

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Controllers with analogue signals for use in industrial-process control systems –
Part 1: Methods of evaluating the performance**

**Régulateurs à signaux analogiques utilisés pour les systèmes de conduite des
processus industriels –
Partie 1: Méthodes d'évaluation des performances**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60546-1

Edition 3.0 2010-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Controllers with analogue signals for use in industrial-process control systems –
Part 1: Methods of evaluating the performance**

**Régulateurs à signaux analogiques utilisés pour les systèmes de conduite des
processus industriels –
Partie 1: Méthodes d'évaluation des performances**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 25.040.40

ISBN 978-2-88912-139-7

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Basic relationships	10
4.1 Input/output relations of idealized controllers.....	10
4.2 Limitations.....	12
4.3 Dial graduation of controllers.....	12
5 General test conditions.....	13
5.1 Environmental conditions	13
5.1.1 Recommended range of ambient conditions for test measurements	13
5.1.2 Standard reference atmosphere.....	13
5.1.3 Standard atmosphere for referee measurements	13
5.2 Supply conditions	14
5.2.1 Reference values.....	14
5.2.2 Tolerances	14
5.3 Load impedance.....	14
5.4 Other test conditions	14
5.5 Stabilizing the controller output	15
6 Offset.....	16
6.1 Test set-up.....	16
6.2 Initial conditions	16
6.3 Test procedure	16
6.3.1 Offset at different values of X_p	16
6.3.2 Effect of changes of reset and rate time	17
7 Dial markings and scale values	17
7.1 Verification of set point scales.....	17
7.2 Proportional action	17
7.2.1 Initial conditions	17
7.2.2 Test procedure	17
7.2.3 Dead band.....	18
7.3 Integral action	19
7.3.1 Initial conditions	19
7.3.2 Test procedure	19
7.4 Derivative action	21
7.4.1 Initial conditions	21
7.4.2 Test procedure	21
8 Effect of influence quantities.....	22
8.1 General.....	22
8.2 Initial conditions	22
8.3 Climatic influences	23
8.3.1 Ambient temperature (as per IEC 61298-3).....	23
8.3.2 Humidity (electric controllers only) (as per IEC 61298-3)	23
8.4 Mechanical influences	23
8.4.1 Mounting position	23

8.4.2	Shock	23
8.4.3	Mechanical vibration	24
8.5	Power supply influences	25
8.5.1	Power supply variations	25
8.6	Electrical interferences	26
8.6.1	Common mode interference (see Figure 7)	26
8.6.2	Series mode interference	27
8.6.3	Earthing	28
8.6.4	Radio interference	28
8.6.5	Magnetic field interference	28
8.6.6	Electrostatic discharge	29
8.7	Output load (electric controllers only)	29
8.8	Accelerated operational life test	29
8.8.1	Initial conditions	29
8.8.2	Test procedure	30
9	Output characteristics and power consumption	30
9.1	Consumed and delivered energy	30
9.1.1	General	30
9.1.2	Initial conditions	30
9.1.3	Air flow delivered or exhausted (pneumatic controllers)	30
9.1.4	Steady-state air consumption (pneumatic controllers)	31
9.1.5	Power consumption (electric controllers)	31
9.2	"Automatic"/"Manual" transfer	31
9.3	Ripple content of electrical output	31
10	Frequency response	31
10.1	Application of frequency response tests	31
10.2	Test procedure	32
10.3	Analysis of test results	32
11	Miscellaneous tests	32
11.1	Voltage test (see also IEC 61010-1)	32
11.2	Insulation resistance (see also IEC 61010-1)	33
11.3	Input over-range	33
12	Documentary information	33
13	Technical examination	34
14	Test report	34
15	Summary of tests	34
	Bibliography	38
	Figure 1 – Basic signals to/from an idealized controller	10
	Figure 2a – Arrangement for open loop or closed loop tests	15
	Figure 2b – Arrangement for measuring air flow	16
	Figure 3 – Characteristics of a controller with proportional action only	19
	Figure 4 – Recorded characteristics of proportional action	20
	Figure 5 – Recorded characteristics of integral action	21
	Figure 6 – Recorded characteristics of derivative action	22
	Figure 7 – Arrangement for common mode interference test (a.c. generator)	27
	Figure 8a – Arrangement for series mode interference test (voltage input)	28

Figure 8b – Arrangement for series mode interference test (current input)	29
Figure 9 – Flow characteristic of a pneumatic controller	31
Figure 10 – Frequency response test results.....	37
Table 1 – Operating conditions for mechanical vibration tests	24
Table 2 – Conditions for frequency response tests.....	32
Table 3 – Voltage test values.....	33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CONTROLLERS WITH ANALOGUE SIGNALS FOR USE IN
INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL SYSTEMS –****Part 1: Methods of evaluating the performance**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60546-1 has been prepared by subcommittee 65B: Devices and process analysis, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1987. This third edition constitutes a minor technical revision made to bring terms, measurement units and references up to date.

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

CDV	Report on voting
65B/659A/CDV	65B/717A/RVC

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

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

A list of all parts of the IEC 60546 series, under the general title: *Controllers with analogue signals for use in industrial-process control systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

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

Part 2 of IEC 60546 describes a limited series of tests which may be used as acceptance tests.

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 limited range of conditions.

It will be appreciated that the closest liaison should be maintained between an evaluating body and the manufacturer. Note is taken of the manufacturer's specifications for the instrument when the test program is being decided, and the manufacturer should be invited to comment on both the test program and the results. His comments on the results should be included in any report produced by the testing organization.

CONTROLLERS WITH ANALOGUE SIGNALS FOR USE IN INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL SYSTEMS –

Part 1: Methods of evaluating the performance

1 Scope

This International Standard applies to proportional-integral-derivative (PID) pneumatic and electric industrial-process controllers using analogue continuous input and output signals which are in accordance with current international standards.

It should be noted that while the tests specified herein cover controllers having such signals, they can be applied in principle to controllers having different but continuous signals. It should be also noted that this standard has been written for pneumatic and electric industrial-process controllers with only analogue components and is not necessarily to be used for controllers with microprocessors.

This standard is intended to specify uniform methods of test for evaluating the performance of industrial-process PID controllers with analogue input and output signals¹⁾.

The test conditions specified in this standard, for example the range of ambient temperatures, power supply, etc., are used when no other values are agreed upon by the manufacturer and the user.

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 program should be subject to an agreement between manufacturer and user, depending on the nature and the extent of the equipment under consideration.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

¹⁾ See IEC 60381 and IEC 60382.

IEC 61010-1, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

IEC 61298-1, *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 1: General considerations*

IEC 61298-3, *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 3: Tests for the effects of influence quantities*

IEC 61298-4, *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 4: Evaluation report content*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

proportional band

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

$$X_p = \frac{100}{K_p} \quad (1)$$

3.2

direct acting

controller output, which increases with an increase in the measured value

3.3

reverse acting

controller output, which decreases with an increase in the measured value

3.4

offset

steady-state deviation between measured value and set point

3.5

controller, proportional

P

controller which produces proportional control action only

3.6

controller, proportional plus derivative (rate)

PD

controller which produces proportional plus derivative control action

3.7

controller, proportional plus integral (reset)

PI

controller which produces proportional plus integral control action

3.8

controller PID

controller with compound action which produces proportional, plus integral, plus derivative actions

3.9

dead band

finite range of values within which variation of the input variable does not produce any measurable change in the output variable

3.10

average upscale error

arithmetic mean of the errors at each point of measurement for the upscale readings of each measurement cycle

3.11

average downscale error

arithmetic mean of the errors at each point of measurement for the downscale readings of each measurement cycle

3.12

average error

arithmetic mean of all upscale and downscale errors at each point of measurement

3.13

hysteresis

difference between the average upscale error and the average downscale error at each point of measurement

4 Basic relationships

4.1 Input/output relations of idealized controllers

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

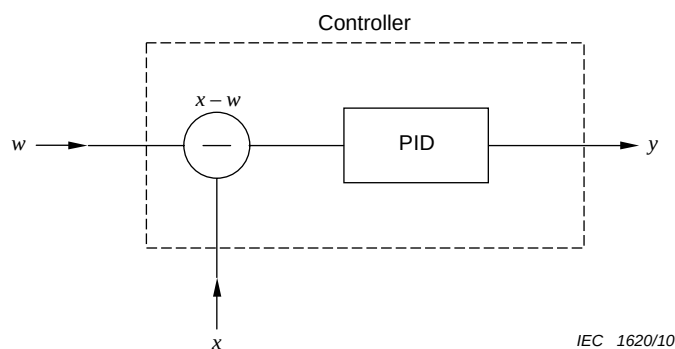


Figure 1 – Basic signals to/from an idealized controller

$$y - y_0 = K_p(x - w) + K_I \int_0^t (x - w) dt + K_D \frac{d(x - w)}{dt} \quad (2)$$

$$y - y_0 = K_p \left[(x - w) + \frac{1}{T_I} \int_0^t (x - w) dt + T_D \frac{d(x - w)}{dt} \right] \quad (3)$$

or in the frequency domain:

$$F(j\omega) = K_p \left[1 + \frac{1}{j\omega T_I} \right] + j\omega T_D \quad (4)$$

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

$$y - y_0 = K'_p A \left[(x - w) + \frac{1}{A T'_I} \int_0^t (x - w) dt + \frac{T'_D}{A} \frac{d(x - w)}{dt} \right] \quad (5)$$

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

$$A = 1 + \frac{T'_D}{T'_I} \quad (6a); \quad K'_p = \frac{K_p}{A} \quad (6b)$$

$$T'_I = 1 + \frac{T_I}{A} \quad (6c); \quad T'_D = A T_D \quad (6d)$$

where

t is the time;

y is the output signal (correcting variable);

y_0 is the output signal at time $t = 0$ (controller output balance);

x is the measured value (controlled variable);

w is the set point value (reference input variable);

K_p is the proportional action factor (proportional action coefficient (see Note 1);

K_I is the integral action factor (integral action coefficient (see Note 1);

K_D is the derivative action factor (derivative action coefficient (see Note 1);

T_I is the reset time;

T_D is the rate time;

x and w , and consequently also y can be functions of time t , and:

e is the error or controller off-set, i.e.: $x - w$;

ω is the angular velocity.

NOTE 1 For the definition of this term, see IEC 60050-351.

NOTE 2 This standard is limited to P, PI, PD or PID controllers.

NOTE 3 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.

NOTE 4 Symbols with prime (K'_p , T'_I , T'_D) represent nominal values, in contrast to effective values.

NOTE 5 Integral-action time constant and derivative-action time constant refer only to pure integral or derivative-action controllers (IEC 60050-351)).

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 (5) therefore becomes:

$$y - y_0 = K_p' A \left[(x - w) + \frac{1}{A T_I'} \int_0^t (x - w) dt + \frac{T_D'}{A} \frac{d}{dt}(x) \right] \quad (7)$$

4.2 Limitations

The equations describing the performance of an actual controller are usually different from equations (2) to (7) 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 (2) and (3) is an approximation of the actual response only for sufficiently high frequencies. For low frequencies, a controller may have an integral action [integral term of equation (4)] expressed in the frequency domain as follows:

$$F(j\omega) = K_p \frac{V_I}{1 + j\omega T_I V_I} \quad (8)$$

b) Maximum derivative gain V_D

Because of the limited derivative gain of actual controllers, the derivative terms of equations (2) and (3) 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 (4) may then be expressed, in the frequency domain, as follows:

Derivative action and time constant

$$F(j\omega) = K_p \frac{j\omega T_D}{1 + j\omega T} \quad (9)$$

or

proportional action, derivative action and time constant

$$F(j\omega) = K_p \frac{1 + j\omega T_D}{1 + j\omega T} \quad (10)$$

where

T is the time constant of a first order time delay.

The ratio $\frac{T_D}{T}$ may be constant for all adjustable values of T_D (depending upon the design of the controller). The ratio $\frac{T_D}{T}$ is then called maximum derivative gain or V_D .

4.3 Dial graduation of 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 graduations marked on the dials of the controller. The relationship between the dial graduations and the effective values, i.e. the "interaction formula", shall be provided by the

manufacturer. The relationship may be expressed in algebraic form or by graphs, tables, diagrams, etc.

5 General test conditions

5.1 Environmental conditions

As per IEC 61298-1:

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	86 kPa to 106 kPa
Electromagnetic field	value to be stated, if relevant

The maximum rate of ambient 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	101,3 kPa

This standard reference atmosphere is the 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 value 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.

	Nominal value	Tolerance
Temperature	20 °C	±2 °C
Relative humidity	65 %	±5 %
Atmospheric pressure	86 kPa to 106 kPa	–

For tropical, sub-tropical or other special requirements, alternate referee atmospheres may be used.

5.2 Supply conditions

5.2.1 Reference values

The values shall be specified by the manufacturer or agreed upon between user and manufacturer.

5.2.2 Tolerances

As per IEC 61298-1:

1) Electrical supply

- rated voltage $\pm 1 \%$
- rated frequency $\pm 1 \%$
- harmonic distortion (a.c. supply) less than 5 %
- ripple content (d.c. supply) less than 0,1 %

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 content
 - oil less than 1×10^{-6} by weight
 - dust absence of particles greater than $3 \text{ }\mu\text{m}$ diameter

5.3 Load impedance

As per IEC 61298-1:

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 as 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, an 8 m length of 4 mm internal diameter rigid pipe followed by 20 cm^3 capacity shall be used for load impedance.

NOTE This arrangement is specified for steady-state tests on pneumatic controllers. For dynamic tests, a 100 cm^3 capacity may be used in place of the 20 cm^3 .

5.4 Other test conditions

Other conditions to consider when performing general tests are as follows:

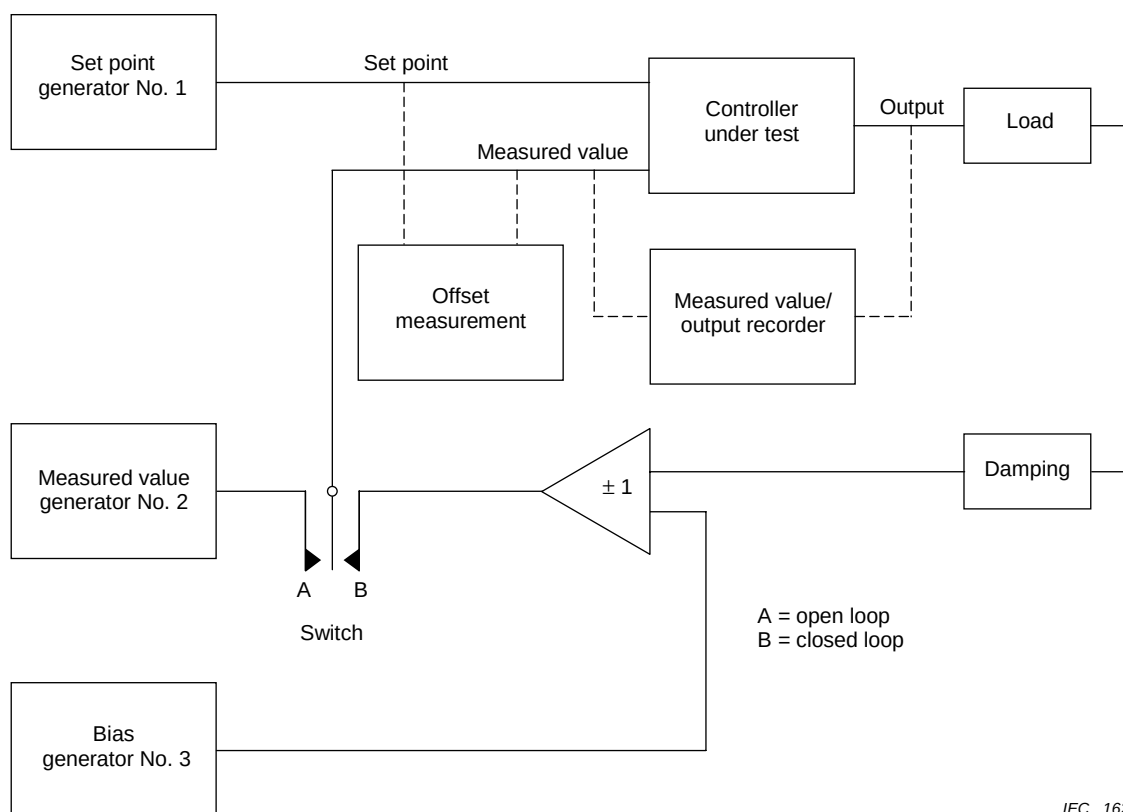
- on the input signals: spurious induced voltages or pressure fluctuations which may affect the measurement shall not be present;
- controller position during operation: normal mounting position specified by the manufacturer. Throughout each test, however, the mounting position of the controller should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

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

5.5 Stabilizing the controller output

For the purpose of the following tests, the controller may be stabilized in the following manner (see Figure 2a²⁾).

- Set the controller in a closed loop configuration by putting the switch in position B. Set the controller for reverse action, or the differential amplifier to a gain of -1 .
- Set the proportional band to 100 % if possible and unless specified otherwise.
- Set the derivative action for minimum effect (minimum rate time or off).
- Set the integral action for maximum effect (minimum reset time).
- Set the set point to 50 %.
- If necessary, adjust the bias of generator No. 3 in order to obtain the desired output.

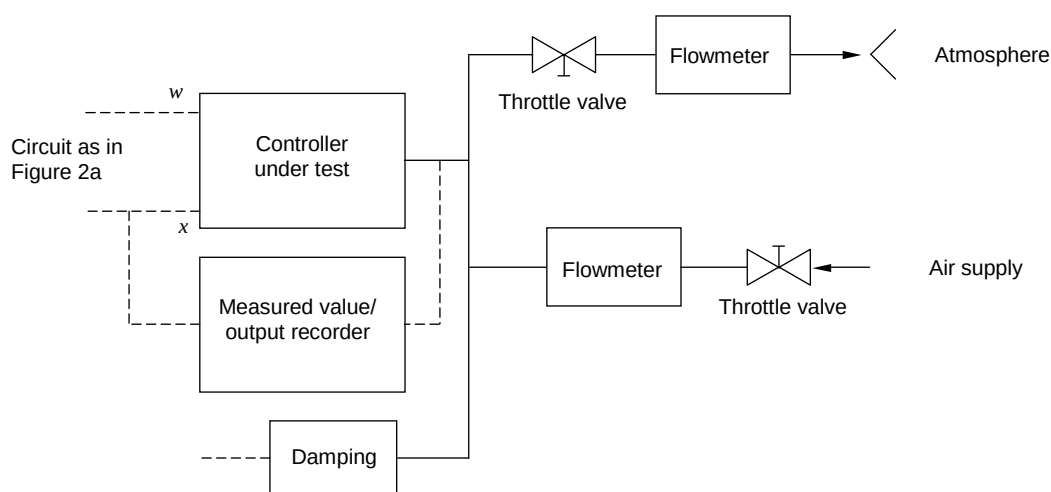


IEC 1621/10

- | | |
|-----------------|---|
| Generator No. 1 | Generator for set point input |
| | For controller with external set point |
| Generator No. 2 | DC for steady state input |
| | Step for integral action test |
| | Ramp for derivative action test |
| Generator No. 3 | Sine wave for frequency response test and accelerated life test |
| | DC for fixed bias levels |

2a) Arrangement for open loop or closed loop tests

2) Damping is sometimes necessary for stabilization.



2b) Arrangement for measuring air flow

Figure 2 – Test arrangements

6 Offset

6.1 Test set-up

The offset test only applies to controllers with integral action. The circuit arrangement shown in Figure 2a or an equivalent arrangement shall be used.

The set point and the measured value shall be connected to the input of a differential measuring device. The selector switch shall be set in position B, thus obtaining a stable “closed loop” condition.

Changing the bias of generator No. 3 allows the controller output y to be varied over the full span for any value of the controller set point value and measured value.

6.2 Initial conditions

Initial conditions shall be as specified in Clause 5.

6.3 Test procedure

6.3.1 Offset at different values of X_p

The offset will change for different values of proportional bands. The test procedures to determine the offsets are as follows:

- If the controller being tested has scale markings not directly in terms of proportional band, or reset and rate times, the relationship of such markings to the parameters used in this standard needs to be established. The method specified in this clause shall be used with the instrument set to the scale markings which correspond to the values specified.
- With the controller stabilized in accordance with 5.5, adjust the bias of generator No. 3 until the output is 50 %. After allowing sufficient time for the controller output to stabilize, measure the offset.
- The measurement shall be repeated with the proportional band adjusted to the minimum value and then to the maximum value (or to the nearest scale markings).

- Set the proportional band to 100 %. Repeat measurements as described above 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.
- Switch the controller to direct action. At the same time adjust the gain of the differential amplifier to -1 . Measure offset with $X_p = 100$ %, set point = 50 % and output = 50 %.
- 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.
- Offset shall be reported expressed in per cent of span of measured value.

6.3.2 Effect of changes of reset and rate time

Adjust set point to 50 %, output to 50 % and proportional band X_p to 100 %.

With the reset time set to its minimum value, change the rate time from its minimum value to an intermediate value and then to the maximum value (for example 6 s, 12 s and 120 s).

With the rate time set to its minimum value, change the reset time from its minimum value to an intermediate value and then to the maximum value (for example 6 s, 12 s and 120 s).

The offset shall be measured for each condition.

7 Dial markings and scale values

7.1 Verification of set point scales

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

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 generated set point signal shall be measured. The procedure shall then be repeated for settings in descending order, i.e. 100 %, 80 %, etc., down to 0 %.

The above procedure shall be repeated at least three times.

Determine the difference between the indicator reading and the generated value at each setting. Express the difference in per cent of the set point span. Report the following:

- a) average upscale error;
- b) average downscale;
- c) average error;
- d) hysteresis.

7.2 Proportional action

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

7.2.1 Initial conditions

The reference conditions are as specified in Clause 5.

7.2.2 Test procedure

The test procedure is as follows:

- Adjust the set point to 50 %. Set the proportional band at 100 % (or the nearest scale marking).
- Stabilize the output at 50 %.
- Adjust integral action to minimum effect (maximum reset time or off).
- Adjust derivative action to minimum effect (minimum rate time or off).
- Open the loop connection (switch in position A), and set controller action to direct action mode.
- Vary the measured value signal over the range necessary to change the output from minimum to maximum and note the corresponding measured value and output signals.

Measurements shall start with a measured value signal of 50 % and subsequent signals of 30 %, 70 %, 10 %, 90 %, 0 %, 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 %, measured value signals shall be used such that the corresponding output signals are 50 %, 30 %, 70 %, 10 %, 90 %, 0 % and 100 %.
- Measurement shall be repeated at 100 % proportional band setting, but with controller set to reverse action.
- A graph of the output signal plotted against the measured value signal (as percentages) shall be plotted as in Figure 3.

The average proportional action factor (K_p) shall be determined for each proportional band setting from the slope of the best fitting straight line (see Figure 3). The proportional band (X_p) shall be determined from the points of intersection of the characteristics, as plotted in Figure 3, with the 0 % and 100 % measured value and output lines, as appropriate. The error shall be expressed as a percentage of the nominal value set on the dial (dial marking error.)

NOTE When the residual integral and derivative actions cause difficulties, measured value signals should be applied as steps between the levels of measured value outlined above. Measured value and output signals should be recorded as shown in Figure 4, and computations carried out on the recorded traces as shown in Figure 4.

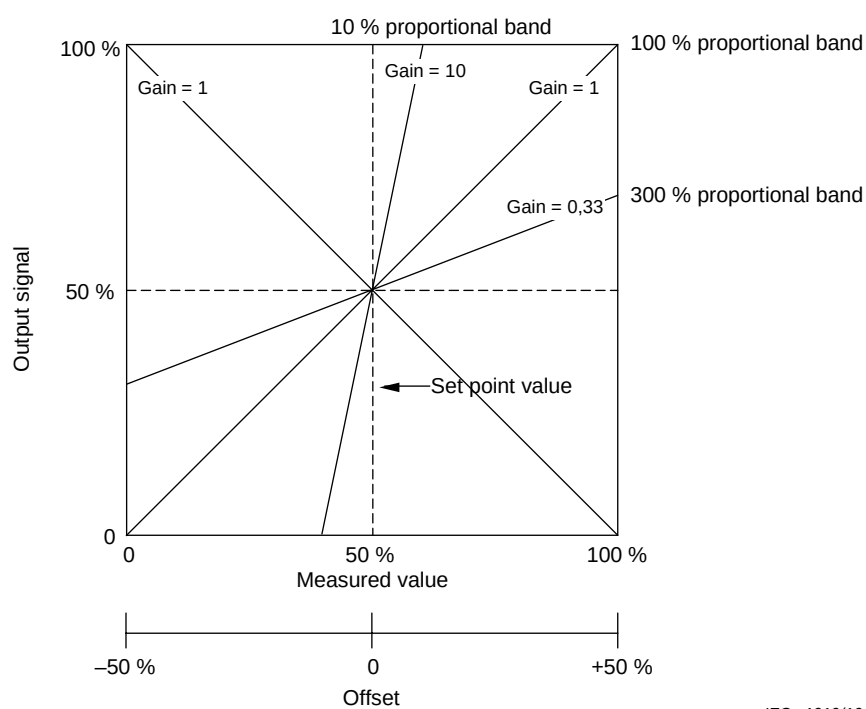
7.2.3 Dead band

The dead band shall be measured by determining the largest change of measured value that can be applied without causing a detectable change of output.

This test shall be carried out in open loop, as described in 7.2.2 for the first five steps.

A slowly oscillating measured value signal shall be applied, starting with an amplitude of 0,1 %. Increase the measured value signal amplitude until the output just begins to respond. This amplitude of the measured value signal shall be considered as the dead band, which shall be expressed as a percentage of the measured value signal span.

It is unnecessary to continue to test below dead bands less than 0,1 %. This test may be repeated in reverse action if considered necessary.



IEC 1919/10

Figure 3 – Characteristics of a controller with proportional action only

7.3 Integral action

7.3.1 Initial conditions

The initial conditions are those specified in Clause 5.

7.3.2 Test procedure

A suitable circuit is shown in Figure 2a. This test shall be carried out in open loop, i.e. with the selector switch in position A. Generator 2 shall be set to provide a step function of about 10 % of measured value span.

- The controller output shall be stabilized at 10 % value by adjusting the initial output of generator 2.
- For the first test, adjust reset time to its maximum graduated value. For the next test, adjust the reset time to its minimum graduated value, and finally adjust the reset time to an intermediate graduated value (for example 1 200 s, 12 s and 120 s).
- A step change of the measured value signal shall be introduced by triggering the step function of generator 2.
- The change of the output signal up to 100 % of span shall be recorded.

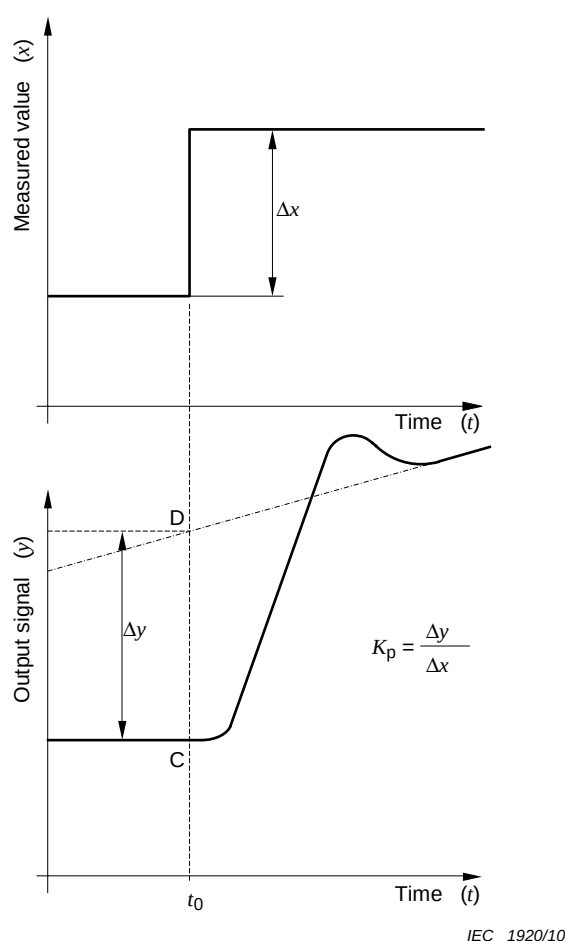
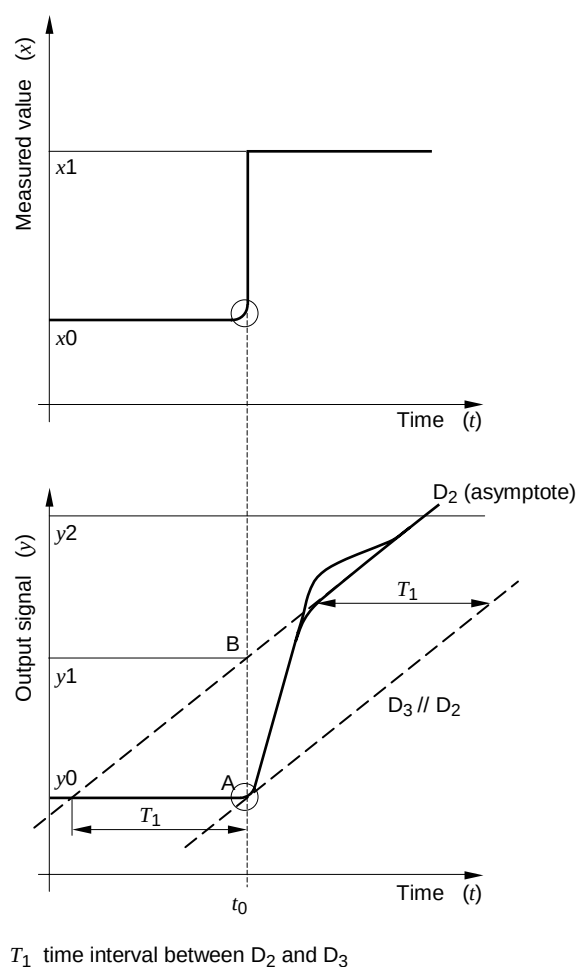


Figure 4 – Recorded characteristics of proportional action

- The controller output shall be stabilized at 90 % of span. A negative step change in the measured value signal equal in magnitude to the positive step used previously shall be introduced.
- The change of the output signal to 0 % of span shall be recorded.
- From the recordings taken, determine the reset time T_1 as shown in Figure 5, as the time between the crossing of the backward extrapolation of asymptote D_2 and the initial output level and the time t_0 .
- The difference between the dial markings and the reset times determined from the recordings is to be reported for upward and downward steps in per cent of nominal value.

The tests in this subclause 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 upon between the manufacturer and the evaluating body.



IEC 1921/10

Figure 5 – Recorded characteristics of integral action

7.4 Derivative action

7.4.1 Initial conditions

Initial conditions are as specified in Clause 5, except that the integral action for minimum effect shall be set (maximum reset time, or off).

7.4.2 Test procedure

A suitable circuit for this measurement is shown in Figure 2a (switch in position A). Generator 2 shall be set as a ramp function generator giving an increase of 10 % of measured value span in a time approximately equal to the rate time being measured.

- The output signal shall be stabilized at approximately 10 %.
- For the first test, adjust rate time to its minimum graduated value. For the next test, adjust rate time to its maximum graduated value, and finally adjust rate time to an intermediate graduated value (for example 3 s, 300 s and 30 s).
- At time t_0 , the ramp signal shall be triggered and two graphs similar to those of Figure 6, shall be recorded.
- The rate time T_D shall be directly read from these graphs as shown in Figure 6.
- This test shall be repeated with the ramp signal applied in the opposite direction with an output signal stabilized initially at approximately 90 %.

- The difference between the dial markings and the rate times determined from the recordings are to be reported for upward and downward ramps in per cent of nominal value.

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).

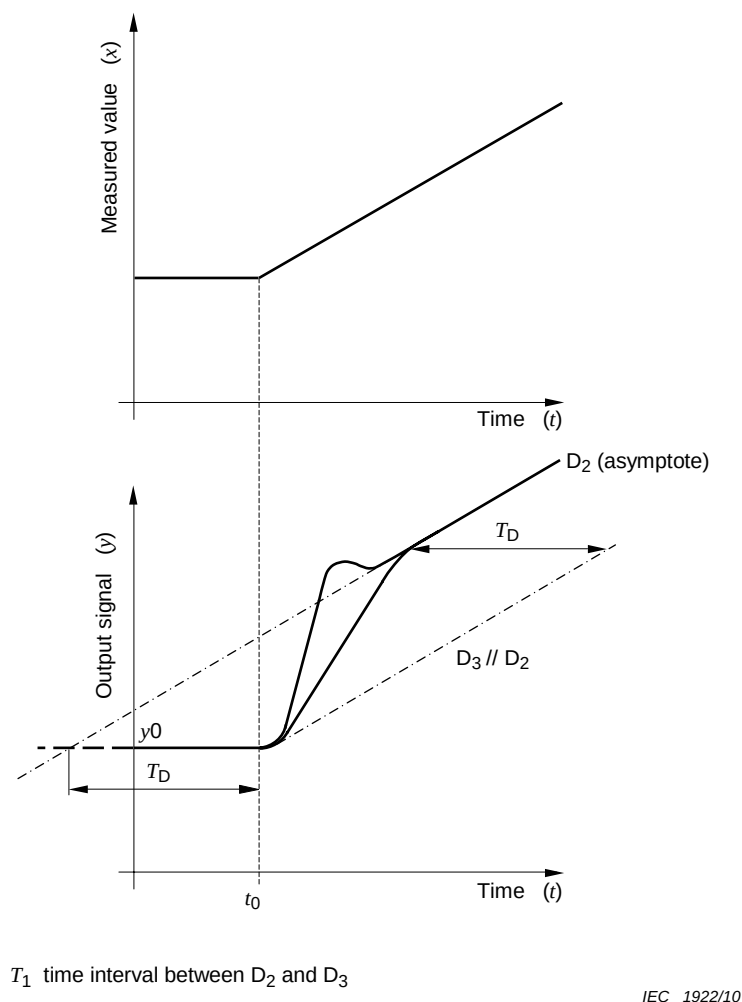


Figure 6 – Recorded characteristics of derivative action

8 Effect of influence quantities

8.1 General

The effects of individual influence quantities on the offset shall be measured. Results shall be expressed as percentage of nominal span.

When the set point value is generated internally, the effect of the various influence quantities on it under each condition shall be measured. If desired, the effects of the various influence quantities on parameters such as proportional, integral and derivative action may also be measured.

8.2 Initial conditions

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

Using a circuit similar to that of Figure 2a, adjust the reset and rate times to their minimum values.

NOTE Effects of influence quantities may be tested if requested at higher values of T_I and T_D .

8.3 Climatic influences

8.3.1 Ambient temperature (as per IEC 61298-3)

The offset shall be measured at the maximum and minimum operating temperatures recommended by the manufacturer. The ambient temperatures should be chosen generally at 20 °C intervals, up to the specified limit temperatures.

For example the test temperature cycle should be +20 °C (reference), +40 °C, +55 °C, +20 °C, 0 °C, –25 °C, +20 °C.

If agreed by all parties in the test program, a test at only four temperatures, 20 °C (reference), maximum, minimum for the instrument and 20 °C, may be sufficient.

The tolerance for each test temperature should be ± 2 °C and the rate of change of ambient temperature should be less than 1 °C per minute.

8.3.2 Humidity (electric controllers only) (as per IEC 61298-3)

The effects of ambient relative humidity shall be determined by placing the controller in a humidity test chamber in which the value of relative humidity should be controlled within +2 % to –3 % of the specified relative humidity levels (as specified in IEC 60068-2-30).

The controller shall be stabilized at the reference relative humidity < 60 % at the temperature of 40 °C $\pm$ 2 °C.

Measure the controller offset in these conditions.

The relative humidity shall then be increased in not less than 3 h to $(93 \pm 2)\%$ avoiding the deposition of condensation on the controller and maintained at this value for a period of at least 48 h.

Measure again in these other conditions the controller offset.

8.4 Mechanical influences

8.4.1 Mounting position

The change in offset caused by $\pm 10^\circ$ inclinations from the reference mounting position of the controller shall be measured. Measurements shall be made with tilt applied in both directions, in turn, about two horizontal axes 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. In cases where the intended mounting position is not horizontal, tests shall be conducted to establish the performance of the controller in this attitude.

8.4.2 Shock

This test shall be made in accordance with test procedure Ec of IEC 60068-2-31.

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

With the controller in its normal position on a smooth, hard, rigid surface of concrete or steel, it shall be 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 shall then be allowed to fall freely onto the test surface.

The controller shall be subjected to one drop about each of the four bottom edges. After this test, the controller shall be examined for any damage and the offset measured.

8.4.3 Mechanical vibration

This test shall be made in accordance with test procedure Fc of IEC 60068-2-6.

The controller shall be mounted, in accordance with the manufacturer's instructions for normal installation, on a vibration table and subjected to sinusoidal vibrations in each of three mutually perpendicular axes in turn, one of which shall be the vertical axis. 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 or gain.

There are three distinct stages in this test:

a) First stage: Initial resonance search

The object of this stage is to investigate any changes in controller performance due to vibration, 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 vibration, frequencies causing:

- 1) significant changes in offset, or
- 2) mechanical resonances, shall be noted.

All frequencies at which resonances with a Q-factor greater than 2 occur shall be noted in order to be compared with those found during the final resonance search specified below.

NOTE Q-factor is the amplitude of the controller resonance divided by the amplitude of the vibration table.

Frequency sweeping shall be continuous and logarithmic. The sweep rate shall be approximately 0,5 octave per minute. The frequency ranges to be used for the evaluation of industrial process controllers should be taken from Table 1 and selected according to the type of operating conditions and kind of installation and agreed upon between manufacturer and user.

Table 1 – Operating conditions for mechanical vibration tests

Installation	Vibration frequency Hz	Peak amplitude mm	Peak acceleration m/s ²
Control room (general application)	10 to 60	0,07	-
Field (low vibration level)	60 to 150	-	9,8

b) Second stage: Endurance conditioning

The test described above shall be repeated, but only at the most significant resonance frequency 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 vibration frequency shall be swept continuously through the whole frequency range being considered.

c) 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. Any significant differences from the initial resonance search shall be noted.

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 and reported in per cent of measured value span.

8.5 Power supply influences

8.5.1 Power supply variations

The power supply variation test shall be carried out by measuring the changes to a 0 % output from the controller caused by all combinations of the power supply variations listed below (i.e. nine sets of measurements for a.c. supplies and three sets of measurements for d.c. supplies).

- a) Voltage or air pressure
 - 1) nominal value,
 - 2) +10 % or the manufacturer's limit, if less,
 - 3) –15 % or the manufacturer's limit, if less.
- b) Frequency (only for electrical controllers)
 - 1) nominal value,
 - 2) +2 % or the manufacturer's limit, if less,
 - 3) –10 % or the manufacturer's limit, if less.

The test shall be repeated with 100 % output, but only at minimum supply voltage and frequency (for electric controllers) or at minimum supply air pressure (for pneumatic controllers).

8.5.1.1 Start-up drift (long interruption)

The controller shall be maintained for a period of 24 h with the power switched off and no input applied. Ambient conditions shall be in accordance with Clause 5.

The power supply (and the measured value and, if relevant, set point 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.

8.5.1.2 Short interruption influence (electric controllers only)

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

In successive tests, the power shall be interrupted for:

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

This interruption shall be induced either several times when the supply a.c. voltage reaches its peak value or 10 times at random.

This testing shall be performed with reset time set to its maximum value and rate time set to its minimum value.

The following values shall be noted:

- the maximum transient negative and positive change in output as a percentage of the output span;
- the time taken for the output to reach 99 % of its steady-state value following reapplication of power;
- any permanent change in output as a percentage of the output span.

8.5.1.3 Power supply depression (electric controllers only)

With the controller in open loop configuration, output stabilized at 100 % span, the power supply voltage shall be reduced to 75 % of nominal value for a period of 5 s. The change in output and the amplitude and duration of any transient shall be recorded.

8.5.1.4 Power supply transient overvoltages (electric controllers only)

Voltage spikes shall be generated by capacitor discharge or by means giving equivalent waveform 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 or alternatively at least ten pulses randomly phased with respect to the mains supply shall be applied. Any transients appearing at the output of the controller and any permanent output changes shall be recorded.

8.5.1.5 Reverse supply protection

For a controller incorporating protection against power supply reversal, the maximum allowed reverse power supply voltage shall be applied. After correctly reconnecting the power supply, offset shall be measured again and any change in offset reported.

8.6 Electrical interferences

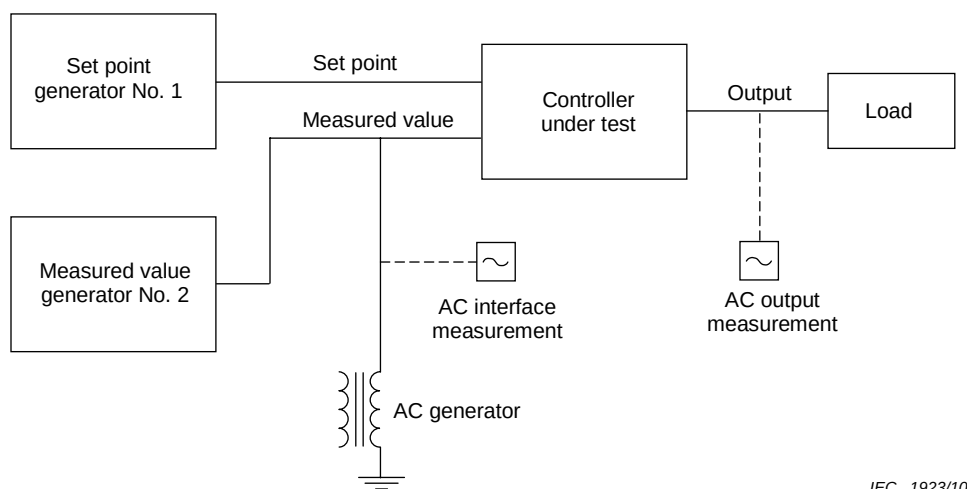
The tests listed in Subclauses 8.6.1, 8.6.2, 8.6.3, 8.6.4 and 8.6.5 shall be conducted in open loop, with the proportional band $X_p = 100$ %, reset time $T_I =$ maximum setting (minimum effect) and rate time T_D minimum setting (minimum effect).

8.6.1 Common mode interference (see Figure 7)

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

For controllers which incorporate input/output isolation, the negative output terminal shall be earthed while the common mode interference is applied to the input terminals, and vice versa.

For a controller which is not provided with an earthing terminal, it should be mounted in the normal manner onto an earthed frame or panel, which should be used as the earth for the purposes of this test.



IEC 1923/10

Figure 7 – Arrangement for common mode interference test (a.c. generator)

The test shall be carried out by measurement of the changes in output caused by superposition of a sine wave 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 signal shall be varied over 360° with respect to the phase of the mains input to the controller power supply.

The test shall then be repeated using a direct instead of an alternating voltage. A potential of 50 V d.c. or 1 000 times the input span, whichever is less, shall be used, both positive and negative potentials being applied. If the manufacturer specifies a value less than 50 V, this lower value shall be used. The voltage shall only be applied to output terminals which are isolated from earth.

During the common mode interference tests, the controller shall be supplied from a signal source which is not affected by the common mode signal. For a current input controller, the signal source shall be a current source with not less than 10 µF capacitance connected across its output terminals. For a voltage input controller, the signal source shall be a voltage source with an output impedance no greater than 100 Ω at mains frequency.

Any change in steady-state output is to be reported together with any ripple induced on the output signal.

NOTE Common mode interference tests are also commonly conducted by connecting the test signal to both input or both output terminals simultaneously. If the impedance between terminals is low relative to impedance to earth, both test methods yield equivalent results. The method described above has been chosen to promote consistency of methods and results among testing agencies for a wide range of devices.

8.6.2 Series mode interference

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.

For voltage-input controllers (see Figure 8a), the series mode voltage shall be increased gradually until the change of the mean output signal equals 0,5 % of span or until the amplitude of the series mode signal reaches 1 V peak whichever occurs first. If the manufacturer specifies a maximum value of less than 1 V peak, then this lower value shall be

used. The amplitude of the series mode signal corresponding to 0,5 % effect shall be recorded. The a.c. component of the output signal shall also be recorded.

For current-input controllers (see Figure 8b) a series mode current signal shall be used, increased gradually to a limiting value of 10 % of span peak. The interference signal should be mixed with the input signal, in a method which is compatible with the circuit impedances involved. An example of such a method using a summing amplifier with a current output is illustrated in Figure 8b.

8.6.3 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.

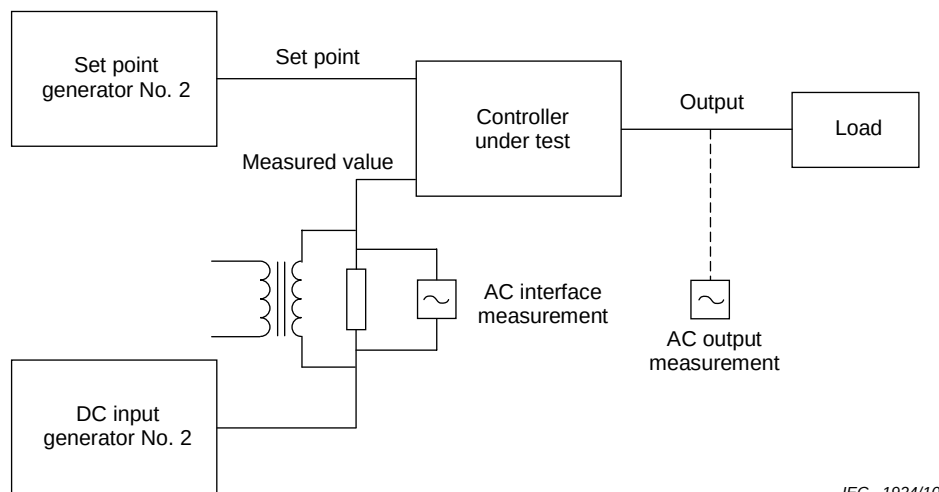
8.6.4 Radio interference

Test of the effect on the output to radio frequency interference shall be the subject of specific agreement between manufacturer and user (see IEC 61000-4-3).

8.6.5 Magnetic field interference

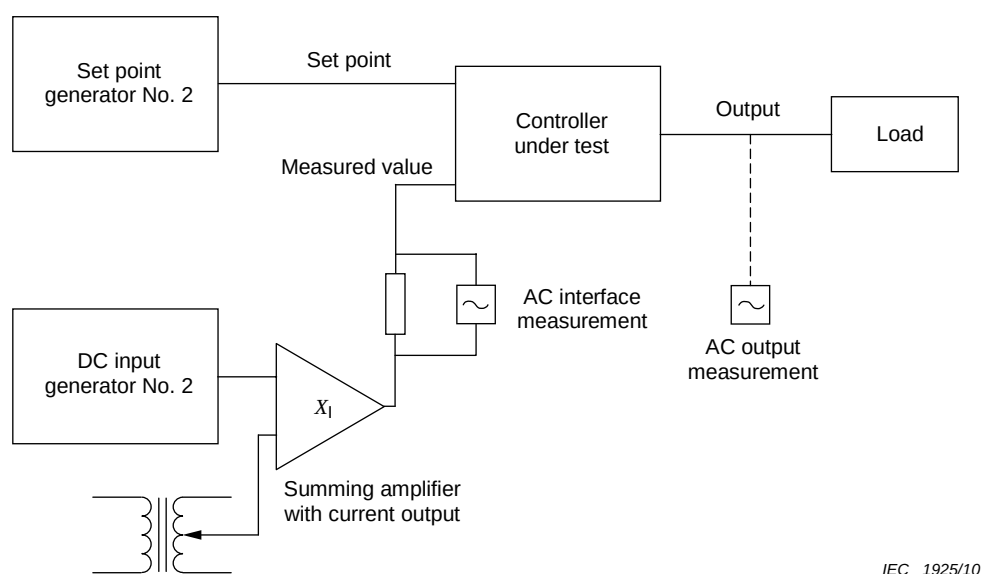
The purpose of this test is to determine the effect of a mains frequency alternating field on the output of a controller. It is not applied to controllers using pneumatic signals only.

The controller shall be exposed to a magnetic field of 400 A/m (r.m.s.) which is directed along the major axis of the instrument.



IEC 1924/10

8a) Arrangement for series mode interference test – voltage input



8b) Arrangement for series mode interference test – current input

Figure 8 – Arrangement for series mode interference test

The effect of the field on the mean d.c. level and on the ripple content of the output shall be determined for output signals of 10 % and 90 % span. The test shall be repeated with the magnetic field directed along two additional axes mutually perpendicular to the first.

NOTE A magnetic field of approximately 400 A/m will be obtained at or near the centre of a circular coil of 1 m diameter, having 80 turns and carrying 5 A.

8.6.6 Electrostatic discharge

Test of the effect on the output to electrostatic discharge shall be the subject of specific agreement between manufacturer and user (see IEC 61000-4-2).

8.7 Output load (electric controllers only)

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 in closed loop configuration, with the controller stabilized as in Clause 5.

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 5 min and the offset measured after restoring reference load.

NOTE It should be ensured that the change in load impedance does not directly cause a change in the feedback loop to the controller input.

8.8 Accelerated operational life test

8.8.1 Initial conditions

A suitable circuit for this test is shown in Figure 2a, with the selector switch in position B and with generator 3 set to provide a sinusoidal signal. Initial conditions are as specified in Clause 5.

8.8.2 Test procedure

This test shall be carried out in a closed loop. The controller shall be operated continuously for at least 7 days with a sinusoidal measured value signal of frequency 0,5 Hz and a peak-to-peak amplitude equal to $\pm 25\%$ of span centred on 50 %. The sinusoidal signal shall be interrupted daily to permit values of the offset to be measured sufficiently frequently to determine any change.

The maximum change in offset shall be noted.

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 should be used.

9.1.2 Initial conditions

A suitable arrangement for conducting this test is shown in Figure 2a, (switch in position B).

Initial conditions are as specified in Clause 5.

9.1.3 Air flow delivered or exhausted (pneumatic controllers)

Varying flows of air shall be bled from the controller output line and the offset measured for each delivered flow rate. Varying flows of air shall then be blown into the controller output line and the offset measured for each exhausted flow rate in an arrangement such as that shown in Figure 2b.

The offset shall then be plotted against flow in accordance with Figure 9. Determine from this graph:

- a) maximum delivered flow for a 50 % offset;
- b) maximum exhausted flow for a 50 % offset;
- c) offset when delivering a flow of 0,2 m³/h and 0,4 m³/h³);
- d) offset when exhausting a flow of 0,2 m³/h and 0,4 m³/h³).

A discontinuity in the flow characteristic is termed “the output relay dead zone” (see Figure 9). The corresponding change in offset shall be reported. The corresponding air flows (delivered or exhausted) shall also be determined.

³) Cubic metres at normal conditions of temperature and pressure (i.e at 0 °C and 101,325 kPa).

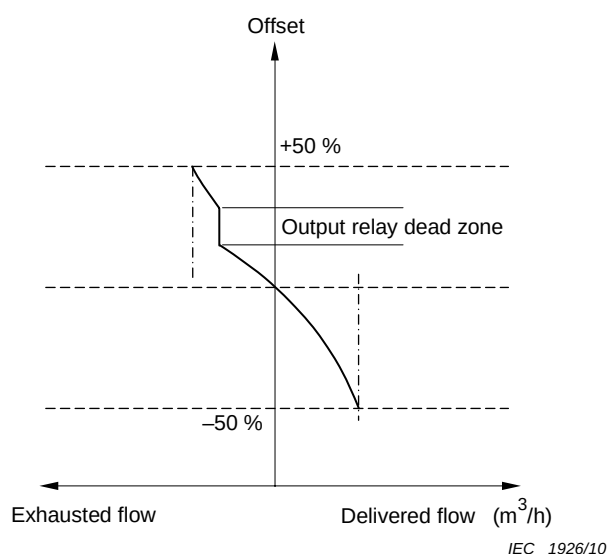


Figure 9 – Flow characteristic of a pneumatic controller

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 % span, the power consumed by the controller shall be measured in volt-amperes at the nominal voltage and frequency, and then at the maximum voltage and minimum frequency specified by the manufacturer. This test shall be carried out first in the “automatic” position, then in the “manual” position.

9.2 “Automatic”/“Manual” transfer

Assess the performance of the “Automatic”/“Manual” transfer facility and the “Manual”/“Automatic” transfer facility as agreed upon between user and manufacturer (it is proposed to report transient peak amplitude and steady-state change in output after the transfer).

9.3 Ripple content of electrical output

With the controller in closed loop configuration, 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 % output 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 instrument characteristics can be determined from these tests:

- a) High frequency cut-off of proportional action. For this test, the proportional band shall be set to 100 %, reset time to maximum value (minimum effect), rate time to minimum value (minimum effect).
- b) Maximum integral gain at low frequency. For this test, the proportional band shall be set to 100 %, reset time to minimum (maximum effect), rate time to minimum value (minimum effect).
- c) Maximum derivative gain at high frequency. For this test, the proportional band shall be set to 100 %, reset time to maximum value (minimum effect), rate time to maximum scale graduation (maximum effect).

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 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.

With the controller in a closed loop configuration as in Figure 2a, switch in position B, generator 3 set for sinusoidal signal, the set point shall be set to approximately 50 % of span.

The peak-to-peak amplitude of the sinusoidal signal should not exceed 20 % of span and shall be applied to the controller as the measured value signal. The amplitude of this signal shall be sufficiently low to avoid distortion of the output.

The frequency range to be explored shall depend on the design of the 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).

Measured value signals and output signals shall be recorded simultaneously at several frequencies and the results used to determine relative gain values. Alternatively, a spectrum analyser may be used.

10.3 Analysis of test results

In accordance with 10.1 the Bode diagram (amplitude-frequency) shall be plotted with the combination shown below. See Table 2.

Table 2 – Conditions for frequency response tests

K_p	Proportional band %	T_i	T_D
1	100	Maximum (or off)	Minimum (or off)
1	100	Minimum	Minimum (or off)
1	100	Maximum (or off)	Maximum scale graduation

11 Miscellaneous tests

11.1 Voltage test (see also IEC 61010-1)

Isolation 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 (which shall be connected together) and earth. The remaining terminals shall be connected together and to earth.

The no-load voltage of the testing apparatus shall be initially set to zero test voltage and then connected to the controller under test. The transformer used for this test shall have a capacity of at least 500 VA.

The test voltage shall be raised gradually to its specified value (see Table 3), so that no appreciable transient overvoltages occur. The test voltage shall be maintained at its maximum value for 1 min. It shall then be gradually reduced to zero.

Table 3 – Voltage test values

Supply voltage d.c. or a.c. V	Test voltage kV
≤ 60	0,5
>60 to 130	1,0
>130	1,5

11.2 Insulation resistance (see also IEC 61010-1)

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. In those cases where 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 over-range

Under reference conditions (see Clause 5) and using the circuit shown in Figure 2a, with the switch in position B (closed loop), the measured value signal shall be set to 50 % overload (i.e. to a value equal to 150 % of span) for 1 min by adjustment of the bias generator No. 3. The measured value signal shall then be 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 zero, not 0 % of span).

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

12 Documentary information

The manufacturer shall supply the evaluating body with information relating to 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 with original 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 Test 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 on the tests and the test results.

See also IEC 61298-4 for more complete details about report references and definitions.

15 Summary of tests

Designation	Information to be provided		Refer to clause or subclause
	Units	Remarks	
1. Offset	% of span of measured value	Maximum positive and negative offset for proportional band at three settings: 100 %, minimum and maximum (or the nearest scale markings)	6
2. Set point scale	% of span of set point	Difference between indicated values and measured values at set points of 0 %, 20 %, 40 %, 50 %, 60 %, 80 % and 100 % increasing and decreasing. Repeat the cycle at least three times and calculate values for average error and hysteresis	7.1
3. Proportional action	Ratio (non dimensional)	Ratio for proportional band set at 100 %, minimum and maximum	7.2
Dial marking error	% dial marking	Deviation from dial marking	7.2.2
4. Deadband	% of span of measured value	Maximum change in input for no detectable change in output	7.2.3
5. Integral action/Reset time	Seconds or minutes	Value of time at maximum, minimum and intermediate nominal settings, for positive and negative changes in input	7.3
Dial marking error	% dial marking	Deviation from dial marking	7.3.2
6. Derivative action/Rate time	Seconds or minutes	Value of time at maximum, minimum and intermediate nominal settings, for positive and negative changes in input	7.4
Dial marking error	% dial marking	Deviation from dial marking	7.4.2
7. Ambient temperature	% of span of measured	Change in offset at maximum and	8.3.1

Designation	Information to be provided		Refer to clause or subclause
	Units	Remarks	
	value per 10 °C	minimum operating temperatures and during specified temperature cycles	
8. Humidity	% of span of measured value	Change in offset at 40 °C and at 60 % and 95 % RH	8.3.2
9. Mounting position	% of span of measured value per 10°	Change in offset due to 10° tilt in each of four directions in turn	8.4.1
10. Shock	% of span of measured value	Change in offset due to dropping onto 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	8.4.2
11. Mechanical vibration	% of span of measured value	Resonance search 1) 10 Hz to 60 Hz, 0,07 mm 2) 60 Hz to 150 Hz, 9,8 m/s ² Endurance run at resonances for 3 h Check mechanical condition and change in offset	8.4.3
12. Power supply variations (voltage or air pressure)	% of span of measured value	Change in offset for variations of +10 % and –15 % of voltage or air pressure	8.5.1
13. Power supply variations (frequency)	% of span of measured value	Change in offset for frequency variations of +2 % and –10 %	8.5.1
14. Power supply variations (start-up drift (long interruption))	% of span of measured value	Change in offset after 5 min and 1 h from switching on after being off for 24 h. For set point at 50 % of span	8.5.1.1
15. Power supply variations (short interruption)		For interruptions of 5 ms, 20 ms, 100 ms, 200 ms, 500 ms at and for maximum reset and minimum rate times	8.5.1.2
	% of span of measured value	Maximum transient change in output	
	Seconds	Time for output to stay within 1 % of steady-state value	
	% of span of output	Permanent change in output	
16. Power supply depression	% of span of output	Change in output after depressing supply to 75 %	8.5.1.3
17. Power supply transient overvoltages	% of span of output	Transient and d.c. output changes for specified amplitudes and durations of voltage spikes superimposed on the mains supply	8.5.1.4
18. Reverse supply protection	% of span of output	Change in offset after correct reconnection	8.5.1.5
19. Common mode interference	% of span of output	Change in steady-state output or any ripple due to a 250 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 Repeat with 50 V d.c. or 1 000 times the input span	8.6.1
20. Series mode interference	% of span of output	Change in output due to 1 V peak-to-peak a.c. mains frequency signal (varying the phase 360° with respect to mains) applied in series with the input terminals	8.6.2
21. Earthing	% of span of output	Change in output signal due to earthing each input and output terminal in turn	8.6.3

Designation	Information to be provided		Refer to clause or subclause
	Units	Remarks	
22. Radio interference	% of span of output	As specified by manufacturer	8.6.4
23. Magnetic field interference	% of span of output	400 A/m at 10 % and 90 % of output span	8.6.5
24. Electrostatic discharge	% of span of output	As specified by manufacturer	8.6.6
24. Output load	% of span of output	Change in offset due to a change of output load from minimum to maximum; also change due to open circuit and short circuit for 5 min each	8.7
	Ohms	Give the value of the output impedance	
25 Accelerated life	% of span of output	Change in offset due to the effects of a 0,5 Hz sinusoidal signal of amplitude ± 25 % of span, applied for 7 days	8.8
26. Air flow (pneumatic controllers)	% of span of output per m ³ /h air	Plot of offset against flow, including: a) maximum delivered and exhausted flow for 50 % offset b) offset for delivered and exhausted flows of 0,2 m ³ /h and 0,4 m ³ /h c) values defining the discontinuity termed output relay dead zone	9.1.3
27. Steady-state air consumption (pneumatic controllers)	m ³ /h air	With output connected to a sealed capacity, record maximum flow of air supply	9.1.4
28. Power consumption (electric controllers)	W or VA	Consumption measured under specified conditions both for "automatic" and for "manual" operation	9.1.5
29. Ripple content of output	V, Hz	Peak-to-peak, r.m.s. values and mains frequency component of ripple content of output, for 10 %, 50 % and 90 % signals	9.3
30. Frequency response	Gain (see Figure 10) Frequency: Hz	Obtain values for: a) proportional action high-frequency cut-off b) maximum integral gain at low frequency c) maximum derivative gain at high frequency	10
31. Voltage test	V	Test voltage applied for 1 min between power supply terminals and earth	11.1
32. Insulation	Ohms	Value between each power supply terminal and earth when tested at 500 V d.c.	11.2
33. Input over-range	% of span of measured value	Change in offset measured 5 min after 50 % overload applied for 1 min Test also for 50 % overload on set point For elevated zero instruments test also point with actual zero as input signal	11.3

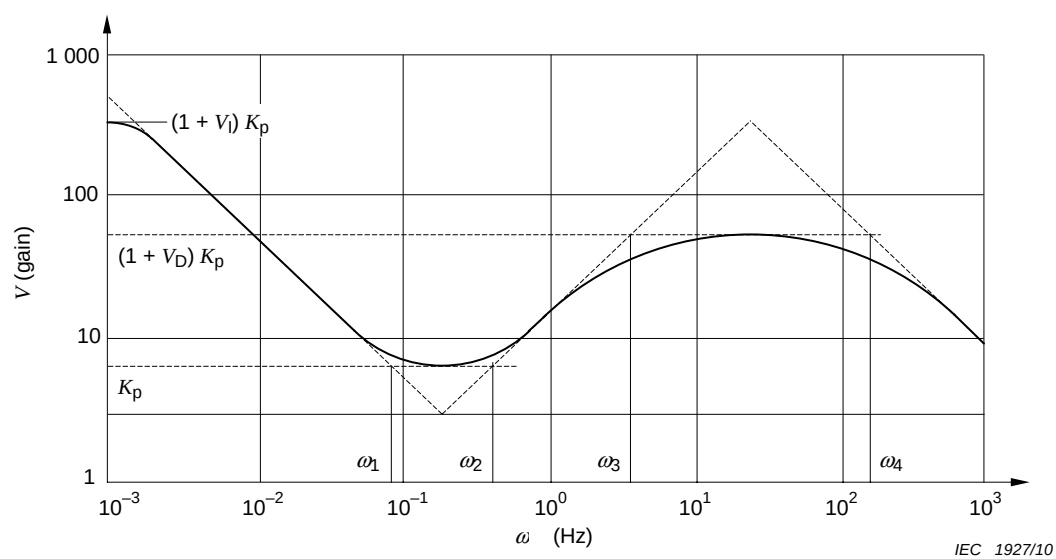


Figure 10 – Frequency response test results

Bibliography

IEC 60027-2:2005, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 2: Telecommunications and electronics*

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

IEC 60381 (all parts), *Analogue signals for process control systems*

IEC 60382, *Analogue pneumatic signal for process control systems*

IEC 60546-2, *Controllers with analogue signals for use in industrial-process control systems – Part 2: Guidance for inspection and routine testing*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	43
INTRODUCTION.....	45
1 Domaine d'application	46
2 Références normatives	46
3 Termes et définitions	47
4 Relations fondamentales	48
4.1 Relations entrée/sortie d'un régulateur idéalisé	48
4.2 Limitations.....	50
4.3 Graduation des cadrans des régulateurs	51
5 Conditions générales d'essais	51
5.1 Conditions d'environnement	51
5.1.1 Plage de conditions ambiantes recommandées pour les mesures d'essai.....	51
5.1.2 Atmosphère normale de référence	51
5.1.3 Conditions atmosphériques normales pour les mesures d'arbitrage	52
5.2 Conditions d'alimentation	52
5.2.1 Valeurs de référence	52
5.2.2 Tolérances	52
5.3 Impédance de charge	52
5.4 Autres conditions d'essais	53
5.5 Stabilisation du signal de sortie du régulateur	53
6 Ecart total permanent	55
6.1 Montage d'essai	55
6.2 Conditions initiales	55
6.3 Mode opératoire d'essai	55
6.3.1 Influence sur l'écart total permanent de la variation de la valeur X_p	55
6.3.2 Influence de la variation des valeurs des temps d'action par intégration et par dérivation.....	55
7 Affichages et graduations d'échelle	56
7.1 Vérification des graduations de la consigne	56
7.2 Action proportionnelle.....	56
7.2.1 Conditions initiales	56
7.2.2 Mode opératoire d'essai	56
7.2.3 Zone morte.....	57
7.3 Action par intégration	58
7.3.1 Conditions initiales	58
7.3.2 Mode opératoire d'essai	58
7.4 Action par dérivation	60
7.4.1 Conditions initiales	60
7.4.2 Mode opératoire d'essai	60
8 Action des grandeurs d'influence	61
8.1 Généralités.....	61
8.2 Conditions initiales	62
8.3 Influences climatiques	62
8.3.1 Température ambiante (selon la CEI 61298-3).....	62
8.3.2 Humidité (pour les régulateurs électriques uniquement) (selon la CEI 61298-3).....	62

8.4	Influences mécaniques	62
8.4.1	Position de montage	62
8.4.2	Chocs	63
8.4.3	Vibrations mécaniques	63
8.5	Influence de l'alimentation	64
8.5.1	Variations de l'alimentation	64
8.6	Perturbations électriques	66
8.6.1	Perturbations en mode commun (voir la Figure 7)	66
8.6.2	Perturbations en mode série	67
8.6.3	Mise à la terre	67
8.6.4	Perturbations radioélectriques	67
8.6.5	Perturbations provoquées par un champ magnétique	68
8.6.6	Décharge électrostatique	69
8.7	Charge de sortie (pour les régulateurs électriques uniquement)	69
8.8	Essai accéléré de vieillissement	69
8.8.1	Conditions initiales	69
8.8.2	Mode opératoire d'essai	69
9	Caractéristiques du circuit de sortie et consommation de puissance	69
9.1	Energie consommée et fournie	69
9.1.1	Généralités	69
9.1.2	Conditions initiales	69
9.1.3	Débit d'air fourni ou évacué (régulateurs pneumatiques)	70
9.1.4	Consommation d'air en régime permanent (régulateurs pneumatiques)	70
9.1.5	Puissance consommée (régulateurs électriques)	70
9.2	Transfert mode automatique – mode manuel	71
9.3	Facteur d'ondulation du signal de sortie	71
10	Réponse en fréquence	71
10.1	Objet des essais de réponse en fréquence	71
10.2	Mode opératoire d'essai	71
10.3	Dépouillement des résultats d'essai	72
11	Essais divers	72
11.1	Essai de surtension (voir également la CEI 61010-1)	72
11.2	Résistance d'isolement (voir également la CEI 61010-1)	72
11.3	Surcharge d'entrée	73
12	Documentation	73
13	Examen technique	73
14	Rapport d'essai	73
15	Résumé des essais	74
	Bibliographie	78
	Figure 1 – Signaux de base d'entrée et de sortie d'un régulateur idéalisé	49
	Figure 2a – Montage pour essais en boucle ouverte ou fermée	54
	Figure 2b – Montage pour mesure du débit d'air	54
	Figure 3 – Caractéristiques d'un régulateur à action proportionnelle seule	58
	Figure 4 – Courbes enregistrées au cours de l'essai de l'action proportionnelle	59
	Figure 5 – Courbes enregistrées au cours de l'essai de l'action par intégration	60

Figure 6 – Courbes enregistrées au cours de l'essai de l'action par dérivation.....	61
Figure 7 – Montage pour essai de perturbation en mode commun (générateur de courant alternatif)	66
Figure 8a – Montage pour essai de perturbation en mode série (entrée en tension)	68
Figure 8b – Montage pour essai de perturbation en mode série (entrée en courant)	68
Figure 9 – Caractéristique de débit d'un régulateur pneumatique	70
Figure 10 – Résultats d'essais de réponse en fréquence	77
Tableau 1 – Conditions de fonctionnement relatives aux essais de vibrations mécaniques	64
Tableau 2 – Conditions pour les essais de réponse en fréquence	72
Tableau 3 – Valeurs d'essai de surtension	72

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉGULATEURS À SIGNAUX ANALOGIQUES UTILISÉS POUR
LES SYSTÈMES DE CONDUITE DES PROCESSUS INDUSTRIELS –****Partie 1: Méthodes d'évaluation des performances**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60546-1 a été établie par le sous-comité 65B: Dispositifs et analyse des processus, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 1987. Cette troisième édition constitue une révision technique mineure, élaborée pour mettre à jour les termes, les unités de mesure et les références.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
65B/659A/CDV	65B/717A/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60546, présentées sous le titre général: *Régulateurs à signaux analogiques utilisés pour les systèmes de conduite des processus industriels*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

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.

La deuxième partie de la norme, CEI 60546-2, décrit une série limitée d'essais utilisables comme essais de réception.

Les essais spécifiés dans la présente norme ne sont pas nécessairement 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.

Il convient qu'une liaison des plus étroites soit établie entre le constructeur et un organisme d'essai. Les spécifications du constructeur sont prises en considération lors de l'élaboration du programme des essais, et il convient d'inviter le constructeur à commenter tant le programme des essais que leurs résultats. Il convient d'inclure ses observations sur les résultats dans tout rapport émanant de l'organisme d'essai.

RÉGULATEURS À SIGNAUX ANALOGIQUES UTILISÉS POUR LES SYSTÈMES DE CONDUITE DES PROCESSUS INDUSTRIELS –

Partie 1: Méthodes d'évaluation des performances

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux régulateurs pneumatiques et électriques à action proportionnelle et action par intégration et par dérivation (PID, en anglais *proportional-integral-derivative*) pour processus industriels, utilisant des signaux d'entrée et de sortie analogiques continus, conformes aux normes internationales en vigueur.

Bien que les essais décrits ci-après concernent les régulateurs utilisant de tels signaux, il convient de noter qu'ils peuvent en principe être appliqués à des régulateurs ayant des signaux différents, à condition que ces signaux soient continus. Il convient également de noter que la présente norme a été rédigée pour des régulateurs pneumatiques et électriques pour processus industriels ne comportant que des composants analogiques, et qu'elle ne doit pas nécessairement être utilisée pour des régulateurs à microprocesseurs.

La présente norme a pour objet de spécifier des méthodes d'essai uniformes pour l'évaluation des performances des régulateurs PID à signaux d'entrée et de sortie analogiques pour processus industriels¹⁾.

Les conditions d'essais spécifiées dans la présente norme, par exemple la plage de températures ambiantes, l'alimentation, etc., sont prises en considération en l'absence d'autres valeurs agréées par le constructeur et l'utilisateur.

Lorsqu'une évaluation complète conforme à la présente norme n'est pas nécessaire, les essais demandés doivent être effectués et leurs résultats présentés conformément aux parties correspondantes de la norme. Il convient que le programme d'essai soit fixé par accord mutuel entre le constructeur et l'utilisateur, en tenant compte de la nature et de l'importance particulière du matériel concerné.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

CEI 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

CEI 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

¹⁾ Voir la CEI 60381 et la CEI 60382.

CEI 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3 : Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61010-1, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 61298-1, *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 1: Généralités*

CEI 61298-3, *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 3: Essais pour la détermination des effets des grandeurs d'influence*

CEI 61298-4, *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 4: Contenu du rapport d'évaluation*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

bande proportionnelle

bande proportionnelle X_p d'un régulateur linéaire, exprimée en pourcentage, et donnée par l'expression:

$$X_p = \frac{100}{K_p} \quad (1)$$

3.2

action directe

signal de sortie du régulateur, qui croît avec un accroissement de la valeur mesurée

3.3

action inverse

signal de sortie du régulateur, qui décroît avec un accroissement de la valeur mesurée

3.4

écart total permanent

différence entre la valeur mesurée et la valeur de consigne en régime établi

3.5

régulateur proportionnel

P

régulateur qui produit seulement une régulation par action proportionnelle

3.6

régulateur proportionnel et par dérivation

PD

régulateur qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action par dérivation

3.7

régulateur proportionnel et par intégration

PI

régulateur qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action par intégration

3.8**régulateur PID**

régulateur à actions composées qui produit une régulation par action proportionnelle, plus une action par intégration et une action par dérivation

3.9**zone morte**

gamme finie des valeurs dans laquelle la variation de la variable d'entrée ne produit aucune variation mesurable de la variable de sortie

3.10**erreur moyenne à la montée**

moyenne arithmétique des erreurs pour chaque point de mesure, mesurée à la montée, et pour chaque cycle de mesure

3.11**erreur moyenne à la descente**

moyenne arithmétique des erreurs pour chaque point de mesure, mesurée à la descente, et pour chaque cycle de mesure

3.12**erreur moyenne**

moyenne arithmétique de toutes les erreurs à la montée et à la descente, pour chaque point de mesure

3.13**hystérésis**

différence entre les valeurs de l'erreur moyenne à la montée et de l'erreur moyenne à la descente pour chaque point de mesure

4 Relations fondamentales**4.1 Relations entrée/sortie d'un régulateur idéalisé**

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

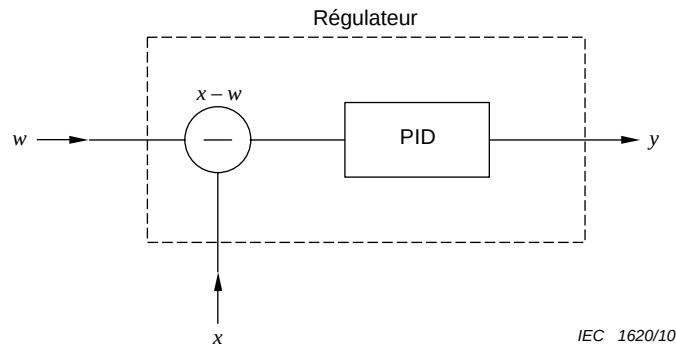


Figure 1 – Signaux de base d'entrée et de sortie d'un régulateur idéalisé

$$y - y_0 = K_p (x - w) + K_I \int_0^t (x - w) dt + K_D \frac{d(x - w)}{dt} \quad (2)$$

$$y - y_0 = K_p \left[(x - w) + \frac{1}{T_I} \int_0^t (x - w) dt + T_D \frac{d(x - w)}{dt} \right] \quad (3)$$

ou dans le domaine des fréquences:

$$F(j\omega) = K_p \left[1 + \frac{1}{j\omega T_I} \right] + j\omega T_D \quad (4)$$

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:

$$y - y_0 = K'_p A \left[(x - w) + \frac{1}{A T'_I} \int_0^t (x - w) dt + \frac{T'_D}{A} \frac{d(x - w)}{dt} \right] \quad (5)$$

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:

$$A = 1 + \frac{T'_D}{T'_I} \quad (6a); \quad K'_p = \frac{K_p}{A} \quad (6b)$$

$$T'_I = 1 + \frac{T_I}{A} \quad (6c); \quad T'_D = A T_D \quad (6d)$$

où

t est le temps;

y est le signal de sortie (grandeur réglante);

y_0 est le signal de sortie au temps $t = 0$ (sortie du régulateur équilibrée);

x est la valeur de la mesure (grandeur réglée);

w est la valeur de la consigne (grandeur de référence d'entrée);

K_p est le facteur d'action proportionnelle (coefficient d'action proportionnelle) (voir Note 1);

K_I est le facteur d'action par intégration (coefficient d'action par intégration) (voir Note 1);

K_D est le facteur d'action par dérivation (coefficient d'action par dérivation) (voir Note 1);

T_I est le temps d'action par intégration;

T_D est le temps d'action par dérivation;

x et w , et par conséquent y peuvent être des fonctions du temps t , et:

e est l'erreur ou l'écart total permanent du régulateur, c'est-à-dire: $x - w$;

ω est la vitesse angulaire.

NOTE 1 Pour la définition de ce terme, voir la CEI 60050-351.

NOTE 2 La présente norme est limitée aux régulateurs P, PI, PD ou PID.

NOTE 3 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.

NOTE 4 Les symboles avec primes (K'_p , T'_I , T'_D) sont des valeurs nominales, par opposition aux valeurs réelles.

NOTE 5 Les constantes de temps d'intégration et de dérivation concernent seulement les actions par intégration et par dérivation pures (CEI 60050-351).

Il existe des régulateurs ayant d'autres structures; c'est le cas, par exemple, du régulateur dans lequel la dérivation est appliquée uniquement à la valeur de la mesure x , et non à $(x - w)$.

L'équation (5) devient dans ce cas:

$$y - y_0 = K'_p A \left[(x - w) + \frac{1}{A T'_I} \int_0^t (x - w) dt + \frac{T'_D}{A} \frac{d}{dt}(x) \right] \quad (7)$$

4.2 Limitations

Les équations décrivant la performance d'un régulateur réel sont habituellement différentes des équations (2) à (7), 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 par intégration V_I

Le gain par intégration des régulateurs réels n'étant pas infini, la partie intégrale des équations (2) et (3) est une approximation de la réponse réelle dans le seul cas de fréquences suffisamment élevées. Aux fréquences basses, l'action par intégration d'un régulateur [soit les termes d'intégration de l'équation (4)] peut être exprimée dans le domaine des fréquences comme suit:

$$F(j\omega) = K_p \frac{V_I}{1 + j\omega T_I V_I} \quad (8)$$

b) Gain maximal d'action par dérivation V_D

Le gain par dérivation des régulateurs réels étant limité, les termes de dérivation des équations (2) et (3) 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 peuvent s'ajouter. Le terme de dérivation de l'équation (4) peut donc être exprimé dans le domaine des fréquences comme suit:

Action par dérivation et constante de temps

$$F(j\omega) = K_p \frac{j\omega T_D}{1 + j\omega T} \quad (9)$$

ou

action proportionnelle, action par dérivation et constante de temps

$$F(j\omega) = K_p \frac{1 + j\omega T_D}{1 + j\omega T} \quad (10)$$

où

T est la constante de temps d'un retard du premier ordre.

Le rapport $\frac{T_D}{T}$ peut être constant pour toutes les valeurs réglables de T_D (selon la conception du régulateur). Dans ce cas, le rapport $\frac{T_D}{T}$ est appelé gain maximal d'action par dérivation ou V_D .

4.3 Graduation des cadrans 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 les cadrans du régulateur. Les relations entre les valeurs des graduations et les valeurs réelles, c'est-à-dire 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.

5 Conditions générales d'essais

5.1 Conditions d'environnement

Selon la CEI 61298-1:

5.1.1 Plage de conditions ambiantes recommandées pour les mesures d'essai

Plage de températures	de 15 °C à 35 °C
Humidité relative	de 45 % à 75 %
Pression atmosphérique	de 86 kPa à 106 kPa
Champ électromagnétique	valeur à indiquer, si nécessaire

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

5.1.2 Atmosphère normale de référence

Température	20 °C
Humidité relative	65 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa

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 admis 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 équivalente 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 réglées dans des limites étroites.

Pour les besoins de la présente 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	86 kPa à 106 kPa	–

Pour les atmosphères tropicales ou subtropicales ou d'autres exigences spécifiques, des conditions atmosphériques de référence alternatives peuvent être utilisées.

5.2 Conditions d'alimentation

5.2.1 Valeurs de référence

Valeurs indiquées par le constructeur ou convenues entre le constructeur et l'utilisateur.

5.2.2 Tolérances

Selon la CEI 61298-1:

1) Alimentation électrique

- tension assignée ±1 %
- fréquence assignée ±1 %
- distorsion harmonique (alimentation c.a.) inférieure à 5 %
- facteur d'ondulation (alimentation c.c.) inférieur à 0,1 %

2) Alimentation pneumatique

- pression assignée ±1 %
- température de l'air d'alimentation température ambiante ± 2 °C
- humidité de l'air d'alimentation point de rosée inférieur d'au moins 10 °C à la température du régulateur
- teneur en huile et poussière
 - huile moins de 1×10^{-6} en poids
 - poussière pas de particules d'un diamètre supérieur à 3 µm

5.3 Impédance de charge

Selon la CEI 61298-1:

La valeur indiquée par le constructeur doit être utilisée comme valeur de référence.

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 de type tension continue;
- la valeur maximale admissible pour les régulateurs avec signal de sortie de type courant continu.

Pour les régulateurs pneumatiques et en l'absence d'autres valeurs spécifiées par le constructeur, l'impédance de charge utilisée doit être composée d'une tuyauterie rigide d'une longueur de 8 m et d'un diamètre intérieur de 4 mm, suivi d'une capacité de 20 cm³.

NOTE Ce dispositif est particulièrement indiqué pour les essais statiques sur les régulateurs pneumatiques. Pour les essais dynamiques, il est possible de remplacer la capacité de 20 cm³ par une capacité de 100 cm³.

5.4 Autres conditions d'essais

D'autres conditions à prendre en compte lors de la réalisation d'essais généraux sont les suivantes:

- signaux d'entrée: absence de tensions parasites induites ou de fluctuations de pression susceptibles d'affecter 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 varie pas de plus de $\pm 3^\circ$ suivant chaque axe pendant toute la durée de l'essai;
- influences mécaniques extérieures: elles doivent être négligeables.

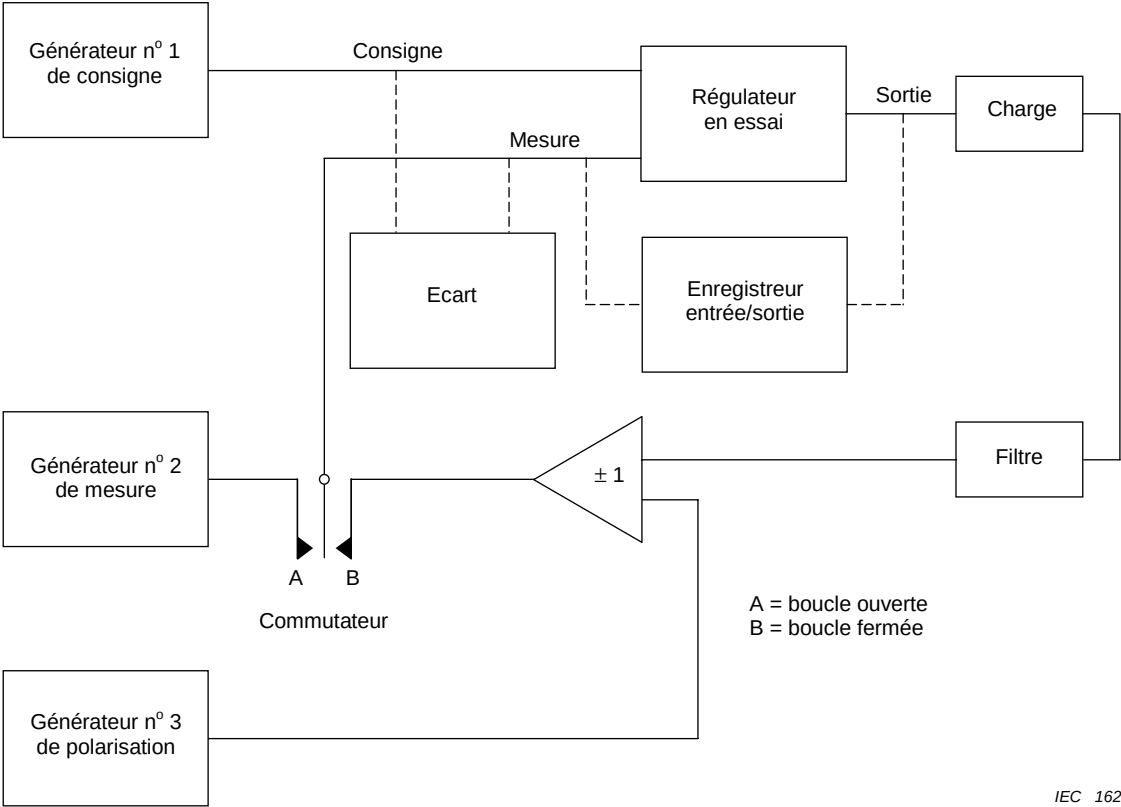
La précision des systèmes de mesure utilisés pour les essais doit être indiquée dans le rapport d'essai. Il convient qu'elle soit au moins quatre fois meilleure que celle du régulateur soumis à essai.

5.5 Stabilisation du signal de sortie du régulateur

Pour les besoins des essais suivants, le régulateur peut être stabilisé de la façon suivante (voir Figure 2a²).

- Mettre le régulateur en fonctionnement en boucle fermée en plaçant le commutateur en position B. Mettre le régulateur en position d'action inverse ou régler à -1 le gain de l'amplificateur différentiel.
- Régler la bande proportionnelle à 100 % si possible, et sauf spécification contraire.
- Régler l'action par dérivation à la valeur minimale (temps de dérivation minimal ou mise hors circuit).
- Régler l'action par intégration à la valeur maximale (temps d'intégration minimal).
- Régler la consigne à 50 %.
- Régler, si nécessaire, le générateur de polarisation n° 3, de manière à obtenir la valeur de sortie désirée.

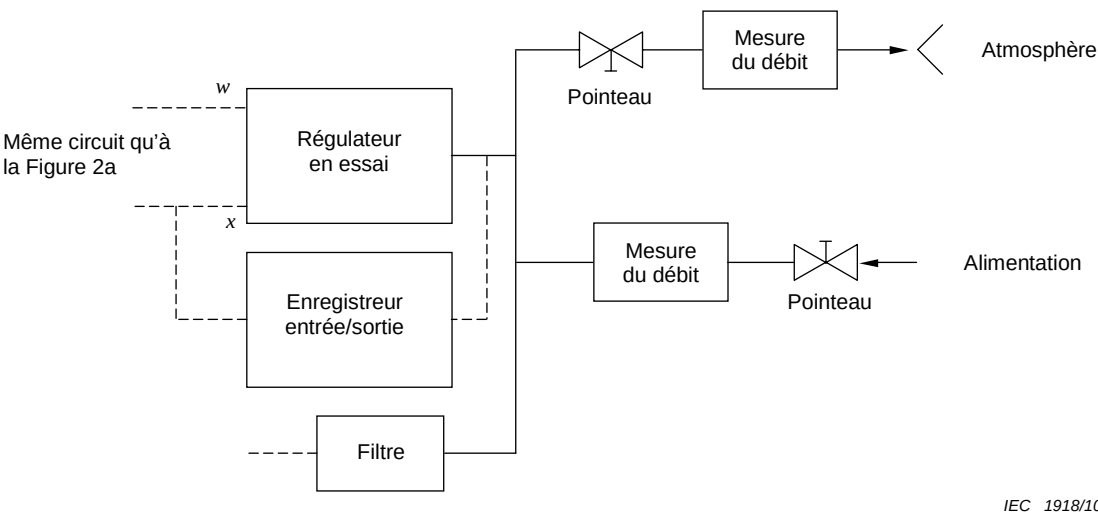
2) Un filtre est parfois nécessaire pour la stabilité.



IEC 1621/10

- Générateur n° 1 Générateur pour entrée du point de consigne
Pour régulateur à point de consigne extérieur
- Générateur n° 2 Courant continu pour entrée en régime permanent
Echelons pour action par intégration
Rampes pour l'action par dérivation
- Générateur n° 3 Sinusïdes pour l'essai de réponse en fréquence et l'essai de vieillissement accéléré
Courant continu pour niveaux de polarisation fixes

2a) Montage pour essais en boucle ouverte ou fermée



IEC 1918/10

2b) Montage pour mesure du débit d'air

Figure 2 – Montages d'essais

6 Ecart total permanent

6.1 Montage d'essai

L'essai d'écart total permanent s'applique uniquement aux régulateurs à action par intégration. La configuration du circuit représentée à la Figure 2a ou un schéma équivalent doit être utilisé(e).

Le signal de consigne et la valeur de la mesure doivent être appliqués à l'entrée d'un appareil de mesure différentiel. Le commutateur de sélection doit être placé en position B, de façon à obtenir une configuration stable en "boucle fermée".

En changeant la valeur de la polarisation du générateur n° 3, on peut faire varier le signal de sortie du régulateur sur toute l'échelle, pour chaque valeur de consigne du régulateur et de la mesure.

6.2 Conditions initiales

Les conditions initiales doivent être celles indiquées à l'Article 5.

6.3 Mode opératoire d'essai

6.3.1 Influence sur l'écart total permanent de la variation de la valeur X_p

L'écart total permanent variera pour différentes valeurs de bandes proportionnelles. Les modes opératoires d'essai pour déterminer les écarts totaux permanents sont les suivants:

- Si les échelles du régulateur à soumettre à essai ne sont pas directement graduées en termes de coefficient d'action proportionnelle, de temps d'action par intégration et de temps d'action par dérivation, les relations liant les valeurs marquées aux paramètres utilisés dans la présente norme doivent être précisées. La méthode indiquée dans le présent article doit être utilisée, l'appareil étant réglé sur la graduation d'échelle correspondant aux valeurs spécifiées.
- Le régulateur étant stabilisé comme indiqué en 5.5, ajuster le générateur de polarisation n° 3 de manière à obtenir la valeur de sortie à 50 %. Après avoir laissé au régulateur un temps suffisant pour que sa sortie se stabilise, mesurer l'écart total permanent.
- La mesure doit être répétée avec la bande proportionnelle ajustée à sa valeur minimale, puis à sa valeur maximale (ou aux valeurs correspondant aux graduations d'échelle les plus proches du minimum et du maximum).
- Régler la bande proportionnelle à 100 %. Répéter la mesure telle que décrite ci-dessus pour les neuf combinaisons des trois valeurs de la consigne: 10 %, 50 % et 90 % de l'intervalle de sortie, et des trois valeurs de sortie: 10 %, 50 % et 90 % de l'intervalle de sortie.
- Commuter le régulateur en position d'action directe. En même temps, régler le gain de l'amplificateur différentiel à -1 . Mesurer l'écart total permanent avec $X_p = 100$ %, la consigne = 50 % et la sortie = 50 %.
- Il est possible d'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.
- L'écart total permanent doit être noté en pourcentage de l'intervalle de mesure.

6.3.2 Influence de la variation des valeurs des temps d'action par intégration et par dérivation

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

Le temps d'action par intégration étant réglé à sa valeur minimale, faire varier le temps d'action par dérivation de sa valeur minimale à sa valeur maximale en passant par une valeur intermédiaire (par exemple 6 s, 12 s et 120 s).

Le temps d'action par dérivation étant réglé à sa valeur minimale, faire varier le temps d'action par intégration de sa valeur minimale à sa valeur maximale en passant par une valeur intermédiaire (par exemple 6 s, 12 s et 120 s).

L'écart total permanent doit être mesuré 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 valeur de consigne possèdent des bornes accessibles où le signal de consigne effectif peut être mesuré. Dans ce cas, l'essai suivant doit être exécuté.

L'indicateur de valeur de consigne doit être positionné successivement en regard de repères 0 %, 20 %, 40 %, 50 %, 60 %, 80 % et 100 %, et les valeurs correspondantes du signal de consigne émis doivent être relevées. Le mode opératoire doit ensuite être répété en lectures descendantes, c'est-à-dire, 100 %, 80 %, etc., jusqu'à 0 %.

Le mode opératoire ci-dessus doit être répété au moins trois fois.

Déterminer la différence entre les lectures de l'indicateur et la valeur générée à chaque réglage. Exprimer la différence en pourcentage de l'intervalle de consigne. Les valeurs suivantes doivent être consignées:

- a) erreur moyenne à la montée;
- b) erreur moyenne à la descente;
- c) erreur moyenne;
- d) hystérésis.

7.2 Action proportionnelle

Il convient d'utiliser pour cet essai la configuration du circuit représentée à la Figure 2a ou un schéma équivalent.

7.2.1 Conditions initiales

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

7.2.2 Mode opératoire d'essai

Le mode opératoire est le suivant:

- Régler 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 %.
- Régler l'action par intégration à son effet minimal (temps d'action maximal ou suppression pure de l'action par intégration).
- Régler l'action par dérivation à son effet minimal (temps d'action minimal ou suppression pure de l'action par dérivation).
- Commuter le circuit en boucle ouverte (position A du commutateur) et remettre le régulateur en position directe.

- En agissant sur la valeur du signal d'entrée (de mesure), faire varier le signal de sortie du minimum au maximum et relever les couples des valeurs des signaux d'entrée et de sortie.

Les mesures doivent commencer par une valeur de mesure égale à 50 %, puis continuer par les valeurs de 30 %, 70 %, 10 %, 90 %, 0 %, 100 %, en respectant cet ordre.

- Ce mode opératoire doit être exécuté le plus rapidement possible et en une seule fois, afin de réduire les effets dus à l'action résiduelle par intégration.
- Ces mesures doivent être répétées pour les deux affichages extrêmes de la bande proportionnelle. Pour les mesures effectuées avec la bande proportionnelle inférieure à 100 %, le signal de mesure doit être réglé successivement pour obtenir en sortie et dans l'ordre 50 %, 30 %, 70 %, 10 %, 90 %, 0 % et 100 %.
- Ces mesures doivent être répétées avec la bande proportionnelle égale à 100 %, mais avec le régulateur en position d'action d'inversion.
- La variation des signaux de sortie en fonction de la valeur de la mesure (en pourcentage) doit être représentée sur un graphique similaire à celui qui est représenté à la Figure 3.

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 droite correspondant le mieux (voir Figure 3). La bande proportionnelle (X_p) doit être déterminée en tenant compte des points d'intersection des courbes de la Figure 3, avec les axes 0 % et 100 % des valeurs des signaux de mesure et des signaux de sortie. L'erreur doit être exprimée en pourcentage de la valeur nominale affichée sur le cadran (erreur de graduation).

NOTE Si les actions par intégration et par dérivation résiduelles provoquent des difficultés de mesure, il convient d'appliquer les signaux de mesure par échelon d'un niveau à l'autre des valeurs du signal de mesure indiquées plus haut, et d'enregistrer les valeurs des signaux de mesure et de sortie, comme indiqué à la Figure 4. A partir de ces enregistrements, les calculs décrits à la Figure 4 sont effectués.

7.2.3 Zone morte

La zone morte doit être mesurée en cherchant quelle valeur maximale du signal de mesure peut être appliquée sans provoquer de variation détectable du signal de sortie.

L'essai doit être effectué en boucle ouverte, comme indiqué en 7.2.2, pour les cinq premières opérations.

Un signal de mesure oscillant lentement doit être appliqué, en commençant par une amplitude de 0,1 %. Puis augmenter l'amplitude jusqu'à ce que le signal de sortie commence à osciller. Cette amplitude doit être considérée comme la zone morte et doit être exprimée en pourcentage de l'intervalle de mesure.

Il est inutile de mesurer des zones mortes inférieures à 0,1 %. Si nécessaire, cet essai peut être répété avec le régulateur en position d'action inverse.

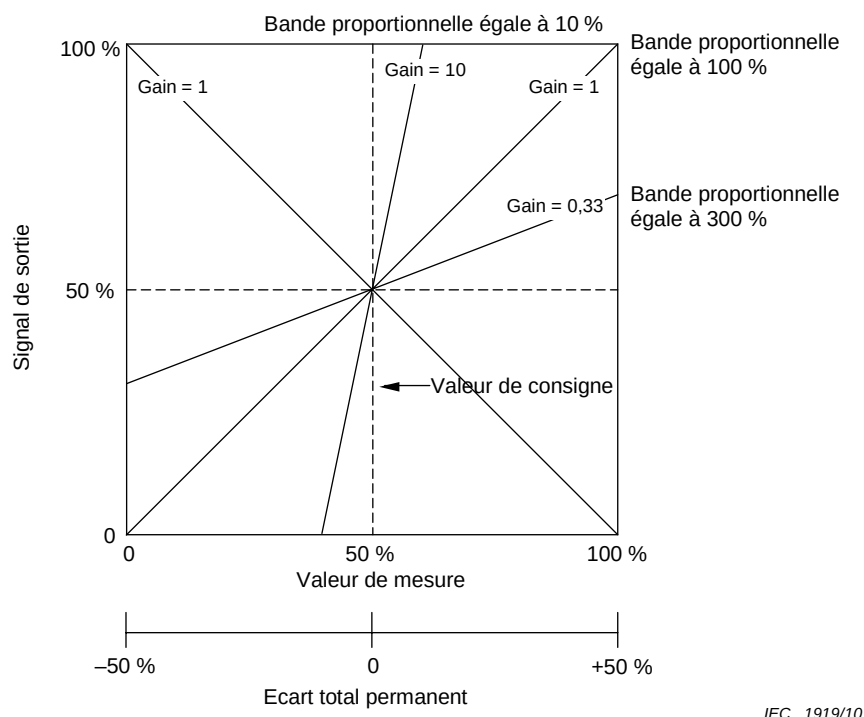


Figure 3 – Caractéristiques d'un régulateur à action proportionnelle seule

7.3 Action par intégration

7.3.1 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles qui sont spécifiées à l'Article 5.

7.3.2 Mode opératoire d'essai

Un circuit approprié est représenté à la Figure 2a. Cet essai doit être effectué en boucle ouverte, c'est-à-dire avec le commutateur de sélection en position A. Le générateur 2 doit être réglé pour engendrer un échelon qui provoque une augmentation de 10 % de l'intervalle de mesure.

- Le signal de sortie du régulateur doit être stabilisé à une valeur de 10 % en réglant le signal de sortie initial du générateur 2.
- Pour le premier essai, régler la valeur du temps d'action par intégration au maximum de sa graduation. Pour l'essai suivant, régler la valeur du temps d'action par intégration au minimum de sa graduation, puis à une valeur intermédiaire de la graduation (par exemple 1 200 s, 12 s et 120 s).
- Une variation échelon du signal de mesure doit être créée en déclenchant la fonction d'échelon du générateur 2.
- La variation du signal de sortie jusqu'à 100 % de l'intervalle de ce signal doit être enregistrée.

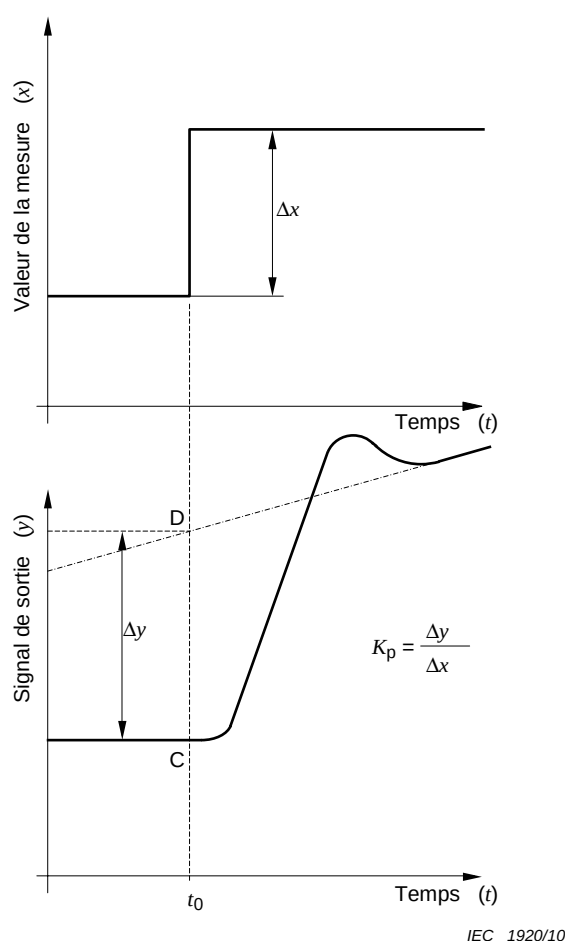
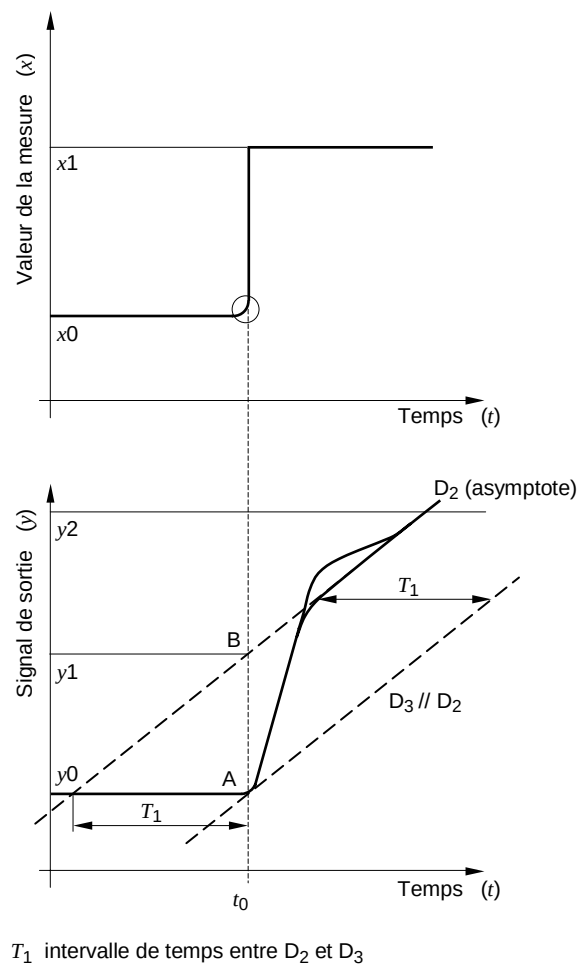


Figure 4 – Courbes enregistrées au cours de l'essai de l'action proportionnelle

- Le régulateur doit être stabilisé à 90 % de l'intervalle du signal de sortie. Une variation échelon négative d'amplitude égale à celle utilisée pour l'échelon positif précédent doit être créée.
- La variation du signal de sortie jusqu'à 0 % de l'intervalle du signal de sortie doit être enregistrée.
- Déterminer le temps d'action par intégration T_I sur les courbes enregistrées, suivant la Figure 5, ce temps étant le temps compris entre, d'une part, l'intersection de l'interpolation dans le sens des abscisses et des ordonnées décroissantes de l'asymptote D_2 et du niveau initial du signal de sortie et, d'autre part, l'instant initial t_0 .
- La différence entre les graduations affichées et les temps d'action par intégration déterminés à partir des courbes enregistrées doit être notée en pourcentage des valeurs nominales pour des échelons en montant et en descendant.

Les essais spécifiés dans ce paragraphe ne permettent pas toujours de chiffrer les performances réelles de l'action par intégration, en particulier lorsqu'il existe un dispositif de limitation de l'action par intégration.

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



IEC 1921/10

Figure 5 – Courbes enregistrées au cours de l'essai de l'action par intégration

7.4 Action par dérivation

7.4.1 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles spécifiées à l'Article 5, sauf que l'action par intégration est réglée de manière à avoir l'effet minimal (temps d'action maximal ou suppression pure de l'action par intégration).

7.4.2 Mode opératoire d'essai

Un circuit approprié pour cette mesure est représenté à la Figure 2a (commutateur en position A). Le générateur 2 doit être utilisé comme un générateur de rampe réglé de manière à obtenir une augmentation de 10 % de l'intervalle de mesure dans un temps pratiquement égal au temps d'action par dérivation à mesurer.

- Le signal de sortie doit être stabilisé à environ 10 %.
- Pour le premier essai, régler d'abord le temps d'action par dérivation au minimum de sa graduation. Pour l'essai suivant, régler d'abord le temps d'action par dérivation au maximum de sa graduation et enfin à une valeur intermédiaire de la graduation (par exemple 3 s, 300 s et 30 s).
- Au temps t_0 , le signal de rampe doit être déclenché et les deux tracés semblables à ceux de la Figure 6 doivent être enregistrés.
- Le temps d'action par dérivation T_D doit être directement déduit de ces enregistrements, comme représenté à la Figure 6.

- Cet essai doit être répété avec le signal de rampe dans le sens opposé en partant d'un signal de sortie stabilisé au départ à environ 90 %.
- La différence entre les valeurs du temps d'action par dérivation déduites de la courbe, à la montée aussi bien qu'à la descente, et les valeurs affichées sur le cadran, doit être exprimée en pourcentage de la valeur nominale, et notée.

NOTE Cet essai ne permet pas toujours de chiffrer la qualité de l'action par dérivation; en particulier, il ne permet pas de chiffrer le gain maximal du fait de l'action par dérivation (voir l'Article 10).

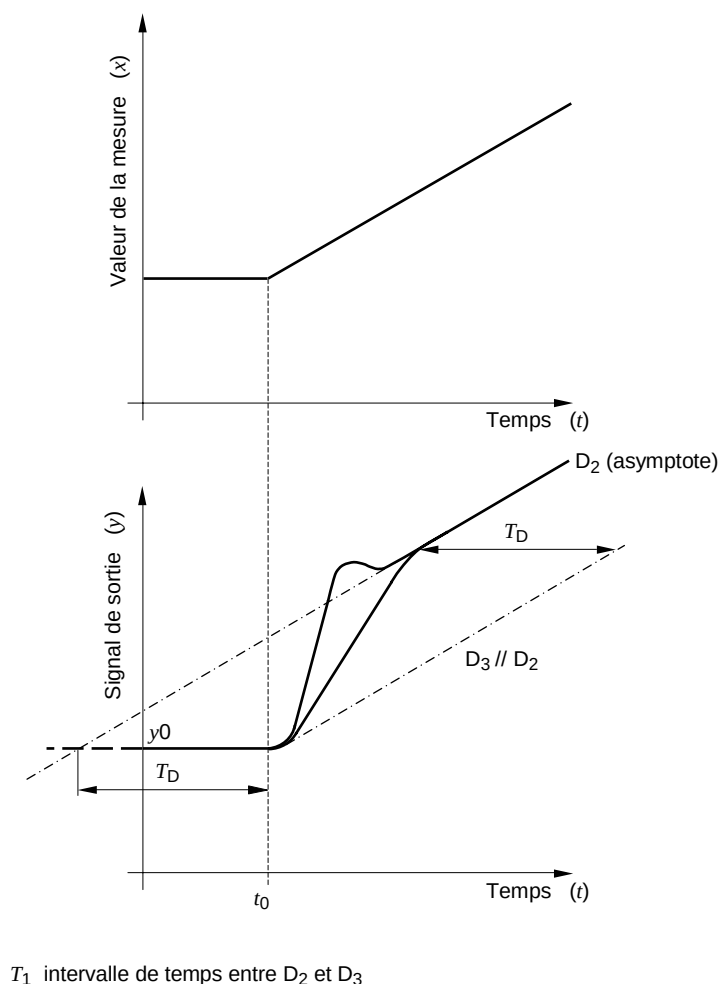


Figure 6 – Courbes enregistrées au cours de l'essai de l'action par dérivation

8 Action des grandeurs d'influence

8.1 Généralités

L'action des grandeurs d'influence individuelles sur la valeur de l'écart total doit être mesurée. Les résultats doivent être exprimés en pourcentage de l'intervalle de mesure nominal.

Quand le point de consigne est élaboré à l'intérieur de l'appareil, l'effet des diverses grandeurs d'influence doit être mesuré dans chaque cas. Lorsque cela est souhaitable, il est également possible de mesurer l'effet des diverses grandeurs d'influence sur les paramètres tels que l'action proportionnelle, l'action par intégration et l'action par dérivation.

8.2 Conditions initiales

Les conditions initiales sont celles qui sont spécifiées dans l'Article 5. Tous les essais décrits ci-après doivent être effectués en boucle fermée, sauf spécification contraire.

En utilisant un circuit similaire à celui de la Figure 2a, régler les temps d'action par intégration et par dérivation à leurs valeurs minimales.

NOTE Si nécessaire, on peut exiger de déterminer l'effet des grandeurs d'influence pour des valeurs de V supérieures à T_I et T_D .

8.3 Influences climatiques

8.3.1 Température ambiante (selon la CEI 61298-3)

L'écart total permanent doit être mesuré aux températures de fonctionnement maximales et minimales recommandées par le constructeur. En général, il convient de choisir les températures ambiantes à intervalles de 20 °C jusqu'aux températures limites spécifiées.

Par exemple, il convient que le cycle de température d'essai soit de +20 °C (référence), +40 °C, +55 °C, +20 °C, 0 °C, –25 °C, +20 °C.

Lorsque le programme d'essai est agréé par toutes les parties, un essai à seulement quatre températures, 20 °C (référence), maximale, minimale de l'instrument et 20 °C, peut suffire.

Il convient que la tolérance sur chaque température d'essai soit de ± 2 °C et que la vitesse de variation de la température ambiante soit inférieure à 1 °C par minute.

8.3.2 Humidité (pour les régulateurs électriques uniquement) (selon la CEI 61298-3)

Les effets de l'humidité relative ambiante doivent être déterminés en plaçant le régulateur dans une enceinte d'essai d'humidité dans laquelle il convient de contrôler la valeur d'humidité relative dans une plage de +2 % à –3 % des niveaux d'humidité relative spécifiés (tel que spécifié dans la CEI 60068-2-30).

Le régulateur doit être stabilisé à l'humidité relative de référence < 60 % à la température de 40 °C $\pm$ 2 °C.

Dans ces conditions, mesurer l'écart total permanent du régulateur.

L'humidité relative doit ensuite être augmentée en au moins 3 h à $(93 \pm 2)_{-3}$ % pour éviter toute condensation sur le régulateur, et maintenue à cette valeur pendant au moins 48 h.

Dans ces autres conditions, mesurer de nouveau l'écart total permanent du régulateur.

8.4 Influences mécaniques

8.4.1 Position de montage

La variation de l'écart total permanent provoquée par des inclinaisons de $\pm 10^\circ$ par rapport à la position de référence du régulateur doit être mesurée. Des mesures doivent être effectuées, correspondant à des inclinaisons appliquées alternativement dans les deux directions autour de deux axes horizontaux respectivement perpendiculaires.

Si une inclinaison de $\pm 10^\circ$ est excessive de par la conception même du régulateur, l'essai doit être effectué en appliquant la variation d'inclinaison maximale admise par le constructeur. Dans les cas d'utilisation en position non horizontale, des essais doivent être effectués pour établir les performances du régulateur dans cette position.

8.4.2 Chocs

Cet essai doit être effectué conformément au mode opératoire Ec de la CEI 60068-2-31.

Le mode opératoire “chute sur une face” doit être appliqué comme suit:

Le régulateur, placé dans sa position normale d'utilisation sur une surface lisse, dure et rigide, de béton ou d'acier, doit être 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 et la surface d'essai soit de 30°, selon que l'une ou l'autre de ces conditions est la moins sévère. On doit ensuite le laisser tomber librement sur la surface d'essai.

Le régulateur doit être soumis à une chute autour de chacune de ses quatre arêtes inférieures. A la fin de l'essai, le régulateur doit être examiné pour vérifier qu'il n'a pas été endommagé et l'écart total permanent doit être mesuré.

8.4.3 Vibrations mécaniques

Cet essai doit être conforme au mode opératoire Fc de la CEI 60068-2-6.

Conformément aux instructions du constructeur pour l'installation normale, le régulateur doit être monté sur une table vibrante et soumis à des vibrations sinusoïdales appliquées successivement suivant trois axes mutuellement orthogonaux dont l'un doit correspondre 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 ou de gains.

L'essai comporte trois phases distinctes successives:

a) 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 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, les valeurs de fréquence donnant lieu:

- 1) soit à des variations significatives de l'écart total permanent,
- 2) soit à des résonances mécaniques, doivent être notées.

Les valeurs de fréquences pour lesquelles le facteur $Q > 2$ doivent être notées de façon à les comparer aux valeurs trouvées au cours de la recherche finale des résonances spécifiée ci-après.

NOTE Le facteur Q est le rapport de l'amplitude de la résonance du régulateur à celle de la table vibrante.

Le balayage en fréquence doit être continu et logarithmique. La vitesse de balayage doit être d'environ 0,5 octave par minute. Il convient que la gamme de fréquences à utiliser pour l'évaluation des régulateurs pour processus industriels soit choisie dans le Tableau 1 suivant le type de conditions de fonctionnement et le genre de l'installation, et qu'elle fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

**Tableau 1 – Conditions de fonctionnement relatives
aux essais de vibrations mécaniques**

Installation	Fréquence des vibrations Hz	Amplitude crête à crête mm	Accélération crête à crête m/s ²
Salle de contrôle (usage général)	10 à 60	0,07	-
Montage "in situ" (vibrations peu sévères)	60 à 150	-	9,8

b) Deuxième phase: Epreuve d'endurance

L'essai décrit ci-dessus doit être effectué à nouveau, mais uniquement à la fréquence de résonance la plus significative trouvée au cours de la première phase.

La durée totale de cette phase doit être de 3 h, réparties de façon égale 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, la fréquence de vibration doit être variée en continu sur la totalité de la gamme considérée.

c) Troisième phase: Recherche finale des résonances

La recherche finale des résonances doit être effectuée suivant les mêmes modalités que la recherche initiale, avec les mêmes caractéristiques vibratoires. Toute différence significative avec la première phase doit être notée.

Mesures finales: A la fin de l'essai, le bon état mécanique du régulateur doit être vérifié. La variation éventuelle de l'écart total permanent doit être notée et exprimée en pourcentage de l'intervalle de mesure.

8.5 Influence de l'alimentation

8.5.1 Variations de l'alimentation

L'essai de variation de l'alimentation doit être effectué en mesurant les variations d'un signal de sortie égal à 0 %, à partir du régulateur, provoquées par toutes les combinaisons des variations de l'alimentation énumérées ci-dessous (c'est-à-dire neuf séries de mesures dans le cas d'une alimentation en courant alternatif, et trois séries de mesures dans le cas d'une alimentation en courant continu).

a) Tension ou pression de l'air

- 1) valeur nominale,
- 2) +10 % ou la limite spécifiée par le constructeur, si elle est inférieure,
- 3) –15 % ou la limite spécifiée par le constructeur, si elle est inférieure.

b) Fréquence (seulement pour les régulateurs électriques)

- 1) valeur nominale,
- 2) +2 % ou la limite spécifiée par le constructeur, si elle est inférieure,
- 3) –10 % ou la limite spécifiée par le constructeur, si elle est inférieure.

L'essai doit être répété avec le signal de sortie égal à 100 %, la tension et la fréquence étant à leur valeur minimale (pour les régulateurs électriques) ou la pression de l'air étant minimale (pour les régulateurs pneumatiques).

8.5.1.1 Dérive après mise sous tension (interruption de longue durée)

Le régulateur doit être maintenu sans alimentation pendant 24 h, aucun signal d'entrée ne lui étant appliqué. Les conditions ambiantes doivent être conformes à l'Article 5.

L'alimentation (et le signal de mesure ainsi que la valeur de consigne, s'il y a lieu) doit être appliquée et réglée à 50 % de l'intervalle de sortie. La valeur de l'écart total permanent après 5 min et après 1 h doit être notée.

8.5.1.2 Interruption de courte durée (régulateurs électriques uniquement)

Cet essai doit être effectué en boucle ouverte, la sortie du régulateur étant réglée à 50 % de l'intervalle de sortie.

Au cours des essais, l'alimentation doit être interrompue pendant:

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

Cette interruption doit être provoquée soit plusieurs fois au moment où la tension d'alimentation alternative atteint sa valeur de crête, soit 10 fois à des instants choisis au hasard.

L'essai doit être réalisé avec le temps d'action par intégration réglé à sa valeur maximale et le temps d'action par dérivation à sa valeur minimale.

Les valeurs suivantes doivent être notées:

- la variation transitoire maximale négative et positive du signal de sortie en pourcentage de l'intervalle de sortie;
- le temps requis par le signal de sortie pour atteindre 99 % de sa valeur de régime permanent après nouvelle application d'énergie;
- toute éventuelle variation permanente du signal de sortie en pourcentage de l'intervalle de sortie.

8.5.1.3 Baisse de la tension d'alimentation (pour les régulateurs électriques uniquement)

Le régulateur étant en boucle ouverte et réglé pour la valeur 100 % du signal de sortie, la tension d'alimentation doit être réduite à 75 % de sa valeur nominale pendant 5 s. La variation du signal de sortie ainsi que l'amplitude et la durée de tout phénomène transitoire doivent être notées.

8.5.1.4 Surtensions transitoires d'alimentation (pour les régulateurs électriques uniquement)

Les impulsions de tension doivent être produites par la décharge d'un condensateur ou par tout autre moyen donnant une forme d'onde équivalente et doivent se superposer 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 appropriée du condensateur peut être calculée d'après les valeurs d'énergie et d'amplitude.

Les circuits d'alimentation doivent être protégés au moyen d'un filtre approprié, comprenant au moins une inductance de 500 μH , capable de supporter le courant en ligne.

Deux impulsions de chaque amplitude au moment où la tension d'alimentation atteint sa valeur de crête, ou un minimum de dix impulsions à des instants répartis de façon aléatoire par rapport à la tension d'alimentation, doivent être appliquées. Tous les éventuels phénomènes transitoires apparaissant à la sortie du régulateur et les variations permanentes affectant le signal de sortie doivent être enregistrés.

8.5.1.5 Protection contre l'inversion de la tension d'alimentation

Dans le cas d'un régulateur comportant une protection contre l'inversion de la tension d'alimentation, la tension d'alimentation maximale inverse admissible doit être appliquée. Après correction du branchement, l'écart total permanent doit de nouveau être mesuré et toute variation doit être notée.

8.6 Perturbations électriques

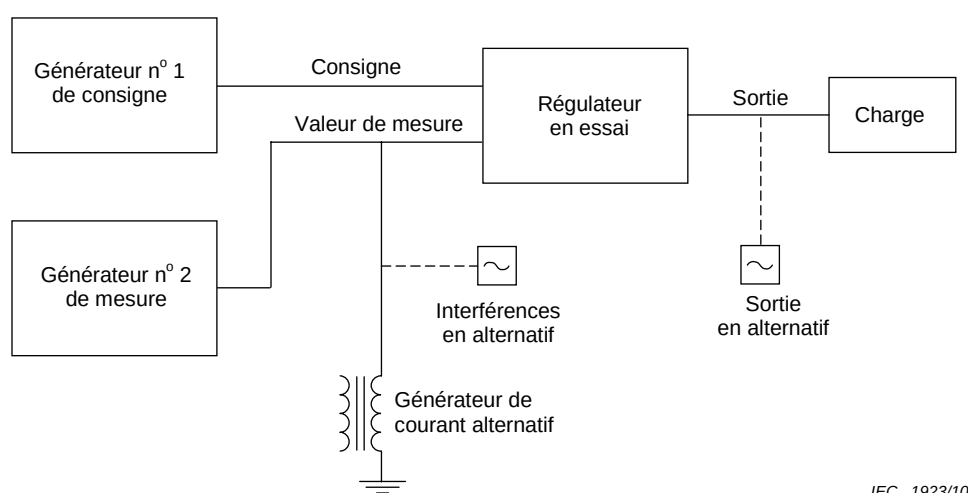
Les essais énumérés dans les Paragraphes 8.6.1, 8.6.2, 8.6.3, 8.6.4 et 8.6.5 doivent être effectués en boucle ouverte avec une bande proportionnelle $X_p = 100 \%$, un temps d'action par intégration T_I maximal (effet minimal) et un temps d'action par dérivation T_D minimal (effet minimal).

8.6.1 Perturbations en mode commun (voir la Figure 7)

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

Pour les régulateurs comportant un isolement entrée/sortie, la borne négative de sortie doit être mise à la terre lorsque la perturbation en mode commun est appliquée aux bornes d'entrée et vice versa.

Il convient qu'un régulateur n'ayant pas de borne de terre soit monté normalement dans un châssis ou sur un tiroir, lui-même relié à la terre et utilisé comme terre pendant les essais.



IEC 1923/10

Figure 7 – Montage pour essai de perturbation en mode commun (générateur de courant alternatif)

L'essai doit consister à mesurer les variations du signal de sortie provoquées par l'application d'un signal sinusoïdal en courant alternatif de 250 V en valeur efficace et de fréquence égale 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 pour l'essai. Le déphasage du signal perturbateur doit varier de 0° à 360° par rapport à la phase de l'entrée d'alimentation du régulateur.

L'essai doit ensuite être répété en substituant cette fois une tension continue à la tension alternative. Une tension égale à la plus faible des deux valeurs suivantes: 50 V courant continu ou 1 000 fois l'intervalle de mesure, doit être appliquée, avec l'une et l'autre polarité. Si le constructeur spécifie une valeur inférieure à 50 V, c'est cette valeur inférieure qui doit être appliquée. La tension ne doit être appliquée qu'aux bornes de sortie qui sont isolées par rapport à la terre.

Au cours des essais de perturbation en mode commun, le régulateur doit être alimenté à partir d'une source de signaux d'entrée qui n'est pas affectée par les signaux de mode commun. Pour les régulateurs dont le signal d'entrée est un courant, la source de signaux doit être une source de courant dont les bornes de sortie sont reliées en parallèle par un condensateur de capacité au moins égale à 10 μ F. Pour les régulateurs dont le signal d'entrée est une tension, la source de signaux doit être une source de tension dont l'impédance de sortie ne doit pas excéder 100 Ω pour la fréquence d'alimentation.

Toute variation en régime permanent du signal de sortie ainsi que l'amplitude de l'ondulation induite doivent être notées.

NOTE Les essais de perturbation en mode commun sont aussi couramment réalisés en appliquant simultanément le signal d'essai aux deux bornes d'entrée ou de sortie. Si l'impédance entre les bornes est faible comparativement à l'impédance par rapport à la terre, les deux méthodes d'essai conduisent à des résultats équivalents. La méthode décrite ci-dessus a été choisie en vue d'apporter une certaine cohérence entre les méthodes d'essai de différents laboratoires et les résultats correspondants, cela pour une large gamme d'appareils.

8.6.2 Perturbations en mode série

L'essai doit consister à mesurer la variation du signal de sortie provoquée par l'injection, dans l'entrée électrique, d'un courant alternatif à la fréquence du réseau. Le déphasage du signal injecté doit varier de 0° à 360° par rapport à la tension d'alimentation du régulateur.

Pour les régulateurs à entrée en tension (voir Figure 8a), la tension de mode série doit être progressivement augmentée jusqu'à obtention d'une variation moyenne du signal de sortie de 0,5 % de l'intervalle de sortie, ou jusqu'à ce que la tension en mode série atteigne 1 V crête à crête, selon la première valeur obtenue. Si le constructeur spécifie une valeur maximale inférieure à 1 V crête à crête, c'est cette valeur qui doit être retenue pour l'essai. L'amplitude du signal de mode série donnant une variation de 0,5 % doit être notée, ainsi que la composante alternative du signal de sortie.

Pour les régulateurs à entrée de type courant (voir Figure 8b), un courant de mode série doit être utilisé et augmenté progressivement jusqu'à une valeur limite égale à 10 % de l'intervalle de sortie. Il convient d'injecter ce signal perturbateur dans le signal d'entrée par toute méthode compatible avec les impédances du circuit, par exemple avec l'amplificateur sommateur avec sortie en courant représenté à la Figure 8b.

8.6.3 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 doit consister 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.

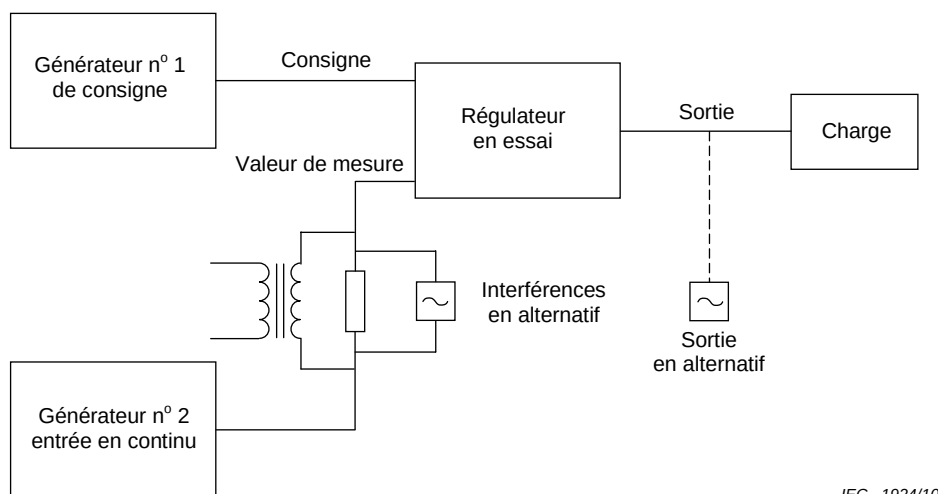
8.6.4 Perturbations radioélectriques

L'essai de l'influence d'une perturbation radioélectrique sur le signal de sortie doit faire l'objet d'un accord spécifique entre le constructeur et l'utilisateur (voir la CEI 61000-4-3.)

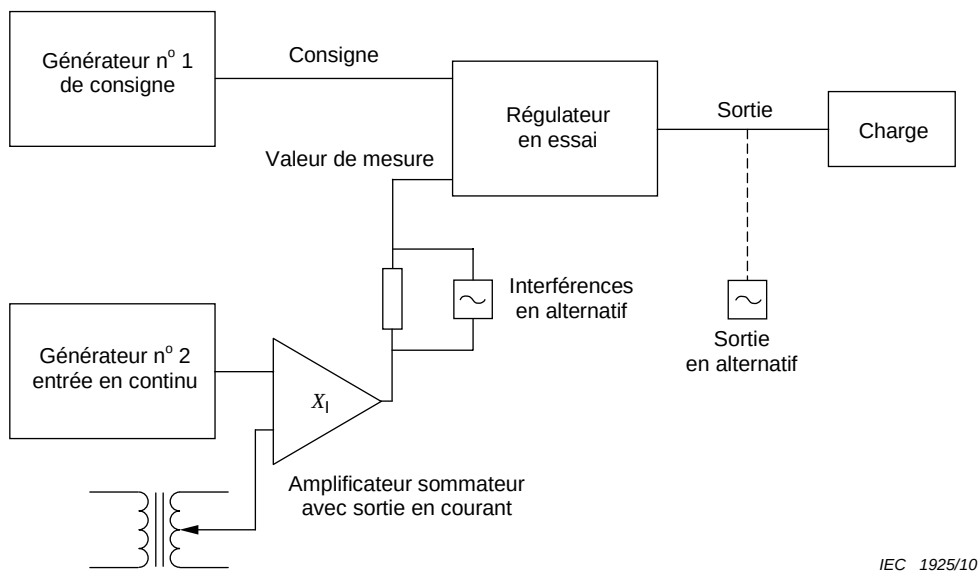
8.6.5 Perturbations provoquées par un champ magnétique

Le but de cet essai est de déterminer l'effet d'un champ alternatif à la fréquence du réseau sur le signal de sortie d'un régulateur. Il n'est pas applicable aux régulateurs ne mettant en jeu que les signaux pneumatiques.

Le régulateur doit être soumis à un champ magnétique de 400 A/m (en valeur efficace), dirigé parallèlement à l'axe principal de l'appareil.



8a) Montage pour essai de perturbation en mode série – entrée en tension



8b) Montage pour essai de perturbation en mode série – entrée en courant

Figure 8 – Montage pour essai de perturbation en mode série

Toute variation en régime permanent du signal de sortie ainsi que l'amplitude de l'ondulation induite dues au champ, et cela pour un signal de sortie égal à 10 % et à 90 % de l'intervalle

de sortie, doivent être déterminées. L'essai doit être répété en dirigeant le champ magnétique parallèlement à deux axes mutuellement perpendiculaires à l'axe précédent.

NOTE Il est possible d'obtenir un champ magnétique voisin de 400 A/m au centre ou près du centre d'une bobine circulaire de 1 m de diamètre, comportant 80 tours et dans laquelle circulent 5 A.

8.6.6 Décharge électrostatique

L'essai de l'influence d'une décharge électrostatique sur le signal de sortie doit faire l'objet d'un accord spécifique entre le constructeur et l'utilisateur (voir la CEI 61000-4-2.)

8.7 Charge de sortie (pour les régulateurs électriques uniquement)

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 doit être mesurée en boucle fermée, après stabilisation du régulateur conformément à l'Article 5.

Sauf indication contraire de la part du constructeur, un essai à impédance nulle (court-circuit) et un essai à impédance infinie (à vide) doivent être effectués, la durée de l'essai étant de 5 min et l'écart total permanent étant mesuré après rétablissement de la charge de référence.

NOTE Il convient de s'assurer que le changement d'impédance de charge ne modifie pas la boucle de contre-réaction vers l'entrée du régulateur.

8.8 Essai accéléré de vieillissement

8.8.1 Conditions initiales

Un circuit approprié pour cet essai est représenté à la Figure 2a, avec le commutateur en position B, où le générateur 3 est réglé pour délivrer un signal sinusoïdal. Les conditions initiales sont celles qui sont spécifiées à l'Article 5.

8.8.2 Mode opératoire d'essai

Cet essai doit être effectué en boucle fermée. Le régulateur doit fonctionner en continu pendant un minimum de 7 jours, avec un signal de mesure sinusoïdal de fréquence 0,5 Hz et d'amplitude crête à crête égale à $\pm 25\%$ de l'intervalle de sortie et centré à 50 %. Le signal sinusoïdal doit être interrompu chaque jour pour permettre la mesure de l'écart total permanent avec une fréquence suffisante pour en détecter la variation.

La valeur maximale de variation de l'écart total permanent doit être notée.

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 dispositif de commutation automatique-manuel. Quand l'essai est effectué avec un dispositif de commutation automatique-manuel, il convient de n'utiliser que le modèle de dispositif recommandé par le constructeur du régulateur.

9.1.2 Conditions initiales

Un schéma de montage approprié pour cet essai est représenté à la Figure 2a (commutateur en position B).

Les conditions initiales sont celles qui sont spécifiées à l'Article 5.

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

Différents débits d'air doivent être tirés de la conduite de sortie du régulateur et l'écart total permanent doit être mesuré pour chaque débit fourni. Différents débits d'air doivent ensuite être envoyés dans la conduite de sortie du régulateur et l'écart total permanent doit être mesuré pour chaque débit évacué, dans schéma de montage tel que celui illustré à la Figure 2b.

Conformément à la Figure 9, la courbe de l'écart total permanent en fonction du débit doit ensuite être tracée. Ce graphique permet de déterminer:

- le débit maximal fourni pour un écart total permanent de 50 %;
- le débit maximal évacué pour un écart total permanent de 50 %;
- l'écart total permanent pour un débit fourni de 0,2 m³/h et de 0,4 m³/h³);
- l'écart total permanent pour un débit évacué de 0,2 m³/h et de 0,4 m³/h³).

Une discontinuité de la courbe caractéristique de débit est appelée "zone morte du relais de sortie" (voir Figure 9). La variation correspondante de l'écart total permanent doit être notée. Les débits correspondants (fournis ou évacués) doivent également être déterminés.

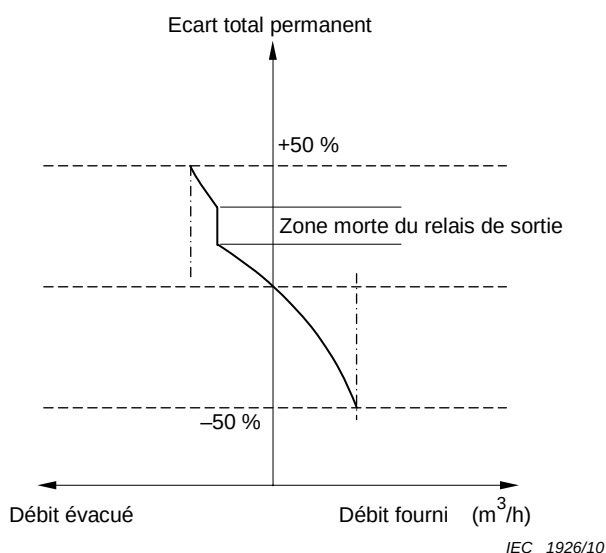


Figure 9 – Caractéristique de débit d'un régulateur pneumatique

9.1.4 Consommation d'air en régime permanent (régulateurs pneumatiques)

Après stabilisation du régulateur à différentes valeurs de la pression de sortie, la consommation totale du régulateur dont la sortie est connectée à une capacité étanche pour empêcher une fuite d'air, doit être mesurée, et la valeur maximale du débit doit être enregistrée.

9.1.5 Puissance consommée (régulateurs électriques)

L'impédance de charge étant à sa valeur de référence et la valeur de consigne étant réglée à 90 % de l'intervalle de sortie, la puissance consommée par le régulateur doit être mesurée, en voltampères, à la valeur nominale de la fréquence et de la tension, puis à la valeur minimale de la fréquence et la valeur maximale de tension spécifiées par le constructeur. Cet essai doit être effectué une fois en mode automatique et une fois en mode manuel.

3) Les mètres cubes sont ramenés aux conditions normales de pression et de température (c'est-à-dire à 0 °C et 101,325 kPa).

9.2 Transfert mode automatique – mode manuel

Les performances du transfert mode automatique – mode manuel et vice versa sont évaluées, comme convenu entre le constructeur et l'utilisateur (il est suggéré de mesurer tout changement en régime permanent de la sortie provoqué par le transfert ainsi que la valeur de crête du régime transitoire).

9.3 Facteur d'ondulation du signal de sortie

Le régulateur étant en configuration de boucle fermée, la valeur crête à crête et la valeur efficace de toute ondulation contenue dans le signal de sortie, ainsi que dans la composante correspondant à la fréquence de l'alimentation, doivent être mesurées pour des signaux de sortie 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 assignées, avec une capacité de charge fixée conventionnellement à 500 pF.

10 Réponse en fréquence

10.1 Objet des essais de réponse en fréquence

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

- a) La fréquence de coupure haute de l'action proportionnelle. Pour cet essai, la bande proportionnelle doit être réglée à 100 %, le temps d'action par intégration à sa valeur maximale (effet minimal) et le temps d'action par dérivation à sa valeur minimale (effet minimal).
- b) Le gain maximal de l'action par intégration à basse fréquence. Pour cet essai, la bande proportionnelle doit être réglée à 100 %, le temps d'action par intégration à sa valeur minimale (effet maximal) et le temps d'action par dérivation à sa valeur minimale (effet minimal).
- c) Le gain maximal de l'action par dérivation à fréquence élevée. Pour cet essai, la bande proportionnelle doit être réglée à 100 %, le temps d'action par intégration à sa valeur maximale (effet minimal), le temps d'action par dérivation à la valeur maximale de la graduation du cadran de réglage (effet maximal).

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

10.2 Mode opératoire d'essai

Le régulateur doit être soumis à essai avec les accessoires prévus par le constructeur pour un fonctionnement normal: relais et dispositifs de transfert manuel-automatique.

Le régulateur étant en boucle fermée (voir Figure 2a), le commutateur étant en position B, le générateur 3 réglé pour émettre des signaux sinusoïdaux, la valeur de consigne doit être réglée à environ 50 % de l'intervalle de sortie.

Il convient que l'amplitude crête à crête du signal sinusoïdal ne dépasse pas 20 % de l'intervalle de sortie, et elle doit être appliquée à l'entrée du régulateur pour jouer le rôle de signal de mesure. L'amplitude de ce signal doit être assez faible pour éviter toute distorsion de la sortie.

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 lignes droites asymptotiques (généralement entre 10 Hz et 10^{-3} Hz) (voir Figure 10).

Les valeurs mesurées du signal de sortie et du signal d'entrée doivent être enregistrées simultanément à plusieurs fréquences, et les valeurs relatives du gain doivent en être déduites. Autrement, il est possible d'utiliser un analyseur de spectre.

10.3 Dépouillement des résultats d'essai

Conformément à 10.1, le diagramme de Bode (amplitude-fréquence) doit être tracé avec la combinaison suivante. Voir le Tableau 2.

Tableau 2 – Conditions pour les essais de réponse en fréquence

K_p	Bande proportionnelle %	T_i	T_D
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 maximale

11 Essais divers

11.1 Essai de surtension (voir également la CEI 61010-1)

Les essais de surtension doivent être effectués avec une tension d'essai sensiblement sinusoïdale et dont la fréquence est celle de l'alimentation du régulateur.

La tension d'essai doit être appliquée entre les deux bornes d'alimentation (qui doivent être connectées ensemble) et la terre. Les autres bornes doivent être connectées entre elles et reliées à la terre.

La tension à vide de l'appareillage d'essai doit être d'abord réglée à zéro, puis connectée au régulateur en essai. Le transformateur utilisé pour cet essai doit avoir une capacité d'au moins 500 VA.

La tension d'essai doit être augmentée progressivement jusqu'à la valeur spécifiée (voir Tableau 3), pour qu'aucune surtension transitoire appréciable ne se produise. La tension d'essai doit être maintenue pendant 1 min à sa valeur maximale, et doit ensuite être diminuée progressivement jusqu'à zéro.

Tableau 3 – Valeurs d'essai de surtension

Tension d'alimentation alternative ou continue V	Tension d'essai kV
≤ 60	0,5
>60 à 130	1,0
> 130	1,5

11.2 Résistance d'isolement (voir également la CEI 61010-1)

La résistance d'isolement entre chaque borne du circuit d'alimentation et la terre doit être mesurée. La mesure doit être effectuée 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, la résistance d'isolement par rapport à la terre doit être mesurée 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 à très basse tension.

11.3 Surcharge d'entrée

Dans les conditions de référence (voir Article 5) et en utilisant le circuit représenté à la Figure 2a, le commutateur étant en position B (boucle fermée), le signal de mesure doit être réglé à 50 % de surcharge (c'est-à-dire à une valeur égale à 150 % de l'intervalle de sortie) au moyen du générateur de polarisation n° 3 pendant 1 min. Le signal de mesure doit ensuite être réglé à 50 % de l'intervalle de sortie et, au bout de 5 min, la sortie doit être stabilisée à 50 %, et l'écart total permanent doit alors être mesuré. Pour les appareils utilisant des signaux à zéro décalé (par exemple 0,2 bar à 1,0 bar, 4 mA à 20 mA), l'essai doit être répété, le signal de mesure étant réglé à 0 (le zéro réel, et non 0 % de l'intervalle de sortie).

Cet essai doit également être effectué, si possible, pour une surcharge de 50 % sur la valeur de consigne.

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. Une liste des pièces de rechange et une liste des pièces de rechange qu'il est recommandé d'avoir 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 la présente 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

Les détails de conception ou de réalisation du régulateur, susceptibles de constituer des points faibles en exploitation, doivent être examinés.

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

Dans toute la mesure du possible, il convient également d'effectuer une estimation de la qualité des composants et matériaux.

14 Rapport d'essai

Outre les résultats d'essai, présentés conformément aux exigences de la présente norme, le rapport d'essai doit mentionner les points suivants:

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

Voir également la CEI 61298-4 pour de plus amples informations sur les références et définitions du rapport.

15 Résumé des essais

Désignation	Renseignements à fournir		Se référer à l'article ou au paragraphe
	Unités	Observations	
1. Ecart total permanent	% de l'intervalle de mesure	Ecart total permanent maximal, positif et négatif pour trois réglages de la bande proportionnelle: 100 %, minimal et maximal (ou les graduations les plus proches)	6
2. Valeur de consigne	% de l'intervalle de consigne	Différences entre valeurs indiquées et mesurées pour les valeurs de consigne suivantes: 0 %, 20 %, 40 %, 50 %, 60 %, 80 % et 100 % dans les sens croissant puis décroissant. Répéter ce cycle au moins trois fois, et calculer l'erreur moyenne et l'hystérésis	7.1
3. Action proportionnelle	Rapport (sans dimension)	Rapports obtenus en réglant la bande proportionnelle à 100 %, au minimum et au maximum	7.2
Erreur de graduation	% de la valeur graduée	Ecart par rapport à la graduation	7.2.2
4. Zone morte	% de l'intervalle de mesure	Valeur maximale d'entrée ne provoquant pas de variations sensibles de la sortie	7.2.3
5. Temps d'action par intégration	Secondes ou minutes	Temps relevés en réglant les valeurs nominales maximales, minimales et intermédiaires pour des variations d'entrée positives et négatives	7.3
Erreur de graduation	% de la valeur graduée	Ecart par rapport à la graduation	7.3.2
6. Action par dérivation	Secondes ou minutes	Temps relevés en réglant les valeurs nominales maximales, minimales et intermédiaires pour des variations d'entrée positives et négatives	7.4
Erreur de graduation	% de la valeur graduée	Ecart par rapport à la graduation	7.4.2
7. Température ambiante	% de l'intervalle de mesure par 10 °C	Variations de l'écart total permanent aux températures maximale et minimale de fonctionnement, et pendant les cycles de température spécifiés	8.3.1
8. Humidité	% de l'intervalle de mesure	Variation de l'écart total permanent à 40 °C et à 60 % et 95 % de HR	8.3.2
9. Position de montage	% de l'intervalle de mesure par 10 °	Variation de l'écart total permanent pour une inclinaison de 10° dans chacune des quatre orientations	8.4.1
10. Chocs	% de l'intervalle de mesure	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	8.4.2
11. Vibrations mécaniques	% de l'intervalle de mesure	Recherche des résonances 1) 10 Hz à 60 Hz, 0,07 mm 2) 60 Hz à 150 Hz, 9,8 m/s ² Epreuve d'endurance aux fréquences de résonance pendant 3 h Vérification du bon état mécanique et	8.4.3

Désignation	Renseignements à fournir		Se référer à l'article ou au paragraphe
	Unités	Observations	
		des variations de l'écart total permanent	
12. Variation de l'alimentation (tension ou pression de l'air)	% de l'intervalle de mesure	Variations de l'écart total permanent provoquées par des variations de +10 % et –15 % de la tension ou de la pression de l'air	8.5.1
13. Variations de l'alimentation (fréquence)	% de l'intervalle de mesure	Variations de l'écart total permanent provoquées par des variations de fréquence de +2 % et –10 %	8.5.1
14. Variations de l'alimentation (dérive après mise sous tension (interruption de longue durée))	% de l'intervalle de mesure	Variations de l'écart total permanent mesurées 5 min et 1 h après avoir appliqué l'alimentation, le régulateur étant resté auparavant non alimenté pendant 24 h. Pour une valeur de consigne à 50 % de son intervalle	8.5.1.1
15. Variations de l'alimentation (interruption de courte durée)		Pour des interruptions de 5 ms, 20 ms, 100 ms, 200 ms, 500 ms et pour un temps d'action par intégration maximal et un temps d'action par dérivation minimal	8.5.1.2
	% de l'intervalle de mesure	Variation transitoire maximale du signal de sortie	
	Secondes	Temps au bout duquel le signal de sortie reste à 1 % près de sa valeur stabilisée	
	% de l'intervalle de sortie	Variation permanente du signal de sortie	
16. Baisse de la tension d'alimentation	% de l'intervalle de sortie	Variation du signal de sortie après baisse de l'alimentation à 75 % de sa valeur	8.5.1.3
17. Surtensions transitoires d'alimentation	% de l'intervalle de sortie	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	8.5.1.4
18. Protection contre l'inversion de la tension d'alimentation	% de l'intervalle de sortie	Variation de l'écart total permanent après correction des connexions	8.5.1.5
19. Perturbations en mode commun	% de l'intervalle de sortie	Variations en régime permanent du signal de sortie ou de toute amplitude de l'ondulation résultant d'un signal alternatif de 250 V en valeur 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 d'alimentation) Répéter l'essai avec 50 V courant continu ou 1 000 fois l'intervalle du signal d'entrée	8.6.1
20. Perturbations en mode série	% de l'intervalle de sortie	Variation du signal de sortie résultant d'un signal alternatif 1 V crête à crête à la fréquence du réseau d'alimentation, appliqué en série aux bornes d'entrée (la phase du signal variant de 360° par rapport à celle du réseau d'alimentation)	8.6.2
21. Mise à la terre	% de l'intervalle de sortie	Variation permanente du signal de sortie résultant de la mise à la terre successive de chacune des bornes d'entrée et de sortie	8.6.3

Désignation	Renseignements à fournir		Se référer à l'article ou au paragraphe
	Unités	Observations	
22. Perturbations radioélectriques	% de l'intervalle de sortie	Selon spécification du constructeur	8.6.4
23. Perturbations provoquées par un champ magnétique	% de l'intervalle de sortie	400 A/m à 10 % et 90 % de l'intervalle de sortie	8.6.5
24. Décharge électrostatique	% de l'intervalle de sortie	Selon spécification du constructeur	8.6.6
24. Charge de sortie	% de l'intervalle de sortie	Variation de l'écart total permanent résultant d'une variation de l'impédance de charge de la valeur minimale à la valeur maximale, et résultant également d'un essai à charge infinie (circuit ouvert) et à charge nulle (court-circuit) pendant 5 min	8.7
	Ohms	En déduire la valeur de l'impédance de sortie	
25 Vieillessement accéléré	% de l'intervalle de sortie	Variations de l'écart total permanent résultant des effets d'un signal sinusoïdal à 0,5 Hz, d'une amplitude de ± 25 % de l'intervalle de sortie, appliquées pendant 7 jours	8.8
26. Débit d'air (régulateurs pneumatiques)	% de l'intervalle de sortie par m ³ /h d'air	Tracer la courbe de l'écart total permanent en fonction du débit, y compris: a) le débit maximal d'air fourni ou évacué pour un écart total permanent de 50 % b) l'écart total permanent pour des débits d'air fournis ou évacués de 0,2 m ³ /h et 0,4 m ³ /h c) les valeurs définissant la discontinuité appelée zone morte du relais de sortie	9.1.3
27. Consommation d'air en régime permanent (régulateurs pneumatiques)	m ³ /h air	Indiquer le débit maximal d'air d'alimentation, la sortie étant reliée à une capacité étanche	9.1.4
28. Puissance consommée (régulateurs électriques)	W ou VA	Consommation mesurée dans des conditions spécifiées, en fonctionnement automatique et en fonctionnement manuel	9.1.5
29. Facteur d'ondulation du signal de sortie	V, Hz	Valeur crête à crête, valeur efficace et composante correspondant à la fréquence de l'alimentation du facteur d'ondulation du signal de sortie pour des signaux de sortie de 10 %, 50 % et 90 %	9.3
30. Réponse en fréquence	Gain (voir Figure 10) Fréquence: Hz	Relever les valeurs correspondant à: a) la fréquence maximale de coupure de l'action proportionnelle b) le gain maximal de l'action par intégration à basse fréquence c) le gain maximal de l'action par dérivation à fréquence élevée	10
31. Essai de surtension	V	Tension d'essai appliquée pendant 1 min entre les bornes d'alimentation	11.1

Désignation	Renseignements à fournir		Se référer à l'article ou au paragraphe
	Unités	Observations	
		et la terre	
32. Isolement	Ohms	Valeur entre chaque borne d'alimentation et la terre, mesurée sous 500 V en courant continu	11.2
33. Surcharge d'entrée	% de l'intervalle de mesure	Variation de l'écart total permanent, mesurée 5 min après avoir appliqué pendant 1 min une surcharge de 50 % 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

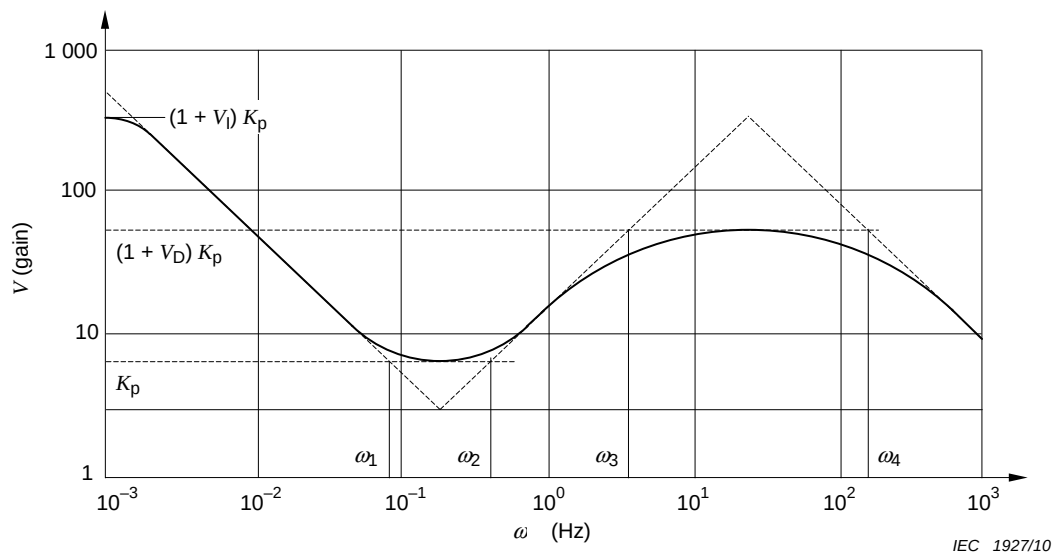


Figure 10 – Résultats d'essais de réponse en fréquence

Bibliographie

CEI 60027-2:2005, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 2: Télécommunications et électronique*

CEI 60050-351:2006, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 351: Technologie de commande et de régulation*

CEI 60381 (toutes les parties), *Signaux analogiques pour systèmes de commande de processus*

CEI 60382, *Signal analogique pneumatique pour des systèmes de conduite de processus*

CEI 60546-2, *Régulateurs à signaux analogiques utilisés pour les systèmes de conduite des processus industriels – Partie 2: Guide pour les essais d'inspection et les essais individuels de série*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch