publication 68-2-6 de la CEI. Ce choix doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur. La gamme de fréquences de 10 Hz à 150 Hz est considérée comme préférentielle.

Pour la gamme de fréquences de 10 Hz à 150 Hz, réaliser les essais avec une accélération constante égale à 5 m/s^2 .

Deuxième phase: épreuve d'endurance

Effectuer à nouveau l'essai qui vient d'être décrit, mais uniquement pour les fréquences de résonance trouvées au cours de la première phase.

La durée totale de cette phase doit être de 3 h, réparties non seulement dans la direction où les résonances ont été détectées, mais également dans les deux autres directions.

Si, au cours de la première phase, aucune fréquence de résonance n'a pu être mise en évidence, balayer la totalité de la gamme considérée.

Troisième phase: recherche finale des résonances

Effectuer la recherche des résonances suivant les mêmes modalités que la recherche initiale, avec les mêmes caractéristiques vibratoires.

Mesures finales

A la fin de l'essai, vérifier le bon état mécanique du régulateur. Noter la variation éventuelle de l'écart total permanent.

The controller is subjected to one drop about each of the four bottom edges.

After this test, the controller shall be examined and the offset measured.

8.3.3 *Mechanical vibrations*

The object of this test is firstly to measure the variation of offset induced by mechanical vibrations likely to be met in service; secondly to ensure that the robustness of the controller is satisfactory in these conditions.

The test shall be performed on a normally operating controller.

The general procedure of this test complies with that described in IEC Publication 68-2-6, Test Fc: Vibration (sinusoidal).

The controller shall be mounted, in accordance with the manufacturer's instructions for normal installation, on a vibration table and subjected to rectilinear sinusoidal vibrations in three mutually perpendicular axes, one of which shall be the vertical direction. The rigidity of the vibration table, of the mounting plate and of any mounting brackets used for supporting the instrument shall be such that the impulse is transferred to the instrument with the minimum of loss.

There are three distinct stages in this test:

First stage: initial resonance search

The object of this stage is to investigate the response of the controller to vibrations, to determine resonance frequencies and to collect information which is necessary for final resonance search and for endurance conditioning at resonance frequencies if necessary.

During the frequency sweeping, frequencies giving rise to:

- a) significant changes in the output signal and offset, or
- b) mechanical resonances,

shall be noted.

All the amplitudes and frequencies at which these effects occur shall be noted in order to be compared with those found during the final resonance search specified below.

Frequency sweeping shall be continuous and logarithmic. The sweep rate shall be approximately one octave per minute.

The frequency range proposed for this test shall be selected from the ranges specified in IEC Publication 68-2-6. The frequency range to be used shall be chosen by mutual agreement between user and manufacturer. 10 Hz to 150 Hz is the preferred frequency range.

If the frequency range is 10 Hz to 150 Hz, tests shall be performed with a constant acceleration equal to 5 m/s^2 .

Second stage: endurance conditioning

The test described above shall be repeated, but only for the resonance frequencies found during the first stage.

The total duration of this stage shall be 3 h evenly distributed not only in the direction where resonances have been found, but also in the two other directions.

If no resonance frequency has been found during the first stage, the whole range considered shall be swept.

Third stage: final resonance search

The final resonance search shall be made in the same way as the initial resonance search and with the same vibration characteristics.

Final measurements

The satisfactory mechanical condition of the controller shall be verified at the end of the test. Any change of offset shall be noted.

8.4 Influence de l'alimentation

8.4.1 Variations de l'alimentation

Mesurer l'influence sur l'écart total permanent et sur la sortie des variations suivantes de l'alimentation :

- *Tension ou pression de l'air de l'alimentation*: $+10\%$, -15% ou les limites spécifiées par le constructeur si elles sont plus restreintes.
- *Fréquence*: $\pm 2\%$, puis $\pm 10\%$ ou les limites spécifiées par le constructeur si elles sont plus restreintes.

Répéter l'essai à la charge maximale et à une sortie de 100% .

8.4.1.1 Interruption de longue durée

Maintenir le régulateur sans alimentation pendant 24 h, aucun signal d'entrée ne lui étant appliqué. Les conditions ambiantes doivent être conformes à l'article 5.

Appliquer alors l'alimentation et le signal d'entrée, la valeur de consigne étant ajustée à 50% de l'étendue d'échelle. Noter la valeur de l'écart total permanent après 5 min et après 1 h.

8.4.1.2 Interruption de courte durée (régulateurs électriques uniquement)

Effectuer cet essai en boucle ouverte, la sortie du régulateur étant réglée à 50% de l'étendue d'échelle.

Interrompre l'alimentation pendant :

5 ms, 20 ms, 100 ms, 200 ms, 500 ms.

Provoquer cette interruption au moment où la tension d'alimentation alternative atteint sa valeur de crête.

Réaliser l'essai avec T_I ajusté à sa valeur maximale et T_D à sa valeur minimale.

Noter les valeurs suivantes :

- variation transitoire maximale du signal de sortie;
- temps requis par le signal de sortie pour atteindre la valeur de régime permanent à 1% près;
- variation permanente du signal de sortie (éventuellement).

Afin d'améliorer la précision des résultats, répéter plusieurs fois cet essai, l'intervalle de temps entre deux essais étant au moins égal à 10 fois la durée de l'interruption.

8.4.1.3 Surtensions transitoires d'alimentation

Les impulsions de tension sont produites par la décharge d'un condensateur et se superposent à la tension d'alimentation. L'énergie du condensateur doit être de 0,1 J et l'amplitude des surtensions successivement égale à 100% , 200% , 300% et 500% (en pourcentage de la tension d'alimentation en valeur efficace).

La capacité du condensateur se calcule d'après les valeurs d'énergie et d'amplitude.

Il convient de protéger les circuits d'alimentation au moyen d'un filtre convenable, comprenant une inductance de $500\ \mu\text{H}$ capable de supporter le courant en ligne.

Appliquer, soit deux impulsions de chaque amplitude au moment où la tension d'alimentation atteint sa valeur de crête, soit un minimum de 10 impulsions à des instants répartis de façon aléatoire par rapport à la tension d'alimentation. Enregistrer, le cas échéant, les phénomènes transitoires ou les variations permanentes affectant le signal de sortie.

8.4.2 Influence de mode commun

Cet essai n'est applicable qu'aux régulateurs dont les entrées et sorties électriques sont isolées par rapport à la terre.

L'essai consiste à mesurer les variations en régime permanent provoquées par l'application d'un signal en courant alternatif de 250 V valeur efficace à la fréquence du réseau entre la terre et chacune des bornes d'entrée et de sortie, prises successivement. Si le constructeur spécifie une valeur inférieure à 250 V, c'est cette valeur qui doit être retenue.

8.4 Power supply influences

8.4.1 Power supply variations

The effect on offset and output of the following variations in the power supply shall be measured:

— *Voltage or air pressure*: +10%, –15% or, if less, the manufacturer's limits.

— *Frequency*: $\pm 2\%$, then $\pm 10\%$ or, if less, the manufacturer's limits.

The test shall be repeated with maximum load and 100% output.

8.4.1.1 Long interruption

The controller shall be held during 24 h with the power switched off and no input applied. Ambient conditions shall be in accordance with Clause 5.

The power supply (and input) shall then be switched on with the set point adjusted to 50% of span. The offset shall be noted after 5 min and 1 h.

8.4.1.2 Short interruption (electric controllers only)

This test shall be performed in open loop with the controller output balanced at 50% of span.

The power supply shall be interrupted for:

5 ms, 20 ms, 100 ms, 200 ms, 500 ms.

This interruption shall be induced when the supply a.c. voltage reaches its peak value.

This test shall be performed with T_I set to its maximum value and T_D set to its minimum value.

The following values shall be noted:

- the maximum transient change in output;
- the time taken for the output to reach and remain within 1% of its steady-state value;
- any permanent change in output.

In order to increase the accuracy of results, this test shall be repeated several times, the period of time between two tests being at least equal to 10 times the duration of the interruption.

8.4.1.3 Power supply transient overvoltages

Voltage spikes shall be generated by capacitor discharge and superimposed on the mains supply. The capacitor energy shall be 0.1 J and the spike amplitudes 100%, 200%, 300% and 500% overvoltage (percentage of mains r.m.s. voltage).

The appropriate capacity of the capacitor can be calculated from the energy and the amplitude.

The power supply lines shall be protected by a suitable suppression filter, consisting at least of a choke of 500 μ H, capable of carrying the line current.

Two pulses of each amplitude phased to mains peak voltage shall be applied or alternatively at least 10 pulses randomly phased with respect to the mains supply. Any transients appearing at the output of the instrument, or d.c. output changes, shall be recorded.

8.4.2 Common mode interference

This test is applicable only to controllers with electrical inputs and outputs which are isolated from earth.

This test shall be carried out by measurement of the steady-state changes caused by the application of an a.c. signal of 250 V r.m.s. at mains frequency between earth and each input and output terminal in turn. If the manufacturer specifies a value less than 250 V, then this lower value shall be used instead. The phase of the interfering

pour l'essai. Dans tous les cas, faire varier le déphasage du signal perturbateur de 0° à 360° par rapport à la tension d'alimentation du régulateur. Le schéma de principe de cet essai est indiqué sur la figure 1, page 46.

Note. — Les résultats de l'essai dépendent, de toute évidence, des caractéristiques du circuit adaptateur. En conséquence, il convient que l'impédance de sortie de cet amplificateur corresponde à celle des transmetteurs habituellement utilisés avec le régulateur.

8.4.3 Influence de mode série (voir la figure 9, page 52)

L'essai consiste à mesurer la variation du signal de sortie provoquée par l'injection, dans le signal d'entrée électrique, d'un courant alternatif à la fréquence du réseau. Faire varier le déphasage du signal injecté de 0° à 360° par rapport à la tension d'alimentation du régulateur. La source du courant injecté doit être isolée de la terre par un transformateur approprié. Un condensateur de $10\ \mu\text{F}$ doit être disposé entre les bornes de sortie du circuit adaptateur qui transmet le signal d'entrée au régulateur.

Déterminer l'amplitude du signal de mode série à injecter dans le réseau d'entrée pour provoquer une variation de 0,5 % du signal de sortie moyen en courant continu, à 10 % puis 90 % de l'étendue d'échelle (les valeurs limites spécifiées par le constructeur étant respectées). Noter, le cas échéant, l'amplitude de la composante alternative éventuellement induite dans le signal de sortie par la tension de mode série.

Note. — Cet essai peut s'avérer trop sévère pour les systèmes dans lesquels le signal est une tension plutôt qu'un courant. Dans ce cas, choisir une procédure d'essai appropriée par accord entre constructeur et utilisateur.

8.4.4 Mise à la terre

Cet essai n'est applicable qu'aux régulateurs dont les entrées et sorties électriques sont isolées de la terre.

L'essai consiste à mesurer la variation en régime permanent du signal de sortie provoquée par la mise à la terre successive de chaque borne d'entrée et de sortie.

8.5 Influence de l'impédance de charge (régulateurs électriques seulement)

La bande proportionnelle étant réglée à 100 %, ajuster les temps de dosage d'intégration et de dérivation à leurs valeurs minimales et stabiliser la sortie à 50 % de l'étendue d'échelle.

Mesurer la variation de l'écart total permanent provoquée par une variation de l'impédance de charge entre la valeur minimale et la valeur maximale spécifiées par le constructeur.

Sauf indication contraire de la part du constructeur, effectuer un essai à impédance nulle (court-circuit) et un essai à impédance infinie (à vide), la durée de l'essai étant de 1 min et l'écart total permanent étant mesuré après rétablissement de la charge de référence.

8.6 Influence du temps (essai accéléré de durée de vie)

8.6.1 Conditions initiales

Le schéma de principe de cet essai est indiqué sur la figure 1.

Les conditions initiales sont celles spécifiées à l'article 5.

Ajuster les temps de dosage d'intégration et de dérivation à leurs valeurs minimales, la bande proportionnelle étant réglée à 100 % et la valeur de consigne fixée à 50 % de l'étendue d'échelle.

8.6.2 Modalités de l'essai

Effectuer cet essai en boucle fermée.

Mettre le régulateur en fonctionnement continu pendant un minimum de 7 jours, avec un signal d'entrée X sinusoïdal de fréquence 0,5 Hz et d'amplitude crête à crête égale à 50 % de l'étendue d'échelle et centré à 50 %.

Mesurer la valeur de l'écart total permanent à des intervalles de temps suffisants pour déterminer une variation éventuelle.

Noter la valeur maximale de variation de l'écart total permanent.

signal shall, in each case, be varied over 360° with respect to the phase of the mains input to the controller power supply. A suitable circuit for this test is shown in Figure 1, page 46.

Note. — The results of this test are clearly dependent on the characteristics of the adapting circuit. Therefore, the output impedance of this amplifier should correspond with that of transmitters normally used with the controller.

8.4.3 *Series mode interference (see Figure 9, page 52)*

This test shall be carried out by measuring the output change caused by the injection into the electrical input of an alternating current at mains frequency. The phase of the injected signal shall be varied over 360° relative to the phase of the mains supply to the controller. The source of the injected current should be isolated from earth by a suitable transformer. A capacitor of $10\ \mu\text{F}$ should be placed across the output terminals of the adapting circuit supplying the input signal to the controller.

The levels of amplitude of interference in series with the input terminals (not to exceed the manufacturer's stated maximum) shall be found which cause a 0.5 % d.c. change in mean output signal at 10 % of span and 90 % of span. Any a.c. induced in the output signal due to the applied series mode voltage shall be noted.

Note. — This test may well be too severe for systems in which the signal is a voltage rather than a current. In this case, a test procedure shall be agreed between manufacturer and user.

8.4.4 *Earthing*

This test is applicable only to controllers with electrical inputs and outputs which are isolated from earth.

The test shall be carried out by measurement of the steady-state change of the output signal caused by earthing each input and output terminal in turn.

8.5 *Effect of load impedance (electric controllers only)*

With a proportional band of 100 %, the integral and derivative action times shall be set at minimum values and the output stabilized at 50 % of span.

The change of offset caused by a change of load impedance from the minimum to the maximum values specified by the manufacturer shall be measured.

Unless otherwise specified by the manufacturer, a zero load impedance test (short circuit) and an infinite load impedance test (open circuit) shall be performed for 1 min and the offset measured after restoring reference load.

8.6 *Time influence (accelerated life test)*

8.6.1 *Initial conditions*

A suitable circuit for this test is shown in Figure 1.

Initial conditions are as specified in Clause 5.

The integral and derivative action times shall be adjusted to minimum, with the proportional band set to 100 % and the set point fixed to 50 % of span.

8.6.2 *Test procedure*

This test shall be carried out in closed loop.

The controller shall be operated continuously for at least 7 days with a sinusoidal input signal X of 0.5 Hz frequency and a peak-to-peak amplitude equal to 50 % of span and centred on 50 %.

Values of the offset shall be measured sufficiently frequently to determine any change.

The maximum value of change in offset shall be noted.

9. Caractéristiques du circuit de sortie et consommation de puissance

9.1 *Energie consommée et fournie*

9.1.1 *Généralités*

Il convient d'effectuer les essais successivement avec et, lorsque l'appareil s'y prête, sans le dispositif de commutation automatique-manuel. Dans ce dernier cas, seul le modèle de dispositif recommandé par le constructeur du régulateur doit être utilisé.

9.1.2 *Conditions initiales*

Le schéma de montage de la figure 1, page 46, (sélecteur sur A) peut être utilisé pour cet essai.

Les conditions initiales sont celles spécifiées à l'article 5 avec les réglages suivants:

- bande proportionnelle: 100 %;
- temps de dosage d'intégration et de dérivation: à leur valeur graduée minimale;
- signal de sortie: ajusté à 50 %.

9.1.3 *Débit d'air maximal fourni ou évacué (régulateurs pneumatiques)*

Tirer différents volumes d'air de la conduite de sortie du régulateur et mesurer l'écart total permanent pour chaque débit fourni. Envoyer ensuite différents volumes d'air dans la conduite de sortie du régulateur et mesurer l'écart total permanent pour chaque débit évacué.

Tracer ensuite, conformément à la figure 7, page 51, la courbe de l'écart total permanent en fonction du débit. Ce graphique permet de déterminer:

- 1) le débit maximal fourni pour un écart total permanent de 50 %;
- 2) le débit maximal évacué pour un écart total permanent de 50 %;
- 3) l'écart total permanent pour un débit fourni de 0,2 m³/h et de 0,4 m³/h*;
- 4) l'écart total permanent pour un débit évacué de 0,2 m³/h et de 0,4 m³/h*.

Une discontinuité de la courbe caractéristique est appelée « zone neutre du relais de sortie » (voir la figure 7). Exprimer la variation de débit correspondante en pourcentage de l'échelle totale. Déterminer également les débits d'air correspondants (fournis ou évacués).

9.1.4 *Consommation d'air en régime établi (régulateurs pneumatiques)*

Mesurer, après stabilisation, la consommation totale du régulateur dont la sortie est connectée à une capacité étanche pour différentes valeurs de la pression de sortie. Indiquer la valeur maximale du débit.

9.1.5 *Puissance consommée (régulateurs électriques)*

L'impédance de charge étant à sa valeur de référence et la valeur de consigne ajustée à 90 % de l'étendue d'échelle, mesurer la puissance consommée par le régulateur aux valeurs minimale et maximale de la fréquence du réseau spécifiées par le constructeur. Effectuer cet essai une fois en mode « automatique » et une fois en mode « manuel ».

9.2 *Transfert « automatique-manuel »*

Pour les besoins de cet essai, il convient de distinguer deux types de régulateurs:

- ceux nécessitant un équilibrage manuel; le résultat est lié à l'habileté de l'opérateur, et
- ceux comportant un équilibrage automatique; les essais spécifiés aux paragraphes 9.2.1 et 9.2.2 concernent ce type de régulateurs.

Pour cet essai, les caractéristiques dynamiques de l'appareil utilisé pour mesurer le signal de sortie du régulateur sont d'une grande importance.

* Dans les conditions normales.

9. Output characteristics and power consumption

9.1 Consumed and delivered energy

9.1.1 General

Tests should be carried out both with and, where applicable, without an auto-manual station. When testing with the auto-manual station, only that type of auto-manual station recommended by the controller manufacturer shall be used.

9.1.2 Initial conditions

A suitable arrangement for conducting this test is shown in Figure 1, page 46 (selector on A).

Initial conditions are as specified in Clause 5. The following settings shall be adopted:

- proportional band: 100 %;
- integral and derivative action times: set to the minimum value;
- output signal: adjusted to 50 %.

9.1.3 Maximum air flow delivered or exhausted (pneumatic controllers)

Varying amounts of air shall be bled from the controller output line and the offset measured for each delivered flow rate. Varying amounts of air shall then be bled into the controller output line and the offset measured for each exhausted flow rate.

The offset shall then be plotted against flow in accordance with Figure 7, page 51. Such a graph permits the determination of:

- 1) maximum delivered flow for a 50 % offset;
- 2) maximum exhausted flow for a 50 % offset;
- 3) offset when delivering a flow of 0.2 m³/h and 0.4 m³/h;*
- 4) offset when exhausting a flow of 0.2 m³/h and 0.4 m³/h.*

A discontinuity in the flow characteristic is termed “the output relay neutral zone” (see Figure 7). The corresponding flow variation shall be expressed as a percentage of full scale. The corresponding air flows (delivered or exhausted) shall also be determined.

9.1.4 Steady-state air consumption (pneumatic controllers)

With the controller stabilized at various values of output and the output connected to a sealed capacity to ensure no flow from the output connection, the air supply to the controller shall be measured and the maximum flow recorded.

9.1.5 Power consumption (electric controllers)

With the load impedance adjusted to its reference value and the set point at 90 % of span, the power consumed by the controller shall be measured at the minimum and maximum values of the power supply frequency specified by the manufacturer. This test shall be carried out first in the “automatic” position, then in the “manual” position.

9.2 “Automatic-to-manual” transfer

For the purpose of this test, two types of controllers are recognized:

- controllers requiring manual matching; when the results depend upon the operator’s ability, and
- controllers involving automatic matching; the tests specified in Sub-clauses 9.2.1 and 9.2.2 are for this type of controllers.

For this test, the transient performance of the instrument used to measure the controller output signal is of considerable importance.

* In normal conditions.

9.2.1 Transfert « manuel-automatique »

9.2.1.1 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles spécifiées à l'article 5.

Le régulateur doit être en commande manuelle avec les réglages suivants:

- bande proportionnelle: 100 %;
- action intégrale: afficher la valeur graduée la plus proche de 1 min;
- action dérivée: afficher la graduation minimale.

9.2.1.2 Modalités de l'essai

Sauf indications contraires du constructeur, adopter la procédure suivante:

- a) Maintenir l'écart total permanent ($X - W$) le plus voisin possible de zéro, le signal de sortie étant maintenu constant pendant 10 min, puis effectuer la commutation en suivant les indications du constructeur. Noter l'amplitude de la crête transitoire du signal de sortie ainsi que son amplitude au bout de 5 s.
- b) Répéter l'essai, mais avec un écart total permanent ($X - W$) égal à 10 % de l'étendue d'échelle.

9.2.2 Transfert « automatique-manuel »

Effectuer la commutation selon les indications du constructeur et noter toute discontinuité du signal de sortie.

Dans le cas des régulateurs pneumatiques, s'il existe sur le commutateur de transfert une position intermédiaire où la vanne est isolée à la fois de la sortie du régulateur et de celle de l'émetteur de télécommande, vérifier son étanchéité en notant la chute de pression dans un volume de 1 litre pendant une durée de 1 min.

9.3 Facteur d'ondulation du signal de sortie

La valeur de crête à crête et la valeur efficace de l'ondulation contenue dans le signal de sortie, ainsi que la fréquence de la composante alternative principale, doivent être mesurées pour des signaux d'entrée de 10 %, 50 % et 90 %.

Lorsque des signaux impulsionnels sont superposés au signal de sortie, il est nécessaire de spécifier la bande passante de l'appareil de mesure utilisé et d'effectuer les mesures dans les conditions de charge nominales avec une capacité de charge fixée conventionnellement à 500 pF.

10. Réponse harmonique

10.1 Objet des essais de réponse harmonique

Trois caractéristiques importantes de l'appareil peuvent être déterminées au moyen de ces essais:

- 1) La fréquence de coupure supérieure de l'action proportionnelle. Pour cette détermination, régler la bande proportionnelle à 100 %, le temps de dosage d'intégration à sa valeur minimale (effet maximal) et le temps de dosage de dérivation à sa valeur minimale (effet minimal).
- 2) Le gain maximal de l'action intégrale à basse fréquence. Pour cette détermination, régler la bande proportionnelle à 100 %, le temps de dosage d'intégration à la valeur minimale (action maximale) et le temps de dosage de dérivation à la valeur minimale (action minimale).
- 3) Le gain maximal de l'action dérivée et le déphasage à fréquence élevée. Pour ces déterminations, régler la bande proportionnelle à 100 %, l'action intégrale à son effet minimal (temps de dosage d'intégration maximale ou action intégrale hors service) et l'action dérivée à la valeur minimale de la graduation du cadran de réglage.

Note. — Il existe d'autres méthodes d'analyse dynamique qui peuvent être plus rapides et plus efficaces que la méthode décrite ci-après. Le présent essai d'analyse harmonique a donc été volontairement simplifié de façon à pouvoir être effectué au moyen d'appareils couramment disponibles.

9.2.1 “Manual-to-automatic” transfer

9.2.1.1 Initial conditions

The initial conditions are as specified in Clause 5.

The controller shall be manually operated with the following settings:

- proportional band: 100%;
- integral action: set to the scale mark nearest to 1 min;
- derivative action: set to the minimum scale mark.

9.2.1.2 Test procedure

Unless otherwise stated by the manufacturer, the following procedure shall be adopted:

- a) Maintain the offset ($X - W$) as closely as possible to zero, with the output signal constant for 10 min. The transfer shall then be initiated as specified by the manufacturer. The transient peak amplitude of the output signal and the amplitude after 5 s shall be recorded.
- b) The test shall be repeated with the offset ($X - W$) equal to 10% of span.

9.2.2 “Automatic-to-manual” transfer

The change-over shall be initiated as specified by the manufacturer and any output signal discontinuity shall be noted.

For pneumatic controllers, when the transfer switch has an intermediate position where the valve is separated from the controller output and from the remote control transmitter, the air-tightness of the valve shall be assessed by measuring the pressure drop in a volume of 1 litre for 1 min.

9.3 Ripple content of output

The peak-to-peak and r.m.s. values and the mains frequency component of any a.c. ripple content of the output shall be measured with 10%, 50% and 90% input signals.

When pulse signals are superimposed on the output signal, it is necessary to specify the passband of the measuring instrument used, and to carry out the measurements under rated load conditions with a load capacitance fixed by convention at 500 pF.

10. Frequency response

10.1 Application of frequency response tests

Three important instrument characteristics can be determined from these tests:

- 1) High-frequency cut-off of proportional action. For this test, the proportional band shall be set to 100%, integral action time to minimum value (maximum effect), derivation action time to minimum value (minimum effect).
- 2) Maximum integral gain at low frequency. For this test, the proportional band shall be set to 100%, integral action time to minimum value (maximum effect), derivative action time to minimum value (minimum effect).
- 3) Maximum derivative gain and phase shift available at high frequency. For this test, the proportional band shall be set to 100%, integral action for minimum effect (maximum integral action time or off), derivative action to minimum scale graduation.

Note. — Other methods of dynamic analysis which may be faster and more effective than the method described below are available. The above harmonic test has therefore been expressly simplified so that it may be carried out using the most commonly available apparatus.

10.2 Modalités de l'essai

Essayer le régulateur avec les accessoires prévus par le constructeur pour un fonctionnement normal: commutateur manuel-automatique, relais et dispositifs de transfert.

Ajuster la valeur de consigne à environ 50 % de son étendue d'échelle.

L'amplitude du signal sinusoïdal injecté à l'entrée doit être suffisante pour permettre une mesure correcte, tout en restant relativement faible (elle ne doit pas dépasser 20 % de l'indication maximale de l'échelle crête à crête).

La gamme de fréquences à explorer doit être fonction des caractéristiques du régulateur et doit permettre de déterminer ω_1 et ω_2 par leurs courbes asymptotiques (généralement entre 10 Hz et 10^{-3} Hz) (voir la figure 10, page 52).

Si le signal de sortie présente une distorsion, noter cette particularité.

10.3 Dépouillement des résultats

Tracer les courbes de Bode (amplitude-fréquence) pour un nombre suffisant de valeurs mesurées des coefficients K_P , K_I , K_D , par exemple celles correspondant aux combinaisons suivantes:

K_P	Bande proportionnelle %	T_I (Min.)	T_D (Min.)
1	100	Maximum (ou hors service)	Minimum (ou hors service)
1	100	Minimum	Minimum (ou hors service)
1	100	Maximum (ou hors service)	Valeur graduée minimale
1	100	10	2,5
1	100	10	1
1	100	0,6	0,15
1	100	1	0,1
10	10	2	0,5

Les courbes de Bode ainsi obtenues sont comparées à celles correspondant à l'équation (1) (voir le paragraphe 3.1).

Note. — Pourvu que les valeurs ω_1 , ω_2 , ω_3 et ω_4 soient suffisamment éloignées l'une de l'autre, une bonne approximation est donnée par:

$$T_1 = \frac{1}{\omega_1} = T_I$$

$$T_2 = \frac{1}{\omega_2} = T_D$$

En outre:

$$T_3 = \frac{1}{\omega_3} \text{ et } T_4 = \frac{1}{\omega_4}$$

doivent être relevées.

La figure 10 représente les valeurs de K_P et $K_P (1 + V_D)$ où V_D est le gain maximal d'action dérivée, et $K_P (1 + V_I)$ où V_I est le gain maximal d'action par intégrale.

11. Essais divers

11.1 Essai de surtension (voir la Publication 348 de la CEI: Règles de sécurité pour les appareils de mesure électroniques)

Effectuer les essais de surtension avec une tension d'essai sensiblement sinusoïdale et dont la fréquence est celle de l'alimentation du régulateur.

Appliquer la tension d'essai entre les deux bornes d'alimentation connectées ensemble et reliées à la terre. Connecter les autres bornes entre elles et les relier à la terre.

Régler la tension de l'appareillage d'essai sans charge à 50 % de la tension d'essai puis la connecter au régulateur en essai. Le transformateur utilisé pour cet essai doit avoir une capacité d'au moins 500 VA.

10.2 Test procedure

The controller shall be tested with the equipment provided by the manufacturer for normal operation: manual-automatic transfer switch, relays and transfer devices.

The set point shall be adjusted to about 50 % of span.

The amplitude of the sinusoidal signal applied to the input shall be sufficient to allow measurement, while keeping a relatively low value (not exceeding 20 % of full scale peak-to-peak).

The frequency range to be explored shall depend on the design of controller and shall allow the measurement of ω_1 and ω_2 by their asymptotes (generally from 10 Hz to 10^{-3} Hz) (see Figure 10, page 52).

If distortion is apparent in the output signal, this should be reported.

10.3 Analysis of test results

The Bode diagram (amplitude-frequency) shall be plotted for a sufficient number of measured values of factors K_P , K_I , K_D . For example, the combinations shown below:

K_P	Proportional band %	T_I (Min.)	T_D (Min.)
1	100	Maximum (or off)	Minimum (or off)
1	100	Minimum	Minimum (or off)
1	100	Maximum (or off)	Minimum scale graduation
1	100	10	2.5
1	100	10	1
1	100	0.6	0.15
1	100	1	0.1
10	10	2	0.5

The Bode diagram thus obtained is compared to the Bode diagram corresponding to equation (1) (see Sub-clause 3.1.).

Note. — Provided that the values of ω_1 , ω_2 , ω_3 and ω_4 are far enough apart from each other, a fair approximate calculation is:

$$T_1 = \frac{1}{\omega_1} = T_I \quad T_2 = \frac{1}{\omega_2} = T_D$$

In addition:

$$T_3 = \frac{1}{\omega_3} \text{ and } T_4 = \frac{1}{\omega_4}$$

shall be given

Figure 10 shows the values K_P and $K_P (1 + V_D)$ where V_D is the maximum derivative gain, and $K_P (1 + V_I)$ where V_I is the maximum integral gain.

11. Miscellaneous tests

11.1 Voltage test (see IEC Publication 348, Safety Requirements for Electronic Measuring Apparatus)

Voltage tests shall be performed with a test voltage of substantially sinusoidal waveform, its frequency being that of the power supply used by the controller.

The test voltage shall be applied between the two power supply terminals, both of which shall be connected together and to earth. The remaining terminals shall be connected together and to earth.

The off-load voltage of the testing apparatus shall be initially set to 50 % of the test voltage and then connected to the controller under test. The transformer used for this test must have a capacity of at least 500 VA.

Augmenter lentement la tension d'essai jusqu'à 1,5 kV par échelons suffisamment petits pour qu'aucune sur-tension transitoire appréciable ne se produise, puis la maintenir à cette valeur pendant 1 min et ensuite la diminuer lentement jusqu'à zéro.

11.2 Résistance d'isolement

Mesurer la résistance d'isolement entre chaque borne du circuit d'alimentation et la terre. Effectuer la mesure avec une tension continue de 500 V, sauf si le constructeur spécifie une valeur inférieure. Lorsque les bornes de sortie de l'appareil sont isolées par rapport à la terre, mesurer la résistance d'isolement par rapport à la terre à la tension maximale spécifiée par le constructeur.

Note. — En accord avec le constructeur, cet essai peut, dans certains cas, ne pas être effectué, par exemple lorsqu'il s'agit d'une alimentation continue à très basse tension.

11.3 Surcharge d'entrée

Régler le signal de mesure à 50 % de surcharge (par exemple à une valeur égale à 150 % de l'étendue d'échelle) pendant 1 min, dans les conditions de référence (voir l'article 5) et en utilisant le montage de la figure 1, page 46. Régler ensuite le signal de mesure à 50 % de l'étendue d'échelle et, au bout de 5 min, stabiliser la sortie à 50 % et mesurer l'écart total permanent. Pour les appareils utilisant des signaux à zéro décalés (par exemple 0,2 bar à 1,0 bar, 4 mA à 20 mA), répéter l'essai, le signal de mesure étant réglé à zéro (le zéro réel et non 0 % de l'étendue d'échelle).

Si possible, effectuer également cet essai pour une surcharge de 50 % sur la valeur de consigne W .

12. Documentation

Le constructeur doit fournir au laboratoire d'évaluation les notices d'installation, de mise en service, d'exploitation, d'entretien et de dépannage du régulateur. La liste des pièces de rechange et une liste des pièces de rechange qu'il est recommandé de garder en stock doivent également être fournies.

Le constructeur doit également indiquer la formule théorique donnant la meilleure expression des caractéristiques entrée/sortie du régulateur.

Pour satisfaire à cette norme, certaines opérations doivent être effectuées selon la procédure indiquée par le constructeur. La personne qui effectue l'évaluation peut ainsi commenter la bonne adaptation et la clarté de ces instructions.

13. Examen technique

Examiner les détails de conception ou de réalisation du régulateur susceptibles de constituer des points faibles en exploitation.

Cet examen doit porter par exemple sur: le degré de protection mécanique des parties actives, l'interchangeabilité des pièces de rechange, la protection contre les intempéries, la facilité d'inversion de l'action de régulation, etc.

Autant que possible, effectuer une estimation de la qualité des composants et matériaux.

14. Rapport d'évaluation

Outre les résultats d'essais, présentés conformément aux prescriptions de cette norme, le rapport d'essais doit mentionner les points suivants:

- date et lieu des essais;
- référence à la présente norme;
- caractéristiques d'identification de l'appareil essayé (type, modèle, numéro de série, etc.);
- conditions de référence et d'essais, telles qu'elles sont définies dans la norme;
- incidents éventuels susceptibles d'avoir influencé les résultats;
- remarques du constructeur.

The test voltage shall be raised smoothly to 1.5 kV by such steps that no appreciable transient overvoltages occur, maintained for 1 min and then lowered smoothly to zero.

11.2 *Insulation resistance*

The insulation resistance between each power supply terminal and earth shall be measured. Unless the manufacturer specifies a lower value, this measurement shall be made using a direct voltage of 500 V. When the instrument output terminals are isolated from earth, the insulation resistance to earth shall be measured at the maximum voltage specified by the manufacturer.

Note. — This test may be omitted by agreement with the manufacturer when, for example, the power supply is extra-low voltage.

11.3 *Input overload*

Under reference conditions (see Clause 5) and using the circuit shown in Figure 1, page 46, the measured value signal shall be set to 50 % overload (i.e. to a value equal to 150 % of span) for 1 min. The measured value signal shall be then set to 50 % of span and, after 5 min, the output shall be stabilized at 50 % and the offset measured. For instruments using elevated zero signals (e.g. 0.2 bar to 1.0 bar, 4 mA to 20 mA), the test shall be repeated with measured value signals set to 0 (actual 0, not 0 % of span).

This test shall be carried out also, if possible, with a 50 % overload induced on the set point *W*.

12. **Documentary information**

The manufacturer shall supply to the evaluating body information for installation, commissioning, operation, routine maintenance and repair of the controller. A spare parts list together with a recommendation of the spare parts to be held in stock shall also be supplied.

The manufacturer shall also state the theoretical formula giving the best expression of the input/output characteristics of the controller.

This standard specifies that certain operations shall be carried out in the manner specified by the manufacturer. Thus, the evaluator may comment on the suitability and clarity of the instructions.

13. **Technical examination**

Design or constructional details of the controller likely to cause troublesome operation shall be examined.

This examination shall involve, for instance: degree of enclosure of the working parts, interchangeability of spare parts, weatherproofing, reversal of control action, etc.

As far as possible, an assessment of the quality of the components and material used should also be made.

14. **Evaluation report**

In addition to the test results, presented in accordance with this standard, the test report shall include the following:

- date and place of tests;
- reference to this standard;
- identification characteristics of the instrument tested (type, model, serial No., etc.);
- reference and test conditions, as specified in the standard;
- any significant occurrences likely to have influenced the results;
- manufacturer's comments.

15. Présentation des résultats

Désignation	Renseignements à fournir		Se référer à l'article ou au paragraphe
	Unités	Observations	
1. Valeur de consigne	% de l'étendue d'échelle	Valeurs réelles en pour-cent correspondant aux valeurs ajustées suivantes: 0 %, 20 %, 40 %, 50 %, 60 %, 80 % et 100 % dans le sens croissant puis décroissant Répéter ce cycle au moins trois fois et calculer l'erreur moyenne, la répétabilité et l'hystérésis	7.1
2. Ecart total permanent	% de l'étendue d'échelle	Ecart total permanent maximal, positif et négatif pour trois réglages de la bande proportionnelle: 100 %, minimal et maximal (ou la graduation la plus proche)	6
3. Coefficient d'action proportionnelle	Rapport (sans dimension)	Rapports obtenus en réglant la bande proportionnelle à 100 %, au minimum et au maximum	7.2
4. Erreur de graduation	% de la valeur graduée	Ecart par rapport à la graduation	7.2.2
5. Zone neutre	% de l'étendue d'échelle	Applicable aux régulateurs comportant des embellages mécaniques seulement. Valeur maximale d'entrée ne provoquant pas de variation sensible de la sortie	7.2.3
6. Temps de dosage d'intégration	Minutes	Temps relevés en ajustant les valeurs maximales, minimales et intermédiaires pour des variations d'entrée positives et négatives	7.3
7. Linéarité de l'action intégrale	Rapport (sans dimension)	Rapport entre les pentes maximale et minimale obtenues pour un réglage du temps de dosage d'intégration donné avec des variations d'entrée positives et négatives	7.3.3
8. Temps de dosage de dérivation	Minutes	Temps relevés en ajustant les valeurs maximales, minimales et intermédiaires pour des variations d'entrée positives et négatives	7.4
9. Variations de l'alimentation (tension ou pression atmosphérique)	% de l'étendue d'échelle	Variations de l'écart total permanent provoquées par des variations de +10 % et -15 % de la tension ou de la pression atmosphérique	8.4.1
10. Variations de l'alimentation (fréquence)	% de l'étendue d'échelle	Variations de l'écart total permanent provoquées par des variations de fréquence de $\pm 2\%$ et $\pm 10\%$	8.4.1
11. Variations de l'alimentation (interruption de longue durée)	% de l'étendue d'échelle	Variations de l'écart total permanent, mesurées 5 min et 1 h après avoir appliqué la tension d'alimentation, le régulateur étant resté auparavant 24 h non alimenté; cela pour des valeurs de consigne minimale et maximale	8.4.1.1
12. Variations de l'alimentation (interruption de courte durée)		Pour des interruptions de 5 ms, 20 ms, 100 ms, 200 ms et 500 ms et pour des temps de dosage d'intégration et de dérivation minimaux, maximaux et moyens:	8.4.1.2
	% de l'étendue d'échelle	Variation transitoire maximale du signal de sortie	
	Secondes	Temps au bout duquel le signal de sortie reste à 1 % de sa valeur stabilisée	
	% de l'étendue d'échelle	Variation permanente du signal de sortie	8.4.1.3
	% de l'étendue d'échelle	Phénomènes transitoires et variations du courant continu de sortie provoqués par les pointes de tension d'amplitude et de durée spécifiées superposées à la tension d'alimentation	

15. Presentation of controller data

Designation	Information to be provided		Refer to clause or sub-clause
	Units	Remarks	
1. Set point	% of span	Actual % at set points of 0%, 20%, 40%, 50%, 60%, 80% and 100%, increasing and decreasing	7.1
		Repeat the cycle at least three times and calculate values for average error, repeatability and hysteresis	
2. Offset	% of span	Maximum positive and negative offset for proportional band at three settings: 100%, minimum and maximum (or the nearest scale marking)	6
3. Proportional action factor	Ratio (non-dimensional)	Ratio for proportional band set at 100%, minimum and maximum	7.2
4. Dial marking error	% dial marking	Deviation from dial marking	7.2.2
5. Neutral zone	% of span	For controllers with mechanical links only. Maximum change in input for no detectable change in output	7.2.3
6. Integral action time	Minutes	Value of time at maximum, minimum and intermediate nominal settings, for positive and negative changes in input	7.3
7. Linearity of integral action	Ratio (non-dimensional)	Ratio of maximum and minimum rates of change for the given integral action time setting, for positive and negative changes in input value	7.3.3
8. Derivative action time	Minutes	Value of time at maximum, minimum and intermediate nominal settings, for positive and negative changes in input	7.4
9. Power supply variations (voltage or air pressure)	% of span	Change in offset for variations of +10% and -15% of voltage or air pressure	8.4.1
10. Power supply variations (frequency)	% of span	Change in offset for frequency variations of $\pm 2\%$ and $\pm 10\%$	8.4.1
11. Power supply variations (long interruption)	% of span	Change in offset after 5 min and 1 h from switching on after being off for 24 h. For set value, minimum and maximum	8.4.1.1
12. Power supply variations (short interruption)		For interruptions of 5 ms, 20 ms, 100 ms, 200 ms, 500 ms and for integral and derivative action times, maximum, minimum and mean:	8.4.1.2
	% of span	Maximum transient change in output	
	Seconds	Time for output to stay within 1% of steady-state value	
	% of span	Permanent change in output	
13. Power supply variations (transient overvoltages)	% of span	Transient and d.c. output changes for specified amplitudes and durations of voltage spikes superimposed on the mains supply	8.4.1.3

Désignation	Renseignements à fournir		Se référer à l'article ou au paragraphe
	Unités	Observations	
14. Surcharge du signal d'entrée	% de l'étendue d'échelle	Variation de l'écart total permanent, mesurée 5 min après avoir appliqué pendant 1 min une surcharge de 50 % pour des réglages du temps de dosage de dérivation maximal, minimal et intermédiaire Même essai pour une surcharge de 50 % sur le signal de consigne Pour les appareils à zéro décalé, même essai, le signal d'entrée étant mis au zéro réel	11.3
15. Température ambiante	% de l'étendue d'échelle par 10 °C	Variation de l'écart total permanent aux températures maximale et minimale de fonctionnement et pendant les cycles de température spécifiés	8.2.1
16. Humidité	% de l'étendue d'échelle	Variation de l'écart total permanent	8.2.2
17. Position	% de l'étendue d'échelle	Variation de l'écart total permanent pour une inclinaison de 10° dans chacune des quatre orientations	8.3.1
18. Choc	% de l'étendue d'échelle	Variation de l'écart total permanent résultant d'une chute sur une face. Variation résultant d'une chute libre sur chacune des quatre arêtes inférieures après basculement de 30° ou d'une hauteur spécifiée et agréée	8.3.2
19. Vibrations mécaniques		Recherche des résonances 1) 10 Hz à 150 Hz 2) 1 Hz à 10 Hz Epreuve d'endurance aux fréquences de résonance pendant 3 h Vérification du bon état mécanique et des variations de l'écart total permanent	8.3.3
20. Mise à la terre	% de l'étendue d'échelle	Variation permanente de l'écart total permanent résultant de la mise à la terre successive de chacune des bornes d'entrée et de sortie	8.4.4
21. Influence de mode commun	% de l'étendue d'échelle	Variation permanente de l'écart total permanent résultant d'un signal alternatif de 100 V efficace à la fréquence du réseau, appliqué successivement entre la terre et chacune des bornes d'entrée et de sortie (la phase du signal variant de 360° par rapport à celle du réseau)	8.4.2
22. Influence de mode série	% de l'étendue d'échelle (courant continu)	Variation du signal de sortie résultant d'un signal alternatif à la fréquence du réseau, appliqué en série, successivement avec les bornes d'entrée et de sortie (la phase du signal variant de 360° par rapport à celle du réseau)	8.4.3
23. Facteur d'ondulation du signal de sortie	V, Hz	Valeur de crête à crête, valeur efficace et composante de la fréquence principale de l'ondulation du signal de sortie pour des signaux d'entrée de 10 %, 50 % et 90 %	9.3
24. Isolement	MΩ	Valeur entre chaque borne du courant d'alimentation et la terre mesurée sous 500 V en courant continu	11.2
25. Essai de surtension		Tension efficace de 1,5 kV à 50 Hz ou 60 Hz appliquée pendant 1 min entre les bornes d'alimentation et la terre	11.1
26. Impédance de charge	% de l'étendue d'échelle Ω	Variation de l'écart total permanent résultant d'une variation instantanée de l'impédance de charge de la valeur minimale à la valeur maximale. Variation résultant d'un essai à charge infinie (circuit coupé) et à charge nulle (court-circuit) pendant 1 min En déduire la valeur de l'impédance de sortie	5.3

Designation	Information to be provided		Refer to clause or sub-clause
	Units	Remarks	
14. Overloading of input signal	% of span	Change in offset measured 5 min after 50% overload applied for 1 min. For minimum, maximum and intermediate settings of derivative action time Test also for 50% overload on set value For elevated zero instruments, test also with actual zero as input signal	11.3
15. Ambient temperature	% of span per 10 °C	Change in offset at maximum and minimum operating temperatures and during specified temperature cycles	8.2.1
16. Humidity	% of span	Change in offset	8.2.2
17. Attitude	% of span	Change in offset due to 10° tilt in each of four directions in turn	8.3.1
18. Shock	% of span	Change in offset due to dropping on a face. Change due to falling freely after tilting on each of the four bottom edges by 30° or by a specified and agreed distance	8.3.2
19. Mechanical vibrations	% of span	Resonance search 1) 10 Hz to 150 Hz 2) 1 Hz to 10 Hz Endurance run at resonances for 3 h Check mechanical condition and change in offset	8.3.3
20. Earthing	% of span	Change in steady-state offset due to earthing each input and output terminal in turn	8.4.4
21. Common mode interference	% of span	Change in steady-state offset due to a 100 V r.m.s. a.c. mains frequency signal (varying the phase 360° with respect to mains) applied between earth and each input and output terminal in turn	8.4.2
22. Series mode interference	% of span (d.c.)	Change in output due to an a.c. mains frequency signal (varying the phase 360° with respect to mains) applied in series with the input and output terminals in turn	8.4.3
23. Ripple content of output	V, Hz	Peak-to-peak, r.m.s. values and main frequency component of ripple content of output, for 10%, 50% and 90% input signals	9.3
24. Insulation	MΩ	Value between each power supply terminal and earth when tested at 500 V d.c.	11.2
25. Voltage test		1.5 kV r.m.s. at 50 Hz or 60 Hz applied for 1 min between power supply terminals and earth	11.1
26. Load impedance	% of span Ω	Change in offset due to step change of load impedance from minimum to maximum; also change due to open circuit and short circuit for 1 min each Give the value of the output impedance	5.3

Désignation	Renseignements à fournir		Se référer à l'article ou au paragraphe
	Unités	Observations	
27. Vieillessement accéléré	% de l'étendue d'échelle	Variation de l'écart total permanent résultant des effets d'un signal sinusoïdal à 0,5 Hz d'une amplitude de 50% de l'étendue d'échelle, appliquée pendant 7 jours	8.6
28. Transfert manuel-automatique	% de l'étendue d'échelle	Amplitude de l'à-coup instantané du signal de sortie et amplitude après 5 s pour un écart total permanent nul et ensuite de 10% de l'étendue d'échelle	9.2.1
29. Transfert automatique-manuel	% de l'étendue d'échelle	Noter l'à-coup en sortie. Pour certains régulateurs pneumatiques, vérifier l'étanchéité du commutateur en notant la chute de pression dans un volume de 1 litre pendant 1 min	9.2.2
30. Débit d'air maximal (régulateurs pneumatiques)	% de l'étendue d'échelle m³/h	Tracer la courbe de l'écart total permanent en fonction du débit, y compris: 1) le débit maximal d'air fourni ou évacué pour un écart total permanent de 50%; 2) l'écart total permanent pour des débits de 0,2 m³/h et 0,4 m³/h; 3) les valeurs définissant la discontinuité de la « zone neutre du relais de sortie »	9.1.3
31. Consommation d'air en régime établi (régulateurs pneumatiques)	m³/h	Indiquer le débit maximal d'air d'alimentation, la sortie étant reliée à une capacité étanche	9.1.4
32. Puissance consommée (régulateurs électriques)	W ou VA	Consommation mesurée dans des conditions spécifiées, en fonctionnement « automatique » et en fonctionnement « manuel »	9.1.5
33. Réponse harmonique	dB, Hz	Relever les valeurs correspondant à: 1) la fréquence maximale de coupure de l'action proportionnelle; 2) le gain maximal de l'action intégrale et le déphasage à basse fréquence; 3) le gain maximal de l'action dérivée et le déphasage à haute fréquence.	10