

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Measuring relays and protection equipment –
Part 151: Functional requirements for over/under current protection**

**Relais de mesure et dispositifs de protection –
Partie 151: Exigences fonctionnelles pour les protections à minimum et
maximum de courant**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60255-151:2009



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Measuring relays and protection equipment –
Part 151: Functional requirements for over/under current protection**

**Relais de mesure et dispositifs de protection –
Partie 151: Exigences fonctionnelles pour les protections à minimum et
maximum de courant**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

V

ICS 29.120.70

ISBN 978-2-88910-078-1

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Specification of the function.....	8
4.1 General.....	8
4.2 Input Energizing quantities / energizing quantities	8
4.3 Binary input signals	9
4.4 Functional logic	9
4.4.1 Operating characteristics.....	9
4.4.2 Reset characteristics	12
4.5 Binary output signals	16
4.5.1 Start (pick-up) signal	16
4.5.2 Operate (trip) signal.....	16
4.5.3 Other binary output signals.....	16
4.6 Additional influencing functions/conditions	16
4.7 Specific characteristics.....	16
5 Performance specification	17
5.1 Accuracy related to the characteristic quantity.....	17
5.2 Accuracy related to the operate time	18
5.3 Accuracy related to the reset time	18
5.4 Transient performance	19
5.4.1 Transient overreach.....	19
5.4.2 Overshoot time	19
5.4.3 Response to time varying value of the characteristic quantity	19
5.5 Current transformer requirements.....	19
6 Functional test methodology.....	20
6.1 General.....	20
6.2 Determination of steady state errors related to the characteristic quantity	20
6.2.1 Accuracy of setting (start) value	20
6.2.2 Reset ratio determination.....	22
6.3 Determination of steady state errors related to the start and operate time	23
6.4 Determination of steady state errors related to the reset time	23
6.5 Determination of transient performance	24
6.5.1 General	24
6.5.2 Transient overreach.....	24
6.5.3 Overshoot time	25
6.5.4 Response to time varying value of the characteristic quantity for dependent time relays	26
7 Documentation requirements	27
7.1 Type test report.....	27
7.2 Other user documentation	27
Annex A (normative) Constants for dependent time operating and reset characteristics	29
Annex B (informative) Reset time determination for relays with trip output only.....	30
Bibliography.....	31

Figure 1 – Simplified protection function block diagram.....	8
Figure 2 – Overcurrent independent time characteristic	10
Figure 3 – Undercurrent independent time characteristic	10
Figure 4 – Dependent time characteristic	11
Figure 5 – Definite time reset characteristic	13
Figure 6 – Definite time reset characteristic (alternative solution with instantaneous reset after relay operation).....	14
Figure 7 – Dependent time reset characteristic	15
Figure 8 – Dependent time reset characteristic (alternative solution with instantaneous reset after relay operation).....	16
Figure 9 – Voltage restrained characteristics	17
Figure 10 – Voltage controlled characteristics.....	17
Figure 11 – Typical test waveform for transient overreach	25
Figure 12 – Test waveform	26
Figure B.1 – Dependent reset time determination	30
Table 1 – Multiplier factor on operated time assigned error.....	18
Table 2 – Multiplier factor on reset time assigned error.....	19
Table 3 – Test points for overcurrent elements	23
Table 4 – Test points for undercurrent elements	23
Table 5 – Test points for overcurrent elements	24
Table 6 – Test points for undercurrent elements	24
Table 7 – Recommended values for the test.....	26
Table A.1 – Constants for dependent time operating and reset characteristics.....	29

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60255-151:2009

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MEASURING RELAYS AND PROTECTION EQUIPMENT –**Part 151: Functional requirements for over/under current protection****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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60255-151 has been prepared by IEC technical committee 95: Measuring relays and protection equipment.

This first edition cancels and replaces IEC 60255-3, published in 1989.

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

FDIS	Report on voting
95/255/FDIS	95/258/RVD

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

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

A list of all parts of the IEC 60255 series, published under the general title *Measuring relays and protection equipment*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60255-151:2009

MEASURING RELAYS AND PROTECTION EQUIPMENT –

Part 151: Functional requirements for over/under current protection

1 Scope and object

This part of IEC 60255 specifies minimum requirements for over/under current relays. This standard includes a specification of the protection function, measurement characteristics and time delay characteristics.

This part of IEC 60255 defines the influencing factors that affect the accuracy under steady state conditions and performance characteristics during dynamic conditions. The test methodologies for verifying performance characteristics and accuracy are also included in this standard.

The over/under current functions covered by this standard are the following:

	IEEE/ANSI C37.2 Function Numbers	IEC 61850-7-4 Logical nodes
Instantaneous phase overcurrent protection	50	PIOC
Time delayed phase overcurrent protection	51	PTOC
Instantaneous earth fault protection	50N/50G	PIOC
Time delayed earth fault protection	51N/51G	PTOC
Negative sequence overcurrent or current unbalance protection	46	PTOC
Phase undercurrent protection	37	PTUC
Voltage-dependent overcurrent protection	51V	PVOC

This standard excludes thermal electrical relays as specified in IEC 60255-8. General requirements for measuring relays and protection equipment are specified in IEC 60255-1.

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 60050-447, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 447: Measuring relays*

IEC 60255-1, *Measuring relays and protection equipment – Part 1: Common requirements*

3 Terms and definitions

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

3.1

theoretical curve of time versus characteristic quantity

curve which represents the relationship between the theoretical specified operate time and the characteristic quantity

3.2**curves of maximum and minimum limits of the operate time**

curves of the limiting errors on either side of the theoretical time versus characteristic quantity which identify the maximum and minimum operate times corresponding to each value of the characteristic quantity

3.3**setting value (start) of the characteristic quantity** **G_S**

reference value used for the definition of the theoretical curve of time versus characteristic quantity

3.4**threshold value of the characteristic quantity** **G_T**

lowest value and highest value for dependent time overcurrent and undercurrent relays, respectively, of the input quantity for which the relay is guaranteed to operate

3.5**start time**

duration of the time interval between the instant when the characteristic quantity of the measuring relay in reset condition is changed, under specified conditions, and the instant when the start signal asserts

3.6**operate time**

duration of the time interval between the instant when the characteristic quantity of the measuring relay in reset condition is changed, under specified conditions, and the instant when the relay operates

[IEV 447-05-05]

3.7**disengaging time**

duration of the time interval between the instant a specified change is made in the value of input energizing quantity which will cause the relay to disengage and instant it disengages

[IEV 447-05-10, modified]

3.8**reset time**

duration of the time interval between the instant when the characteristic quantity of the measuring relay in operate condition is changed, under specified conditions, and the instant when the relay resets

[IEV 447-05-06]

3.9**overshoot time**

difference between the operate time of the relay at the specified value of the input energizing quantity and the maximum duration of the value of input energizing quantity which, when suddenly reduced (for the overcurrent relay)/increased (for the undercurrent relay) to a specified value below (for the overcurrent relay)/above (for the undercurrent relay) the setting value is insufficient to cause operation

3.10**time multiplier setting** **TMS**

setting which describes an adjustable factor that may be provided by a relay manufacturer which is applicable to the theoretical curve of time versus characteristic quantity

NOTE Its purpose is to allow adjustment of the relay operating times. This adjustable *TMS* factor is usually expressed in “per unit”. The preferred reference setting of *TMS* for declaration of relay characteristic is 1,0.

3.11

threshold of independent time operation

G_D

value of the characteristic quantity at which the relay operate time changes from dependent time operation to independent time operation

3.12

reset ratio

disengaging ratio

ratio between the point where the relay just ceases to start (start signal changes from ON to OFF) and the actual start current of the element

NOTE It is usually defined as a percentage such that for an overcurrent element the reset ratio is less than 100 % and for an undercurrent element the reset ratio is greater than 100 %.

3.13

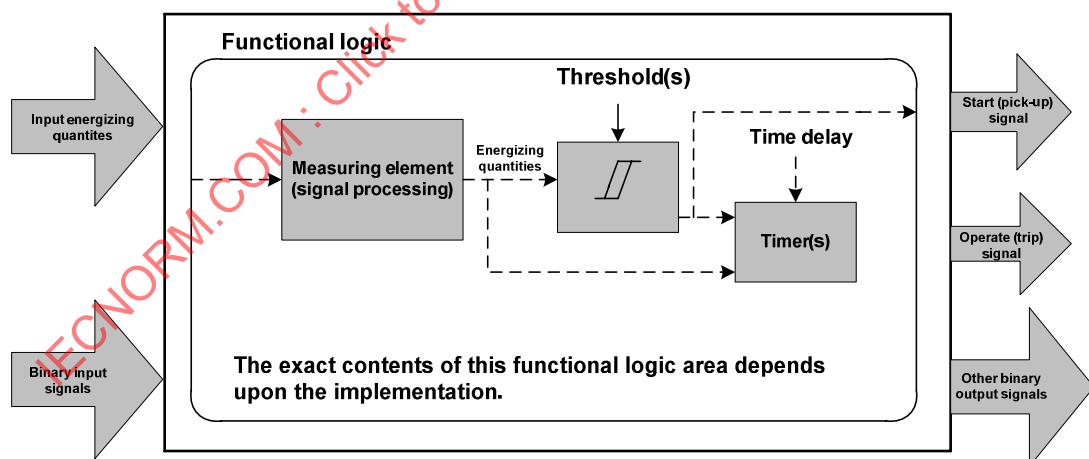
transient overreach

measure of the effect of the d.c. component of a waveform on the start signal of the functional element. Generally this d.c. component will result in the relay reaching further than the setting should permit, or specifically in the terms of an overcurrent relay, starting at a value of a.c. current below the set threshold

4 Specification of the function

4.1 General

The protection function with its inputs, outputs, measuring element, time delay characteristics and functional logic is shown in Figure 1. The manufacturer shall provide the functional block diagram of the specific implementation.



IEC 1705/09

Figure 1 – Simplified protection function block diagram

4.2 Input Energizing quantities / energizing quantities

The input energizing quantities are the measuring signals, e.g. currents and voltages (if required). Their ratings and relevant standards are specified in IEC 60255-1. Input energizing quantities can come with wires from current and voltage transformers or as a data packet over a communication port using an appropriate communication protocol (such as IEC 61850-9-2).

The energizing quantities used by the protection function need not be directly the current at the secondary side of the current transformers. Therefore, the measuring relay documentation shall state the type of energizing quantities used by the protection function. Examples are:

- single phase current measurement;
- three phase current measurement;
- neutral current or residual current measurement;
- positive, negative or zero sequence current measurement.

The type of measurement of the energizing quantity shall be stated. Examples are:

- RMS value of the signal;
- RMS value of the fundamental component of the signal;
- RMS value of a specific harmonic component of the signal;
- peak values of the signal;
- instantaneous value of the signal.

4.3 Binary input signals

If any binary input signals (externally or internally driven) are used, their influence on the protection function shall be clearly described on the functional logic diagram. Additional textual description may also be provided if this can further clarify the functionality of the input signals and their intended usage.

4.4 Functional logic

4.4.1 Operating characteristics

4.4.1.1 General

The relationship between operate time and characteristic quantity can be expressed by means of a characteristic curve. The shape of this curve shall be declared by the manufacturer by an equation (preferred) or by graphical means.

This standard specifies two types of characteristics:

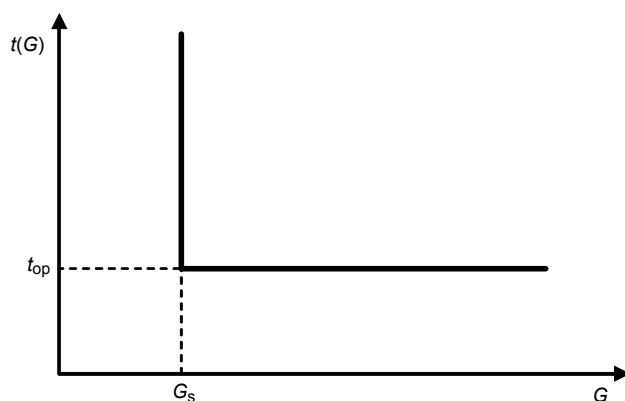
- independent time characteristic (i.e. definite time delay);
- dependent time characteristic (i.e. inverse time delay).

The time characteristic defines the operate time which is the duration between the instant when the input energizing quantity crosses the setting value (G_S) and the instant when the relay operates.

4.4.1.2 Independent time characteristic

Independent time characteristic is defined in terms of the setting value of the characteristic quantity G_S and the operate time t_{op} . When no intentional time delay is used, then the independent time relay is denoted as an instantaneous relay.

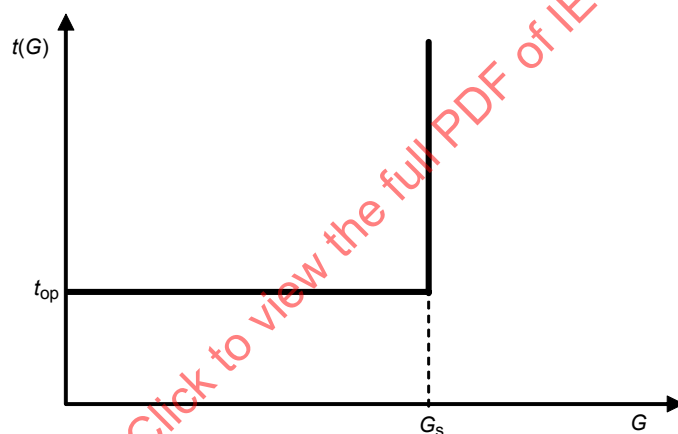
For overcurrent relays, $t(G) = t_{op}$ when $G > G_S$. The independent time characteristic is presented in Figure 2.



IEC 1706/09

Figure 2 – Overcurrent independent time characteristic

For undercurrent relays, $t(G) = t_{op}$ when $G < G_s$. The independent time characteristic is presented in Figure 3.



IEC 1707/09

Figure 3 – Undercurrent independent time characteristic

4.4.1.3 Dependent time characteristics

Dependent time characteristics are only defined for overcurrent relays.

For dependent time relays the characteristic curves shall follow a law of the form:

$$t(G) = TMS \left[\frac{k}{\left(\frac{G}{G_s} \right)^\alpha - 1} + c \right] \quad (1)$$

where

$t(G)$ is the theoretical operate time with constant value of G in seconds;

k, c, α are the constants characterizing the selected curve;

G is the measured value of the characteristic quantity;

G_S is the setting value (see 3.3);

TMS is the time multiplier setting (see 3.10).

The constants, k and c , have a unit of seconds, α has no dimension.

The dependent time characteristic is shown in Figure 4.

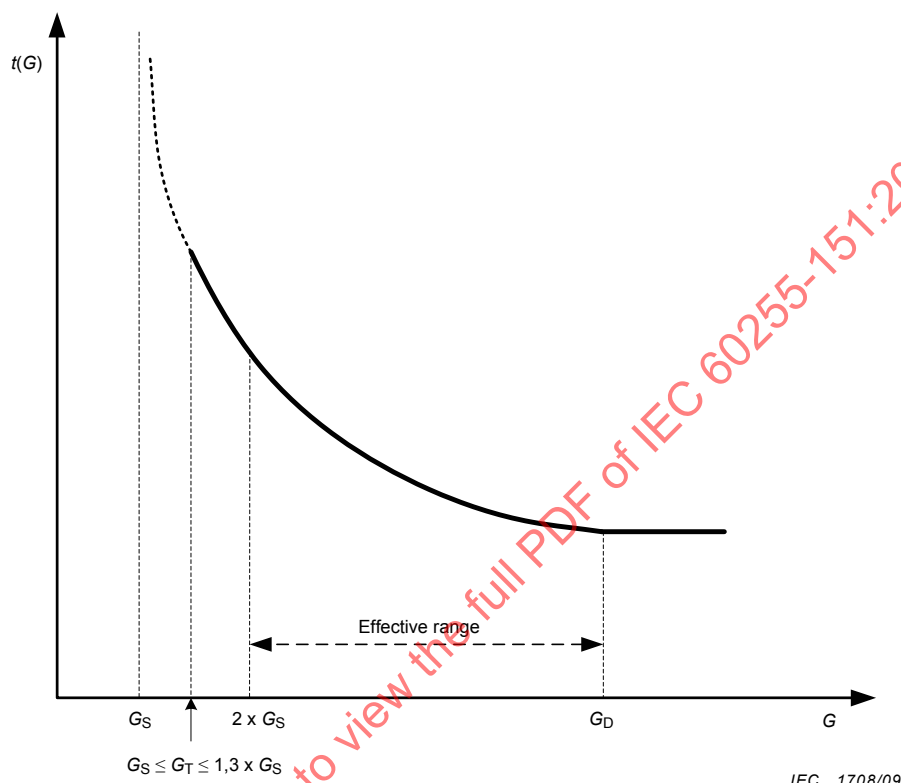


Figure 4 – Dependent time characteristic

The effective range of the characteristic quantity for the dependent time portion of the curve shall lie between $2 \times G_S$ and G_D . The minimum value of G_D is equal to 20 times the setting value G_S . The manufacturer shall declare the setting value range for which this is applicable. For setting values higher than this range, the manufacturer shall declare the value of G_D .

The threshold value G_T is the lowest value of the input energizing quantity for which the relay is guaranteed to operate. G_T lies between G_S and $1,3 \times G_S$. Its value shall be defined by the manufacturer.

Dependent time relays shall have a definite minimum operate time. This requirement may be defined by assigning a definite time delay for currents above a given energizing quantity level. Alternatively, the manufacturer can make the dependent time relay behaviour to cease for levels of energizing quantity in excess of a specified value (G_D/G_S), as described by the following equation:

For $G > G_D$

$$t(G) = TMS \cdot \left(\frac{k}{\left(\frac{G_D}{G_S} \right)^\alpha - 1} + c \right) \quad (2)$$

where

G_D is the level of the characteristic quantity at which dependent time operation ceases and independent time operation commences (see 3.11);

$t(G)$ is the theoretical operate time with constant value of G in seconds;

k, c, α are constants characterizing the selected curve;

G is the measured value of the characteristic quantity;

G_S is the setting value (see 3.3);

TMS is the time multiplier setting (see 3.10).

There are six curves denoted as A, B, C, D, E and F whose coefficients for Equations (1) and (2) shall be from Annex A. The manufacturer shall declare which of these curves are implemented and state the values of G_D and G_T .

Power system fault conditions can produce time varying currents. To ensure proper coordination between dependent time relays under such conditions, relay behaviour shall be of the form described by the integration given by Equation 3.

For $G > G_S$

$$\int_0^{T_0} \frac{1}{t(G)} dt = 1 \quad (3)$$

where

T_0 is the operate time where G varies with time;

$t(G)$ is the theoretical operate time with constant value of G in seconds;

G is the measured value of the characteristic quantity.

Operate time is defined as the time instant when the integral in Equation (3) becomes equal to or greater than 1.

4.4.2 Reset characteristics

4.4.2.1 General

To allow users to determine the behaviour of the relay in the event of repetitive intermittent faults or for faults which may occur in rapid succession, relay reset characteristics shall be defined by the manufacturer. Different reset characteristics may be used depending upon the settings on the relay and whether the element has completed operation or not. The recommended reset characteristics are defined below.

The manufacturer shall declare if compensation of the internal measurement time (disengaging time) is included in the reset time.

4.4.2.2 No intentional delay on reset

For $G < (\text{reset ratio}) \times G_S$, the relay shall return to its reset state with no intentional delay as declared by the manufacturer. This reset option can apply to both dependent and independent time relays.

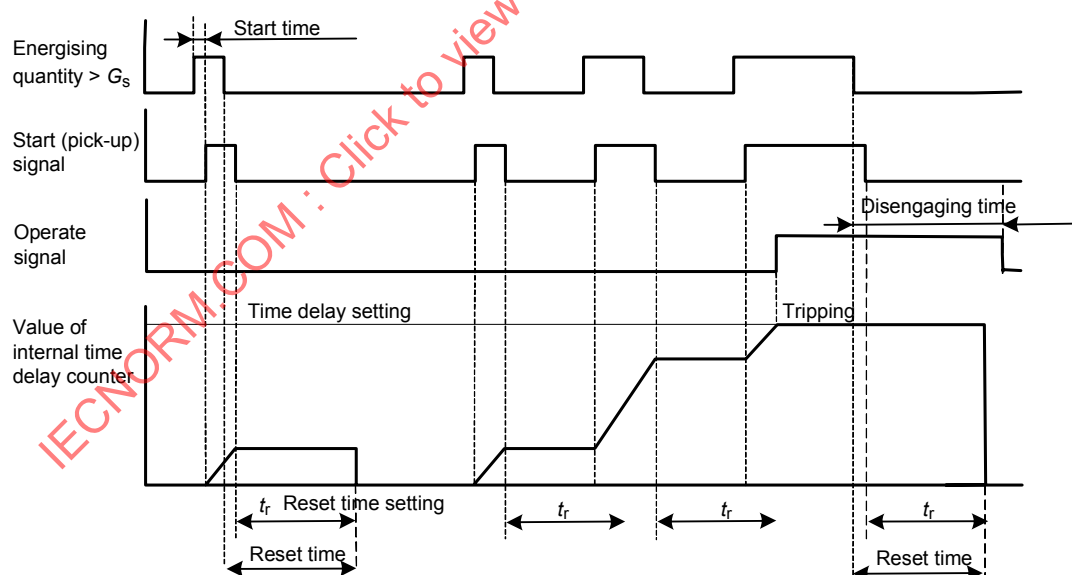
4.4.2.3 Definite time resetting

Generally, this reset characteristic is applicable to overcurrent protection.

For $G < (\text{reset ratio}) \times G_S$, the relay shall return to its reset state after a user-defined reset time delay, t_r . During the reset time, the element shall retain its state value as defined by $\int_0^{t_p} \frac{1}{t(G)} dt$ with t_p being the transient period during which $G > G_S$. If during the reset time period, the characteristic quantity exceeds G_S , the reset timer t_r is immediately reset to zero and the element continues normal operation starting from the retained value.

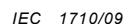
Following $G > G_S$ for a cumulative period causing relay operation, the relay shall maintain its operated state for the reset time period after the operating quantity falls below G_S as shown in Figure 5. Alternatively, the relay may return to its reset state with no intentional delay as soon as the operating quantity falls below G_S after tripping as shown in Figure 6.

This reset option can apply to both dependent and independent time elements. A graphical representation of this reset characteristic is shown in Figures 5 and 6 for partial and complete operation of the element.



IEC 1709/09

Figure 5 – Definite time reset characteristic



4.4.2.4 Dependent time resetting

Following $G > G_S$ for a transient period t_p (t_p is assumed to be less than the relay operation time), then the value I_{t_p} of the integral at time t_p is given by:

Now at time t_p if $G < (\text{reset ratio}) \times G_S$ the integral resets according to the following equation:

where T_R is the reset time.

$t_R(G)$ is defined by the following equation:

where

t_r is the setting of dependent reset time (seconds): time required to fully reset from complete operation when characteristic quantity $G = \text{zero}$ and $TMS = 1$;

α is the constant characterizing the selected curve;
 G is the measured value of the characteristic quantity;
 G_S is the setting value (see 3.3);
 TMS is the time multiplier setting (see 3.10).

For the curves A, B, C, D, E, F previously defined, the value of t_r shall be in accordance with Annex A.

Figure 7 illustrates the effect of the dependent time reset on the internal time delay counter. Following $G > G_S$ for a cumulative period causing relay operation, when the operating quantity falls below G_S , the relay shall return to its reset state after the time $t_r(G)$. Alternatively, the relay may return to its reset state with no intentional delay as shown in Figure 8. The behaviour of reset time after relay operation shall be described.

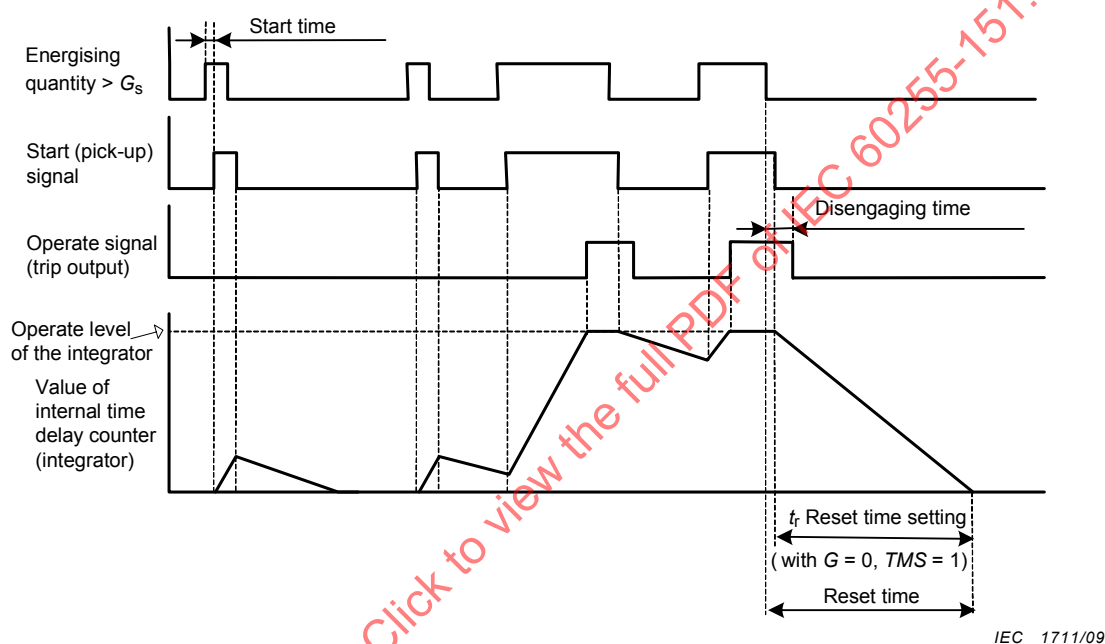


Figure 7 – Dependent time reset characteristic

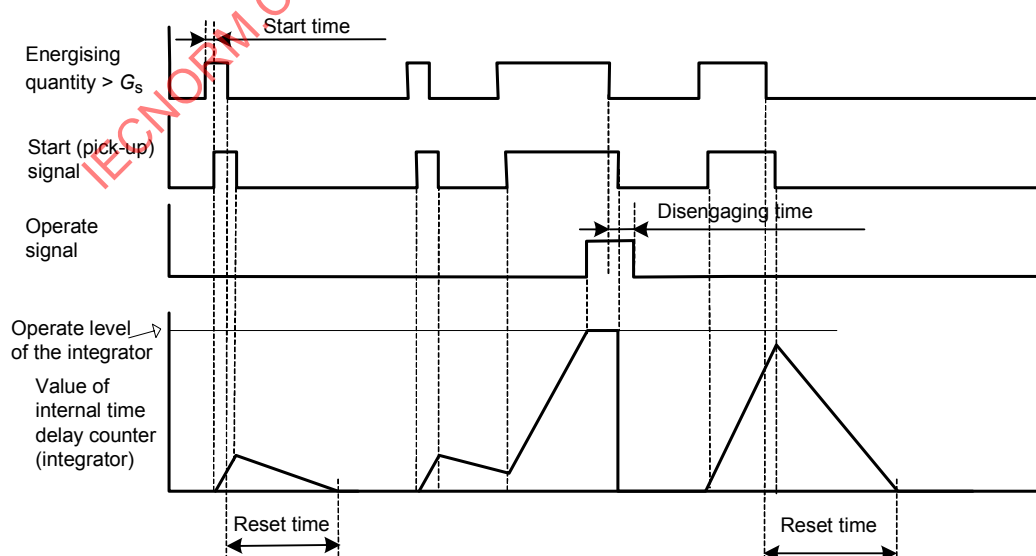


**Figure 8 – Dependent time reset characteristic
(alternative solution with instantaneous reset after relay operation)**

4.5 Binary output signals

4.5.1 Start (pick-up) signal

The start signal is the output of measuring and threshold elements, without any intentional time delay. If a start signal is not provided the manufacturer shall give information on how to conduct testing related to start signal as defined in Clause 6.

4.5.2 Operate (trip) signal

The operate signal is the output of measuring and threshold elements, after completion of any intentional operating time delay. In the case of instantaneous elements, this signal may occur at the same time as the start signal (if provided).

4.5.3 Other binary output signals

If any binary output signals are available for use, their method of operation shall be clearly shown on the functional logic diagram. Additional textual description may also be provided if this can further clarify the functionality of the output signal and its intended usage.

4.6 Additional influencing functions/conditions

The manufacturer shall declare if any specific algorithms are implemented in the relay, for example:

- insensitive to inrush current;
- cold load pickup;
- insensitive to false residual current due to phase current transformer saturation (when the residual current is measured with 3 phase current transformers);
- second harmonic blocking/restrain feature.

The performances of these specific characteristics shall be described.

4.7 Specific characteristics

The setting value (pick-up) of voltage-dependent overcurrent protection is adjusted according to the voltage measured (phase-to-phase voltage or phase-to-neutral voltage). The adjusted setting is equal to the original setting, G_S , multiplied by a coefficient β , defined by the following two characteristics, as shown in Figures 9 and 10. U is the voltage applied to relay in volts and U_n is the rated voltage in volts. The manufacturer shall declare the available values for k_1 , k_2 , k_3 , k_4 .

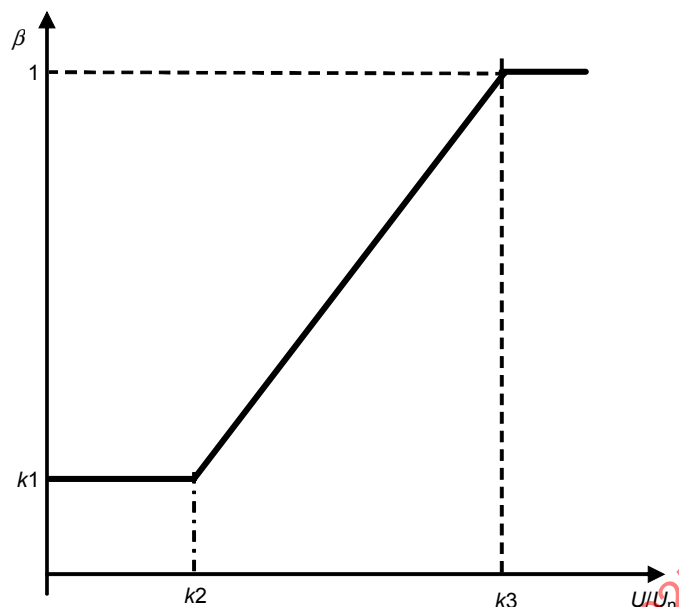


Figure 9 – Voltage restrained characteristics

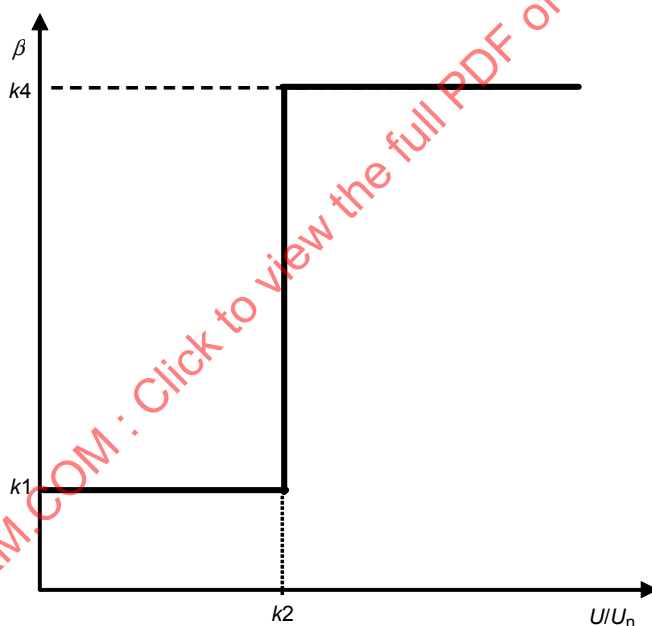


Figure 10 – Voltage controlled characteristics

For voltage-controlled operation, the preferred values for k_4 are 1 and infinity (∞). If the overcurrent protection is blocked when the voltage is greater than $k_2 \times U_n$, the value of k_4 is equal to infinity (∞).

5 Performance specification

5.1 Accuracy related to the characteristic quantity

For both independent and dependent time relays, the accuracy related to the characteristic quantity shall be declared by the manufacturer at start value. In addition, for dependent time electromechanical relays the minimum operating value G_T shall not be more than 1,3 times the setting value G_S .

For both independent and dependent time relays, the reset ratio of the characteristic quantity shall be declared by the manufacturer.

For both dependent and independent time relays, the manufacturer shall declare the accuracy related to the characteristic quantity along with a setting value range over which it is applicable. In addition, the manufacturer shall also declare the performance of the element under high fault current conditions (at thermal short-time withstand limit such as current = $100 \times$ rated current).

For functions with a voltage dependent element, the manufacturer shall declare additionally the accuracy related to the voltage. In order to avoid the combination of a varying characteristic quantity and a varying voltage, it is sufficient to specify the accuracy of the voltage dependency in the specified voltage range for one given value of G_s at nominal current (I_N).

5.2 Accuracy related to the operate time

For independent time relays, the maximum permissible error of the specified operate time shall be expressed as either:

- a percentage of the time setting value, or;
- a percentage of the time setting value, together with a fixed maximum time error (where this may exceed the percentage value), whichever is greater. For example, $\pm 5\%$ or ± 20 ms whichever is greater, or;
- a fixed maximum time error.

For dependent time relays, the reference limiting error is identified by an assigned error declared by the manufacturer, which may be multiplied by factors corresponding to different values of the characteristic quantity. For relays with a decreasing time function, the value of the assigned error shall be declared at the maximum limit of the effective range of the dependent time portion of the characteristic (G_D) as a percentage of the theoretical time. The reference limiting error shall be declared either as:

- a theoretical curve of time plotted against multiples of the setting value of the characteristic quantity bounded by two curves representing the maximum and minimum limits of the limiting error over the effective range of the dependent time portion of the characteristic, or;
- an assigned error claimed at the maximum limit of the effective range of the dependent time portion of the characteristic multiplied by stated factors corresponding to different values of the characteristic quantity within its effective range of the dependent time portion of the characteristic, as specified in Table 1.

Table 1 – Multiplier factor on operated time assigned error

Value of characteristic quantity as multiple of setting value (G_S)	2 – 5	5 – 10	10 – G_D
Limiting error as multiple of an assigned error	2,5	1,5	1

For both dependent and independent time relays, the manufacturer shall declare the maximum limiting error related to the operate time along with a setting range of time delay over which it is applicable.

The manufacturer shall declare if the internal measurement time of the characteristic quantity and the output contact operation time is included in the time delay setting or if it is in addition to the time delay setting.

5.3 Accuracy related to the reset time

For relays with no intentional reset delay, the manufacturer shall declare the reset time of the element.

For relays with a definite time delay on reset, the maximum permissible error of the specified reset time shall be expressed as either:

- a percentage of the reset time setting value, or;
- a percentage of the reset time setting value, together with a fixed maximum time error (where this may exceed the percentage value), whichever is greater. For example, $\pm 5\%$ or ± 20 ms whichever is greater, or;
- a fixed maximum time error.

For relays with a dependent time delay on reset, the maximum permissible error is identified by an assigned error declared by the manufacturer, which may be multiplied by factors corresponding to different values of the characteristic quantity. For relays with a decreasing time function, the value of the assigned error shall be declared at the reference condition as a percentage of the theoretical time. The maximum permissible error shall be declared either as:

- a theoretical curve of time plotted against multiples of the setting value of the characteristic quantity bounded by two curves representing the maximum and minimum limits of the permissible error, or;
- an assigned error claimed at the reference condition, multiplied by stated factors corresponding to different values of the characteristic quantity, as specified in Table 2.

Table 2 – Multiplier factor on reset time assigned error

Value of characteristic quantity as multiple of setting value (G_S)	0,8 – 0,4	0,4 – 0,2	0,2 – 0,1
Limiting error as multiple of an assigned error	2,5	1,5	1

For both dependent and independent time relays, the manufacturer shall declare the maximum limiting error related to the reset time along with a setting range of time delay over which it is applicable.

The manufacturer shall declare if the internal measurement time (disengaging time) is included in the reset time setting or if it is in addition to the reset time setting.

5.4 Transient performance

5.4.1 Transient overreach

For independent time overcurrent protection, the manufacturer shall declare as a percentage error of start value (G_S) the effect of applying waveforms with maximum d.c. offset associated with systems having an X/R ratio up to 120 (primary time constant of 380 ms at 50 Hz or 320 ms at 60 Hz).

5.4.2 Overshoot time

The manufacturer shall declare the overshoot time.

5.4.3 Response to time varying value of the characteristic quantity

To ensure proper coordination with dependent time relays, the relay performance under time varying fault current conditions (characteristic quantity varies with time) shall be tested. The manufacturer shall declare any additional errors, but in all cases, the additional error shall be less than 15 %.

5.5 Current transformer requirements

The manufacturer shall provide guidance on the class and sizing of the current transformers (refer to IEC 60044 series of standards).

6 Functional test methodology

6.1 General

Tests described in this clause are for type tests. These tests shall be designed in such a way as to exercise all aspects of hardware and firmware (if applicable) of the over/under current protection relay. This means that injection of current shall be at the interface to the relay, either directly into the conventional current transformer input terminals, or an equivalent signal at the appropriate interface. Similarly, operation shall be taken from output contacts wherever possible or equivalent signals at an appropriate interface.

If for any reason it is not possible to measure the results from signal input to output, the point of application of the characteristic quantity and the signal interface used for measurement shall be declared by the manufacturer. For relays where the settings are in primary values one current transformer ratio can be selected for performing the tests.

In order to determine the accuracy of the relay in steady state conditions, the injected characteristic quantity shall be a sinusoid of rated frequency and its magnitude should be varied according to the test requirements.

Some of the tests described in the following subclauses can be merged to optimize the test process. Depending upon the technology of the relay being tested, it may be possible to reduce the number of test points in line with the limited range and step-size of available settings. However, the test points listed should be used or the nearest available setting if the exact value can not be achieved.

In the following subclauses, the test settings to be used are expressed in a percentage of the available range with 0 % representing the minimum available setting and 100 % representing the maximum available setting. Similarly 50 % would represent the mid-point of the available setting range. The actual setting to be used can be calculated using the following formula:

$$S_{AV} = (S_{MAX} - S_{MIN})X + S_{MIN}$$

where

- S_{AV} is the actual setting value to be used in the test;
- S_{MAX} is the maximum available setting value;
- S_{MIN} is the minimum available setting value;
- X is the test point percentage value expressed in the test methodology (see Tables 3, 4, 5 and 6).

For example, for the operating current setting in Table 5, assuming the available setting range is 0,1 A to 4,0 A, the actual operating current settings to be used would be: 0,10 A; 2,05 A; 4,00 A.

The following subclauses refer to a rated current of the relay and it is denoted as I_n .

6.2 Determination of steady state errors related to the characteristic quantity

6.2.1 Accuracy of setting (start) value

In order to determine the accuracy of the setting value (G_S) the characteristic quantity (magnitude) should be varied slowly and the start output of the element monitored for operation. For overcurrent protection, the characteristic quantity shall be increased according to the criteria below:

- The initial value of the characteristic quantity shall be below the setting value by at least 2 times the specified accuracy of the element.

- The ramping steps shall be at least 10 times smaller than the accuracy specified for the element.
- The step time shall be at least twice the specified start time value and not more than 5 times the specified start time value.

EXAMPLE

If the setting value is 1 A, accuracy $\pm 10\%$ and start time 20 ms, the initial ramp start value is 0,8 A, ramp step size of 0,01 A, with a step time of 40 ms to 100 ms.

For undercurrent protection, the characteristic quantity shall be decreased from an initial value which is above the start value by at least twice the specified accuracy of the element. The ramping process is similar to the overcurrent protection.

Sufficient test points should be used to assess the performance over the entire setting range of the element but as a minimum 10 settings shall be used with a concentration towards lower start settings where errors are relatively more significant. Preferred values are: minimum setting (or 0 % of the range); 0,5 %; 1 %; 2 %; 3 %; 5 %; 10 %; 30 %; 60 %; maximum setting (or 100 % of the range).

For an overcurrent relay, each test point shall be repeated at least 5 times to ensure repeatability of results, with the maximum and average error values of all the tests being used for the accuracy claim. Additional checks shall be performed at maximum setting value selected to ensure operation occurs for a current value near the short-time thermal withstand limit (such as $100 \times$ rated current) applied to the relay.

For an undercurrent relay, each test point shall be repeated at least 5 times to ensure repeatability of results, with the maximum and average error values of all the tests being used for the accuracy claim.

The accuracy of the voltage dependent element is tested for a given setting of G_s for a definite time characteristic. The manufacturer has to specify the chosen value of G_s . The values for the factors k_1 , k_2 , k_3 , k_4 shall be specified.

Example values:

- characteristic as in Figure 9: $k_1=0,25$; $k_2=0,25$; $k_3=1,0$.
- characteristic as in Figure 10: $k_1=1$; $k_2=0,8$; $k_3=0,8$; $k_4 = \text{infinity}$ (function disabled) or highest possible setting.

The accuracy of the voltage dependent element is tested for the following points:

- characteristic as in Figure 9: $U/U_N=0,8 \times k_2$; k_2 ; $0,5 \times (k_2+k_3)$; k_3 ; $1,1 \times k_3$
- characteristic as in Figure 10: $U/U_N=0,8 \times k_2$; $1,1 \times k_2$.

In order to determine the accuracy of the voltage dependent element, the characteristic quantity G_s is varied slowly with a fixed voltage according to the tested point in the voltage characteristic. The start output of the element monitored for operation. The characteristic quantity is increased according to the criteria below:

- The initial value of the characteristic quantity shall be below the setting value by at least 2 times the specified accuracy of the element.
- The ramping steps shall be at least 10 times smaller than the accuracy specified for the element.
- The step time shall be at least 2 times the specified value and not more than five times the specified value.

The error of the voltage dependent element is then calculated as:

$$G - \beta \times G_s$$

where

G is the value of the characteristic quantity where the start output is activated;

β is taken from Figures 9 or 10 according to the applied voltage U/U_N .

For the calculation of relative errors, G_s is used as a reference instead of $\beta \times G_s$ in order to avoid increasing values resulting from low values for β .

Each test point shall be repeated at least 5 times to ensure repeatability of results, with the maximum and average error values of all the tests being used for the accuracy claim.

6.2.2 Reset ratio determination

In order to determine the reset ratio, the element shall be forced to operate, and then the characteristic quantity should be varied slowly while monitoring the output of the element with no intentional delay on reset. For overcurrent protection, the characteristic quantity shall be decreased according to the criteria below:

- The initial value of the characteristic quantity shall be above the start value by at least 2 times the specified accuracy of the element.
- The ramping steps shall be at least 10 times smaller than the accuracy specified for the element.
- The step time shall be at least 2 times the specified disengaging time value and not more than 5 times the specified disengaging time value.

If reset doesn't occur within the time interval, the element is considered to have not reset and, the next lower value of current shall be used.

EXAMPLE

If the setting value is 1 A, accuracy $\pm 10\%$ and disengaging time 20 ms the initial ramp start value is 1,2 A, ramp step size of 0,01 A with a step time of 40 ms to 100 ms.

For undercurrent protection, the characteristic quantity shall be increased from an initial value which is below the start value by at least 2 times the specified accuracy of the element. The ramping process is similar to the overcurrent protection.

The reset ratio shall be calculated as follows:

$$\text{Reset ratio (\%)} = (I_{\text{reset}}/I_{\text{start}}) \times 100$$

where I_{start} is the start value of the current and I_{reset} is the reset value of the current.

Sufficient test points should be used to assess the performance over the entire setting range of the element, but as a minimum ten settings shall be used, with a concentration towards lower start settings where errors are relatively more significant. Preferred values are: minimum setting (or 0 % of the range); 0,5 %; 1 %; 2 %; 3 %; 5 %; 10 %; 30 %; 60 %; maximum setting (or 100 % of the range).

For overcurrent relay, each test point shall be repeated at least 5 times to ensure repeatability of results, with the minimum and average values of all the tests being used for the accuracy claim.

For undercurrent relay, each test point shall be repeated at least 5 times to ensure repeatability of results, with the maximum and average values of all the tests being used for the accuracy claim.

6.3 Determination of steady state errors related to the start and operate time

In order to determine the steady state errors of the operate time, current shall be applied to the relay with no intentional delay and no d.c. component, and the start and operate output contacts of the element monitored. The switching point of the current from initial test value to end test value shall be at the zero crossing of the waveform. Tests shall be conducted on an individual phase basis. Sufficient test points should be used to assess the performance over the entire time delay or time multiplier setting range, at various operating current values and throughout the effective range of the dependent time portion of the characteristic. Each test point shall be repeated at least 5 times to ensure the repeatability of results, with the maximum and average value of the five attempts being used for the analysis. The times recorded for the operate output contact provides a measure of the operating time accuracy, whilst the times recorded for the start output contact provides a measure of element start time. The following test points, Table 3 for overcurrent elements and Table 4 for undercurrent elements, are suggested.

Table 3 – Test points for overcurrent elements

Operate time or TMS setting	Operating current setting	Initial test current value	End test current value
Minimum (0 %)	Minimum (0 %)	0	$1,2 \times G_T$
50 %	50 %	0	$2 \times G_S$
Maximum (100 %)	Maximum (100 %)	0	$5 \times G_S$
–	–	0	$10 \times G_S$
–	–	0	$20 \times G_S$

Table 4 – Test points for undercurrent elements

Operating time or TMS setting	Operating current setting	Initial test current value	End test current value
Minimum (0 %)	Minimum (0 %)	$2 \times G_S$	$0,8 \times G_S$
50 %	50 %	$2 \times G_S$	$0,4 \times G_S$
Maximum (100 %)	Maximum (100 %)	$2 \times G_S$	$0,2 \times G_S$
–	–	$2 \times G_S$	$0,1 \times G_S$
–	–	$2 \times G_S$	0

NOTE Some relays may block operation of the undercurrent element when the injected current is equal to zero, or below a set threshold. In this case, the number of test cases that are used from this table will be reduced to ensure that the tests are only performed when the undercurrent element remains enabled.

6.4 Determination of steady state errors related to the reset time

In order to determine the steady state errors of the reset time, current shall be applied to the relay to cause element operation. With operation complete, the current applied to the relay shall be stepped to the initial test current value for one second, and then stepped to the end test current value with no intentional delay and a suitable output contact of the element monitored. If an output contact is not available, then the procedure described in Annex B can be applied to determine the reset time of the relay.

Sufficient test points should be used to assess the performance over the entire reset time delay or reset time multiplier setting range, at various operating current values and throughout the effective range of the dependent time portion of the characteristic. Each test point shall be repeated at least 5 times to ensure the repeatability of results, with the maximum and average value of the five attempts being used for the analysis. The time recorded by monitoring the start contact provides a measure of the disengaging time of the element, whilst other suitable signals shall be used to give a measure of the reset time accuracy. The following test points, Table 5 for overcurrent elements and Table 6 for undercurrent elements, are suggested.

Table 5 – Test points for overcurrent elements

Reset time or reset TMS setting	Operating current setting	Initial test current value	End test current value
Minimum (0 %)	Minimum (0 %)	$2 \times G_S$	$0,8 \times G_S$
50 %	50 %	$2 \times G_S$	$0,4 \times G_S$
Maximum (100 %)	Maximum (100 %)	$2 \times G_S$	$0,2 \times G_S$
–	–	$2 \times G_S$	$0,1 \times G_S$
–	–	$2 \times G_S$	0

NOTE The first column of this table is not applicable to relays with no intentional delay on reset.

Table 6 – Test points for undercurrent elements

Reset time or reset TMS setting	Operating current setting	Initial test current value	End test current value
Minimum (0 %)	Minimum (0 %)	0	$1,2 \times G_T$
50 %	50 %	0	$2 \times G_S$
Maximum (100 %)	Maximum (100 %)	0	$5 \times G_S$
–	–	0	$10 \times G_S$
–	–	0	$20 \times G_S$

NOTE 1 The first column of this table is not applicable to relays with no intentional delay on reset.

NOTE 2 Some relays may block operation of the undercurrent element when the injected current is equal to zero, or below a set threshold. In this case, the initial test current used in column 3 of this table will be increased to ensure that the tests are only performed when the undercurrent element remains enabled.

6.5 Determination of transient performance

6.5.1 General

The transient performance tests are performed at reference conditions where the setting value is $G_S = 1 \times I_n$.

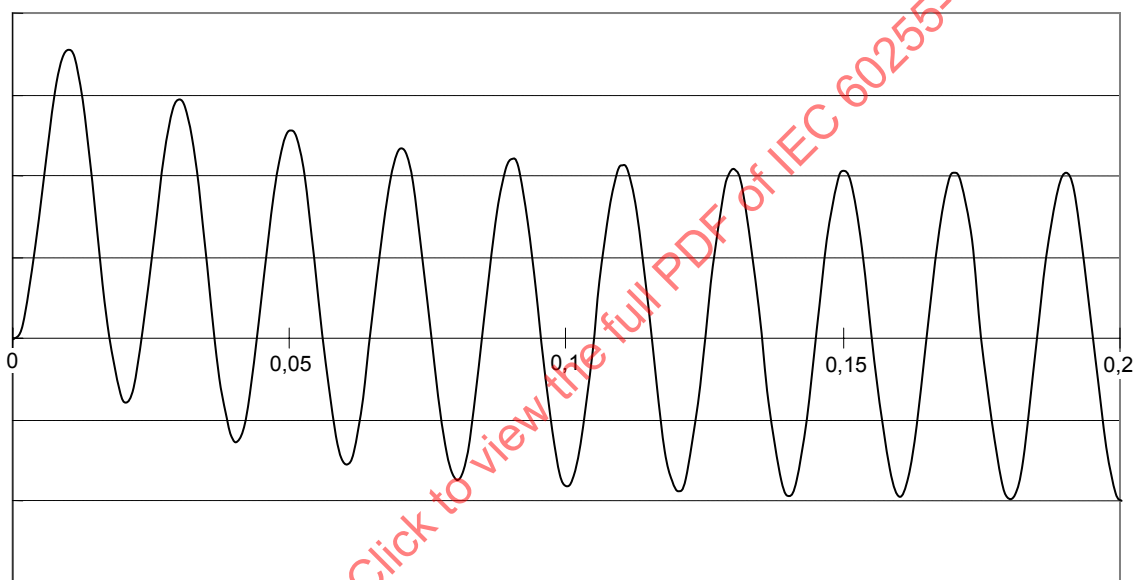
6.5.2 Transient overreach

This test is designed to view the effect of an offset waveform on the start value accuracy of the element. With the relay setting G_S set to reference conditions, current shall be applied (with no offset) starting at $0,9 \times G_S$ and then increasing until starting just occurs. The current magnitude shall then be reduced by 2 % and then re-applied to the relay to ensure that relay starting does not occur when the current is stepped from 0 A to the test magnitude (starting current minus 2 %). A similar test may also be performed such that a step from 0 A to the test current plus 2 % causes operation.

With the test current magnitude established, tests shall be performed with the maximum d.c. offset present and with a constant X/R ratio up to 120 (preferred test points are for X/R ratios of 10, 40 and 120). Typical test waveform is shown in Figure 11 for a 50 Hz nominal frequency. During the tests, current shall be stepped from 0 A to the test current magnitude with no intentional delay, and relay operation shall be monitored for at least the duration of the time constant of the current waveform. If the element starts to operate, the test shall be re-performed with a higher setting for G_S until application of the offset waveform does not cause relay starting. Five successive non-operations for a given setting value indicate that the transient overreach stability point has been reached.

The transient overreach at each X/R value is given by:

$$\text{Transient overreach (in \%)} = \left(\frac{\text{Setting at which no operation occurs for offset waveform}}{\text{Setting at which no operation occurs for waveform without offset}} - 1 \right) \times 100$$



IEC 1715/09

Figure 11 – Typical test waveform for transient overreach

6.5.3 Overshoot time

Overshoot time is relevant for overcurrent relay and it is not applicable for undercurrent relay.

With the relay setting at reference conditions (setting value of I_n), current shall be switched from an initial value of zero to $5 \times G_S$ and the relay operate time shall be measured as a maximum value out of five attempts. With this known operating time, the same current of $5 \times G_S$ shall be applied for a period of time 5 ms less than the maximum operate time and then reduced to zero with no intentional delay. If relay operation occurs, the period of time for which the current is injected shall be reduced by a further 5 ms, and the test shall be performed again. The injection time shall be decreased further until five successive injections of current do not cause the relay to operate.

The difference in time between the current injection period and the measured relay operate time is the relay overshoot time.

For an independent time overcurrent relay, a current of $2 \times G_S$ shall be used instead of $5 \times G_S$ and a time delay of 200 ms shall be used for this test. Overshoot time test is not required for an instantaneous overcurrent function.

6.5.4 Response to time varying value of the characteristic quantity for dependent time relays

The test waveform of the characteristic quantity is shown in Figure 12, which represents a 50 Hz or 60 Hz waveform modulated by a square wave so that the changes in magnitude of the sine-wave occur at zero crossings.

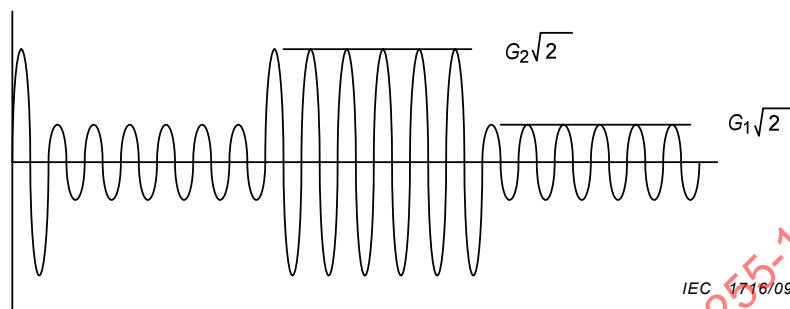


Figure 12 – Test waveform

The frequency of the modulating square-wave shall not be higher than 1/10 of the main frequency, so that the transient behaviour of the relay does not affect the operate time.

The magnitudes G_1 and G_2 of the characteristic quantity are both above G_S , the setting value of the characteristic quantity. The magnitudes are selected so that the operate time of the relay is much greater than the period of the modulating square wave.

With the above conditions, the theoretical operate time T_0 is:

$$T_0 = \frac{2 \times T_1 \times T_2}{T_1 + T_2} \quad (7)$$

where

T_1 is the operate time for characteristic quantity equal to G_1 ;

T_2 is the operate time for characteristic quantity equal to G_2 .

Recommended values for the time varying characteristic quantity are given in Table 7 where the frequency of the modulating square-wave is 1/10 of the main frequency. With values of Table 7, the measured operate time shall not differ from T_0 by more than 15 %.

Table 7 – Recommended values for the test

Curve	TMS	G_1	G_2	T_1 s	T_2 s	T_0 s
A	1	$2 \times G_S$	$5 \times G_S$	10,03	4,28	6,00
B	1	$2 \times G_S$	$5 \times G_S$	13,50	3,38	5,40
C	1	$2 \times G_S$	$5 \times G_S$	26,67	3,33	5,93
D	1	$2 \times G_S$	$5 \times G_S$	3,80	1,69	2,34
E	1	$2 \times G_S$	$5 \times G_S$	7,03	1,31	2,21
F	1	$2 \times G_S$	$5 \times G_S$	9,52	1,30	2,28

7 Documentation requirements

7.1 Type test report

The type test report for the functional elements described in this standard shall be in accordance with IEC 60255-1. As a minimum the following aspects shall be recorded:

- Equipment under test: This includes details of the equipment / function under test as well as specific details such as model number, firmware version shall be recorded as applicable.
- Test equipment: equipment name, model number, calibration information.
- Functional block diagram showing the conceptual operation of the element including interaction of all binary input and output signals with the function.
- Details of the input energizing quantity and the type of measurement being used by the function.
- Details of the available characteristic curves/operation for both operating and reset states that have been implemented in the function, preferably by means of an equation.
- The value of G_T in the case of dependent time curves being implemented.
- Details of the behaviour of the function for currents in excess of G_D , and its value.
- Details of all settings utilised by the function, including k_1 , k_2 , k_3 and k_4 in the case of voltage-dependent elements.
- Details of any specific algorithms that are implemented to improve the applicability of this function to a real power system, and their performance claims. In the case of generic algorithms that are used by more than one function, for example voltage transformer supervision, it is sufficient to describe the operation of the algorithm once within the user documentation but its effect on the operation of all functions that use it shall be described.
- Test method and settings: This includes details of the test procedure being used as well as the settings that are applied to the equipment under test to facilitate the testing. This may include settings other than those for the function being tested. This permits repeat testing to be performed with confidence that the same test conditions are being used.
- Test results: For every test case outlined in the test method and settings, the complete sets of results are recorded as well as a reference to the particular test case. From these results, accuracy claims are established.
- Test conclusions: Based upon the recorded test results, all claims required by Clause 5 of this standard shall be clearly stated. Where appropriate, these claims are compared with the performance specifications contained in this standard to allow individual pass / fail decisions to be given, as well as an overall pass / fail decision for the entire function.

7.2 Other user documentation

Not all users insist on viewing the complete type test documentation, but require a subset of the information that it contains. For this purpose, as a minimum the following aspects shall be recorded in generally available user documentation although this may not be required in a single document:

- Functional block diagram showing the conceptual operation of the element including interaction of all binary input and output signals with the function.
- Details of the input energizing quantity and the type of measurement being used by the function.
- Details of the available characteristic curves/operation for both operating and reset states that have been implemented in the function, preferably by means of an equation.
- The value of G_T in the case of dependent time curves being implemented.
- Details of the behaviour of the function for currents in excess of G_D , and its value.

- Details of all settings utilised by the function, including k_1 , k_2 , k_3 and k_4 in the case of voltage-dependent elements.
- Details of any specific algorithms that are implemented to improve the applicability of this function to a real power system, and their performance claims. In the case of generic algorithms that are used by more than one function, for example voltage transformer supervision, it is sufficient to describe the operation of the algorithm once within the user documentation but its effect on the operation of all functions that use it shall be described.
- All claims required by Clause 5 of this standard shall be clearly stated.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60255-151:2009

Annex A

(normative)

Constants for dependent time operating and reset characteristics

Table A.1 shows the constant for dependent time operating and reset characteristics.

Table A.1 – Constants for dependent time operating and reset characteristics

Curve type	Operating time			Reset time		Commonly used name
	$t(G) = TMS \left[\frac{k}{\left(\frac{G}{G_S} \right)^\alpha - 1} + c \right]$			$t_r(G) = TMS \left[\frac{t_r}{1 - \left(\frac{G}{G_S} \right)^\alpha} \right]$		
	k s	c s	α	t_r s	α	
A	0,14	0	0,02	a	a	Inverse
B	13,5	0	1	a	a	Very inverse
C	80	0	2	a	a	Extremely inverse
D	0,0515	0,1140	0,02	4,85	2	IEEE Moderately inverse
E	19,61	0,491	2	21,6	2	IEEE Very inverse
F	28,2	0,1217	2	29,1	2	IEEE Extremely inverse

^a For curves A, B and C, the manufacturer shall declare if dependent time reset characteristic is implemented and provide the appropriate information.

Annex B (informative)

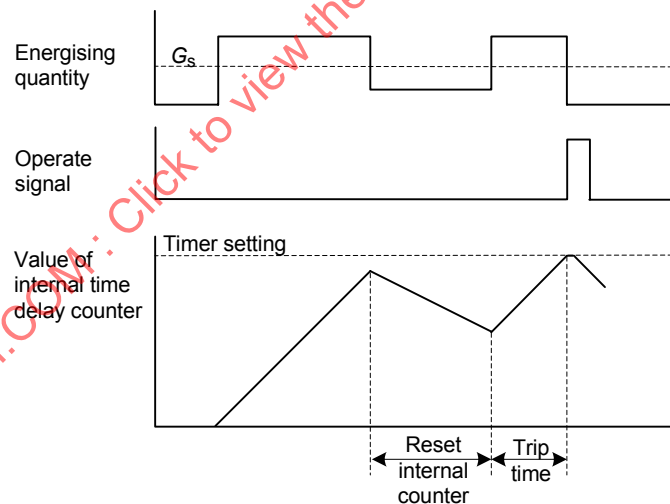
Reset time determination for relays with trip output only

B.1 General

Measuring relays and protection equipment have different output configurations. For equipment that has only a trip output the determination of a dependent reset time can be achieved by many different methods. The following clause describes an example of such a test method.

B.2 Test method

The determination of the reset time for relays without an appropriate contact can be achieved using the following method to determine a basic accuracy of the reset time. A current of twice the setting is applied to the relay for a pre-determined length of time such that the unit does not operate but will have reached 90 % of its trip value. The current is then reduced instantaneously to a pre-determined value below setting for a fixed time. After this time has elapsed, the current is instantaneously increased to twice the setting value until the element trips. The trip time is determined based on the value of the internal integrator. This is shown graphically in Figure B.1. The test method is repeated with the applied current being reduced to a different value on each occasion. This generates a range of trip times from which the reset times can be extrapolated and with sufficient points a reset curve can be created.



IEC 1717/09

Figure B.1 – Dependent reset time determination

Bibliography

IEC 60044 (all parts), *Instrument transformers*

IEC 60050-444, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 444: Elementary relays*

IEC 60255-8, *Electrical relays – Part 8: Thermal electrical relays*

IEC 61850 (all parts), *Communication networks and systems in substations*

IEC 61850-7-4, *Communication networks and systems in substations – Part 7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Compatible logical node classes and data classes*

IEC Guide 107:2009, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*

IEEE Std C37.2-1996, *IEEE standard electrical power system device function numbers and contact designations*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60255-151:2009

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	34
1 Domaine d'application et objet	36
2 Références normatives	36
3 Termes et définitions	37
4 Spécification de la fonction	38
4.1 Généralités	38
4.2 Grandeurs d'alimentation d'entrée / grandeurs d'alimentation	39
4.3 Signaux d'entrée binaires	39
4.4 Logique fonctionnelle	40
4.4.1 Caractéristiques de fonctionnement	40
4.4.2 Caractéristiques de retour	43
4.5 Signaux de sortie binaires	47
4.5.1 Signal de démarrage (pick-up)	47
4.5.2 Signal de fonctionnement (déclenchement)	47
4.5.3 Autres signaux de sortie binaires	47
4.6 Fonctions/conditions additionnelles d'influence	47
4.7 Caractéristiques spécifiques	48
5 Spécification des performances	49
5.1 Précision relative à la grandeur caractéristique	49
5.2 Précision relative au temps de fonctionnement	49
5.3 Précision en régime établi relative au temps de retour	50
5.4 Performances en régime de transitoires	51
5.4.1 Dépassement sur transitoire	51
5.4.2 Temps de dépassement	51
5.4.3 Réponse à la variation de valeur temporelle de la grandeur caractéristique	51
5.5 Exigences relatives aux transformateurs de courant	51
6 Méthodologie d'essais fonctionnels	51
6.1 Généralités	51
6.2 Détermination des erreurs en régime établi relatives à la grandeur caractéristique	52
6.2.1 Précision de la valeur de réglage (démarrage)	52
6.2.2 Détermination du rapport de retour	53
6.3 Détermination des erreurs en régime établi relatives aux temps de démarrage et de fonctionnement	54
6.4 Détermination des erreurs en régime établi relatives au temps de retour	55
6.5 Détermination des performances en transitoires	56
6.5.1 Généralités	56
6.5.2 Dépassement sur transitoire	56
6.5.3 Temps de dépassement	57
6.5.4 Réponse à la variation de valeur temporelle de la grandeur caractéristique	58
7 Exigences relatives à la documentation	59
7.1 Rapport d'essai de type	59
7.2 Documentation pour d'autres d'utilisateurs	59
Annexe A (normative) Constantes relatives aux caractéristiques de fonctionnement et de retour à temps dépendant	61

Annexe B (informative) Détermination du temps de retour pour les relais ayant seulement une sortie de déclenchement	62
Bibliographie.....	63
Figure 1 – Schéma synoptique simplifié de la fonction de protection	39
Figure 2 – Caractéristique à temps indépendant à maximum de courant	40
Figure 3 – Caractéristique à temps indépendant à minimum de courant	41
Figure 4 – Caractéristique à temps dépendant	42
Figure 5 – Caractéristique de retour à temps indépendant	44
Figure 6 – Caractéristique de retour à temps indépendant (solution alternative avec retour instantané après le fonctionnement du relais)	45
Figure 7 – Caractéristique de retour à temps dépendant	46
Figure 8 – Caractéristique de retour à temps dépendant (solution alternative avec retour instantané après le fonctionnement du relais)	47
Figure 9 – Caractéristiques à retenue de tension	48
Figure 10 – Caractéristiques contrôlée en tension	48
Figure 11 – Forme d'onde d'essai habituelle relative au dépassement sur transitoire	57
Figure 12 – Forme d'onde d'essai	58
Figure B.1 – Détermination du temps de retour à temps dépendant	62
Tableau 1 – Facteur multiplicateur de l'erreur assignée sur le temps de fonctionnement.....	50
Tableau 2 – Facteur multiplicateur de l'erreur assignée sur le temps de retour	50
Tableau 3 – Points d'essai pour les éléments à maximum de courant	55
Tableau 4 – Points d'essai pour les éléments à minimum de courant	55
Tableau 5 – Points d'essai pour les éléments à maximum de courant	56
Tableau 6 – Points d'essai pour les éléments à minimum de courant	56
Tableau 7 – Valeurs d'essai recommandées	58
Tableau A.1 – Constantes relatives aux caractéristiques de fonctionnement et de retour à temps dépendant	61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RELAIS DE MESURE ET DISPOSITIFS DE PROTECTION –

Partie 151: Exigences fonctionnelles pour les protections à minimum et maximum de courant

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 60255-151 a été préparée par le comité technique 95 de la CEI: Relais de mesure et dispositifs de protection.

Cette première édition annule et remplace la CEI 60255-3, publiée en 1989.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
95/255/FDIS	95/258/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60255, présentées sous les titre général *Relais de mesure et dispositifs de protection*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60255-151:2009

RELAIS DE MESURE ET DISPOSITIFS DE PROTECTION –

Partie 151: Exigences fonctionnelles pour les protections à minimum et maximum de courant

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60255 spécifie les exigences minimales relatives aux relais à maximum / minimum de courant. Cette norme inclut la spécification de la fonction de protection, les caractéristiques de mesure et les caractéristiques de temporisation.

La présente partie de la CEI 60255 définit les facteurs d'influence affectant la précision, en conditions de régime établi et les caractéristiques de performance en conditions dynamiques. Les méthodologies d'essai pour vérifier les caractéristiques de performance et la précision font également partie de la présente norme.

Les fonctions maximum / minimum de courant couvertes par la présente norme sont les suivantes:

	IEEE/ANSI C37.2	IEC 61850-7-4
	Codes de fonction	Nœuds logiques
Protection à maximum de courant phase, instantanée	50	PIOC
Protection à maximum de courant phase, temporisée	51	PTOC
Protection à maximum de courant terre, instantanée	50N/50G	PIOC
Protection à maximum de courant terre, temporisée	51N/51G	PTOC
Protection à maximum de composante inverse ou contre les déséquilibres de courant	46	PTOC
Protection à minimum de courant phase	37	PTUC
Protection à maximum de courant phase à retenue de tension	51V	PVOC

Cette norme exclut les relais électriques thermiques spécifiés par la CEI 60255-8. Les exigences générales relatives aux relais de mesure et aux dispositifs de protection sont spécifiées dans la CEI 60255-1.

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 60050-447, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 447: Relais de mesure*

CEI 60255-1, *Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 1: Exigences communes*

3 Termes et définitions

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

3.1

courbe théorique du temps et de la grandeur caractéristique

courbe qui représente la relation entre le temps de fonctionnement théorique spécifié et la grandeur caractéristique

3.2

courbes des limites maximale et minimale du temps de fonctionnement

courbes des erreurs limites, de part et d'autre du temps théorique en relation avec la grandeur caractéristique, qui identifient les temps de fonctionnement maximal et minimal correspondant à chaque valeur de la grandeur caractéristique

3.3

valeur de réglage (démarrage) de la grandeur caractéristique

G_s

valeur de référence utilisée pour la définition de la courbe théorique du temps et de la grandeur caractéristique

3.4

valeur seuil de la grandeur caractéristique

G_T

valeur de la grandeur d'entrée pour les relais à maximum et minimum de courant respectivement la plus faible et la plus élevée, pour laquelle le fonctionnement du relais est garanti

3.5

temps de démarrage

temps écoulé entre l'instant où la grandeur caractéristique d'un relais de mesure en état de retour est modifiée, dans des conditions spécifiées, et l'instant où le signal de démarrage est effectivement actif

3.6

temps de fonctionnement

temps écoulé entre l'instant où la grandeur caractéristique d'un relais de mesure en état de retour est modifiée, dans des conditions spécifiées, et l'instant où le relais fonctionne

[VEI 447-05-05]

3.7

temps de dégagement

temps écoulé entre l'instant où la grandeur d'alimentation d'entrée subit une variation spécifiée, susceptible de faire dégager le relais, et l'instant où il dégage

[VEI 447-05-10, modifiée]

3.8

temps de retour

temps écoulé entre l'instant où la grandeur caractéristique d'un relais de mesure en état de travail est modifiée, dans des conditions spécifiées, et l'instant où le relais retourne

[VEI 447-05-06]

3.9

temps de dépassement

différence entre le temps de fonctionnement du relais à la valeur spécifiée de la grandeur d'alimentation d'entrée et la durée maximale de la valeur de cette grandeur qui, étant soudainement réduite (pour un relais à maximum de courant)/augmentée (pour un relais à minimum de courant) à une valeur spécifiée inférieure (pour un relais à maximum de courant)/supérieure (pour un relais à minimum de courant) à la valeur de réglage, est insuffisante pour entraîner le fonctionnement

3.10

facteur multiplicateur

TMS

réglage qui représente un facteur ajustable, pouvant être mis en oeuvre par un fabricant de relais et qui est applicable à la courbe théorique du temps et de la grandeur caractéristique

NOTE Son but est de permettre le réglage des temps de fonctionnement du relais. Ce facteur *TMS* réglable est habituellement exprimé en relatif. Le réglage de référence privilégié du *TMS* est de 1,0 pour la déclaration de la caractéristique du relais.

3.11

seuil de fonctionnement à temps indépendant

G_D

valeur de la grandeur caractéristique pour laquelle le temps de fonctionnement du relais bascule du fonctionnement à temps dépendant au fonctionnement à temps indépendant

3.12

rapport de retour

rapport de dégagement

rapport entre le courant au point où le relais cesse juste de démarrer (le signal de démarrage change de "ON" à "OFF") et du courant de démarrage réel de l'élément

NOTE On le définit habituellement en pourcentage, tel que pour un élément à maximum de courant le rapport de retour est inférieur à 100 % et pour un élément à minimum de courant il est supérieur à 100 %.

3.13

dépassement sur transitoire

mesure de l'effet de la composante continue d'une forme d'onde sur le signal de démarrage de l'élément fonctionnel. Généralement, cette composante continue aura pour conséquence le fait que le relais atteindra son seuil de démarrage plus bas que le réglage conviendrait de l'autoriser, ou plus spécifiquement en termes de relais à maximum de courant, démarrera à une valeur de courant alternatif inférieure au seuil établi

4 Spécification de la fonction

4.1 Généralités

La fonction de protection, avec ses entrées, sorties, son élément de mesure, ses caractéristiques de temporisation et sa logique fonctionnelle, est présentée à la Figure 1. Le fabricant doit fournir le schéma synoptique fonctionnel de l'implémentation spécifique.

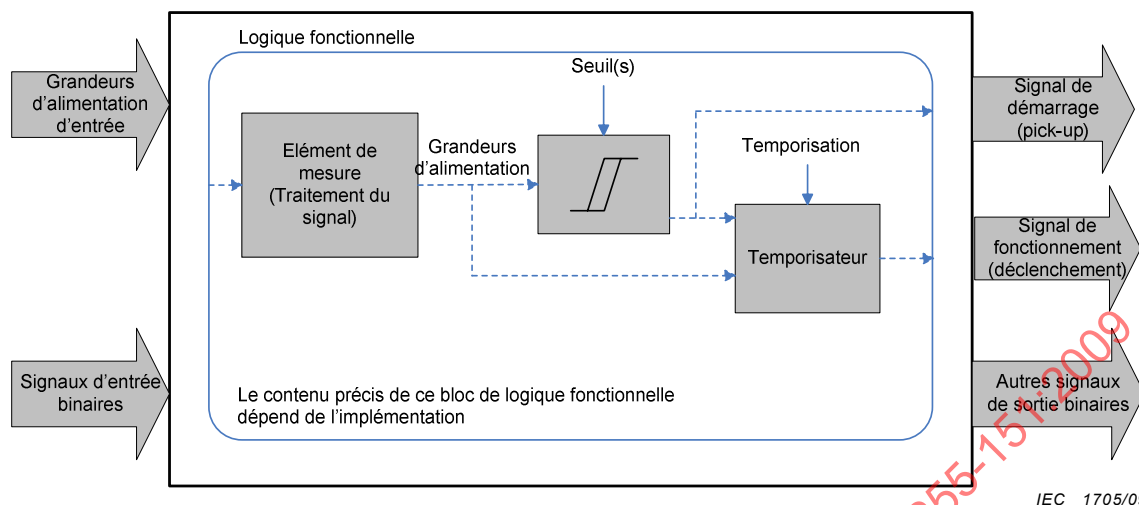


Figure 1 – Schéma synoptique simplifié de la fonction de protection

4.2 Grandeurs d'alimentation d'entrée / grandeurs d'alimentation

Les grandeurs d'alimentation d'entrée sont les signaux de mesure, par exemple les courants et les tensions (si nécessaire). Leurs caractéristiques et normes applicables sont spécifiées dans la CEI 60255-1. Les grandeurs d'alimentation d'entrée peuvent être acheminées par des fils venant de transformateurs de courant et de tension, ou être constituées d'un paquet de données acheminées par un accès de communication, utilisant un protocole de communication approprié (tel que celui de la CEI 61850-9-2).

Les grandeurs d'alimentation utilisées par la fonction de protection peuvent ne pas être directement le courant côté secondaire des transformateurs de courant. Par conséquent, la documentation du relais de mesure doit faire état du type de grandeurs d'alimentation utilisé par la fonction de protection. Par exemple:

- mesure de courant en monophasé;
- mesure de courant en triphasé;
- mesure de courant de neutre ou de courant résiduel;
- mesure de courant direct, inverse ou homopolaire.

Le type de mesure de la grandeur d'alimentation doit être indiqué. Par exemple:

- la valeur efficace du signal;
- la valeur efficace de la composante fondamentale du signal;
- la valeur efficace d'une composante harmonique spécifique du signal;
- les valeurs crête du signal;
- la valeur instantanée du signal.

4.3 Signaux d'entrée binaires

Si des signaux d'entrée binaires (pilotés extérieurement ou intérieurement) sont utilisés, leur influence sur la fonction de protection doit être clairement décrite par le schéma logique fonctionnel. En plus, une description textuelle peut aussi être fournie, si celle-ci peut apporter davantage de clarification sur la fonctionnalité des signaux d'entrées et de leur utilisation prévue.

4.4 Logique fonctionnelle

4.4.1 Caractéristiques de fonctionnement

4.4.1.1 Généralités

La relation entre le temps de fonctionnement et la grandeur caractéristique peut être exprimée à l'aide d'une courbe caractéristique. La forme de cette courbe doit être stipulée par le fabricant, par une équation (de préférence) ou par une représentation graphique.

La présente norme spécifie deux types de caractéristiques:

- caractéristique à temps indépendant (c'est-à-dire temporisation à temps constant);
- caractéristique à temps dépendant (c'est-à-dire temporisation à temps inverse).

La caractéristique de temps définit le temps de fonctionnement qui est la durée entre l'instant où la grandeur d'alimentation d'entrée franchit la valeur de réglage (G_S) et l'instant où le relais fonctionne.

4.4.1.2 Caractéristiques à temps indépendant

La caractéristique à temps indépendant est définie en termes de valeur de réglage de la grandeur caractéristique G_S et du temps de fonctionnement t_{op} . Lorsque aucun retard intentionnel n'est utilisé, le relais à temps indépendant est alors dénommé relais instantané.

Pour les relais à maximum de courant, $t(G) = t_{op}$ lorsque $G > G_S$. La caractéristique à temps indépendant est présentée à la Figure 2.

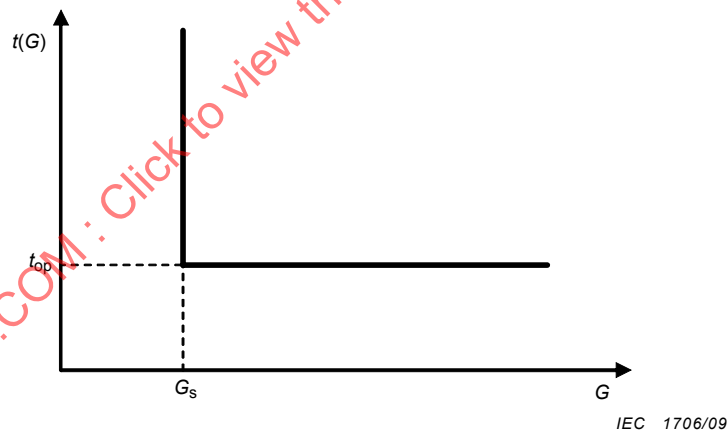


Figure 2 – Caractéristique à temps indépendant à maximum de courant

Pour les relais à minimum de courant, $t(G) = t_{op}$ lorsque $G < G_S$. La caractéristique à temps indépendant est présentée à la Figure 3.

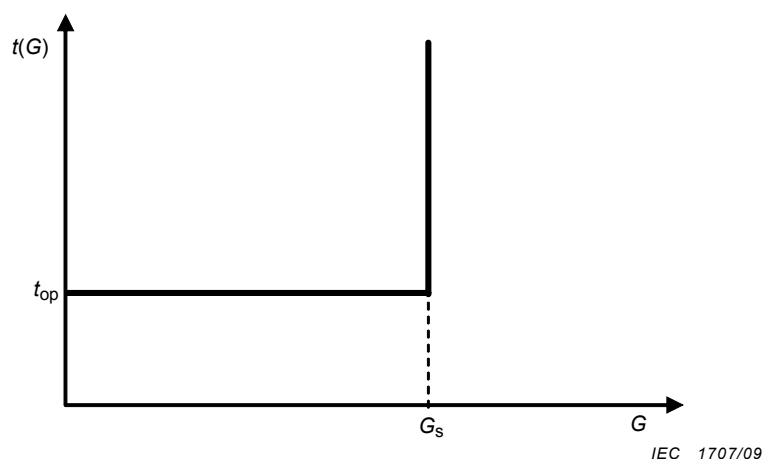


Figure 3 – Caractéristique à temps indépendant à minimum de courant

4.4.1.3 Caractéristiques à temps dépendant

Les caractéristiques à temps dépendant ne sont définies que pour des relais à maximum de courant.

Pour les relais à temps dépendant, les courbes caractéristiques doivent suivre une loi de la forme:

$$t(G) = TMS \left[\frac{k}{\left(\frac{G}{G_s} \right)^\alpha - 1} + c \right] \quad (1)$$

où

$t(G)$ est le temps de fonctionnement théorique avec la valeur de G constante en secondes;

k, c, α sont les constantes caractérisant la courbe choisie;

G est la valeur mesurée de la grandeur caractéristique;

G_s est la valeur de réglage (voir 3.3);

TMS est le facteur multiplicateur (voir 3.10).

Les constantes, k et c , ont comme unités les secondes, et α n'a aucune dimension.

La caractéristique à temps dépendant est présentée à la Figure 4.

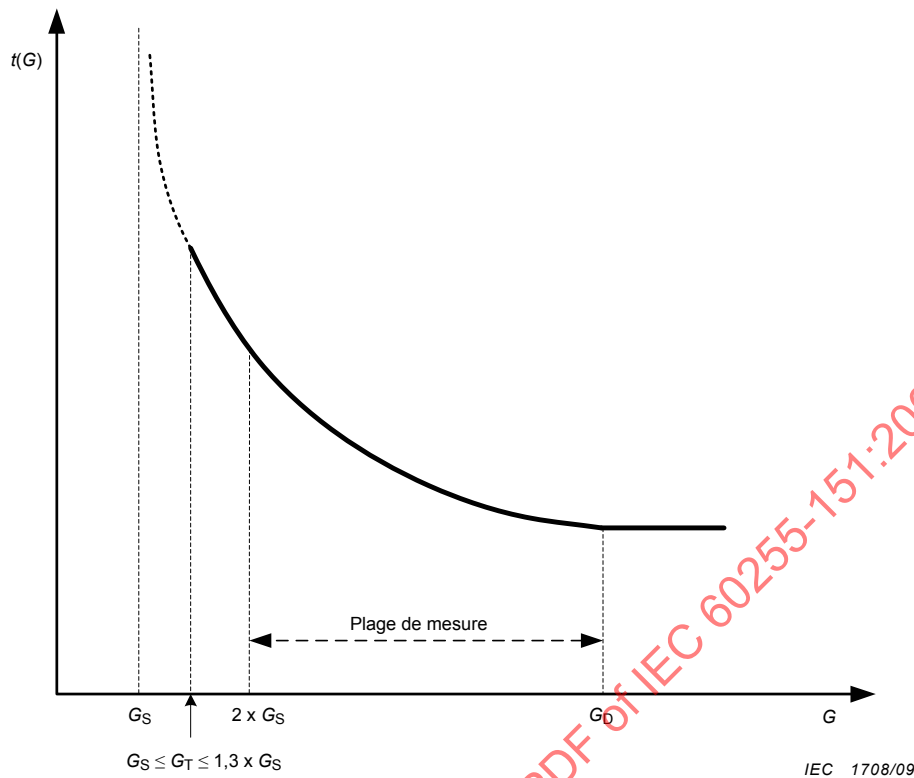


Figure 4 – Caractéristique à temps dépendant

L'étendue de mesure de la grandeur caractéristique doit se situer entre $2 \times G_S$ et G_D pour la protection à temps dépendant. La valeur minimale de G_D est égale à 20 fois la valeur de réglage G_S . Le fabricant doit déclarer la plage de réglage pour laquelle c'est applicable. Pour les valeurs de réglage au-delà de cette plage, le fabricant doit indiquer la valeur de G_D .

La valeur seuil G_T est la valeur la plus faible de la grandeur d'alimentation d'entrée pour laquelle le fonctionnement du relais est garanti. G_T se situe entre G_S et $1,3 \times G_S$. Sa valeur doit être définie par le fabricant.

Les relais à temps dépendant doivent avoir un temps de fonctionnement indépendant minimum. Cette exigence peut être déterminée en assignant un retard constant aux courants supérieurs à un niveau donné de la grandeur d'alimentation. Sinon, le fabricant peut faire en sorte que le comportement du relais ne soit plus à temps dépendant pour des niveaux de la grandeur d'alimentation dépassant une valeur spécifiée (G_D/G_S), comme cela est décrit par l'équation suivante:

Pour $G > G_D$

$$t(G) = TMS \cdot \left(\frac{k}{\left(\frac{G_D}{G_S} \right)^\alpha - 1} + c \right) \quad (2)$$

où

- G_D = Niveau de la grandeur caractéristique auquel le fonctionnement à temps dépendant cesse et auquel le fonctionnement à temps indépendant débute (voir 3.11);
- $t(G)$ est le temps de fonctionnement théorique avec la valeur de G constante en secondes;
- k, c, α sont les constantes caractérisant la courbe choisie;
- G est la valeur mesurée de la grandeur caractéristique;
- G_S est la valeur de réglage (voir 3.3);
- TMS est le facteur multiplicateur (voir 3.10).

Il y a six courbes dénommées A, B, C, D, E et F dont les coefficients relatifs aux Equations (1) et (2) doivent être ceux de L'Annexe A. Le fabricant doit indiquer quelle courbe est implémentée et stipuler les valeurs de G_D et G_T .

Les conditions de défaut sur les réseaux électriques peuvent produire des courants de défaut variables dans le temps. Pour assurer la bonne coordination entre les relais à temps dépendant dans de telles conditions, un relais doit se comporter de la manière décrite par l'Equation 3.

Pour $G > G_S$

$$\int_0^{T_0} \frac{1}{t(G)} dt = 1 \quad (3)$$

où

- T_0 est le temps de fonctionnement, où G varie en fonction du temps;
- $t(G)$ est le temps de fonctionnement théorique avec la valeur de G constante en secondes;
- G est la valeur mesurée de la grandeur caractéristique.

Le temps de fonctionnement est défini comme l'instant dans le temps où l'intégrale de l'Equation (3) devient égale ou supérieure à 1.

4.4.2 Caractéristiques de retour

4.4.2.1 Généralités

Pour permettre aux utilisateurs de déterminer le comportement du relais en cas de défauts intermittents répétitifs ou de défauts pouvant se succéder rapidement, les caractéristiques de retour du relais doivent être définies par le fabricant. Différentes caractéristiques de retour peuvent être utilisées en fonction des réglages du relais et, si l'élément a terminé ou non la phase de fonctionnement. Les caractéristiques de retour recommandées sont définies ci-dessous.

Le fabricant doit indiquer si la compensation du temps de mesure interne (temps de dégagement) est incluse dans le temps de retour.

4.4.2.2 Aucun retard intentionnel au retour

Pour $G < (\text{rapport de retour}) \times G_S$, le relais doit revenir à son état de retour sans retard intentionnel, comme indiqué par le fabricant. Cette option de retour peut s'appliquer aux relais à temps dépendant et indépendant.

4.4.2.3 Retour à temps indépendant

Généralement, cette caractéristique de retour est applicable à une protection à maximum de courant.

Pour $G < (\text{rapport de retour}) \times G_S$, le relais doit revenir à son état de retour après un retard du temps de retour t_r défini par l'utilisateur. Pendant le temps de retour, l'élément doit maintenir sa valeur d'état, définie par $\int_0^{t_p} \frac{1}{t(G)} dt$, t_p étant la période transitoire pendant laquelle $G > G_S$. Si

pendant la période du temps de retour, la grandeur caractéristique dépasse G_S , le temporisateur de retour t_r , est immédiatement remis à zéro et l'élément continue un fonctionnement normal en partant de la valeur maintenue.

Si $G > G_S$ pendant une période de temps cumulée suffisante pour provoquer le fonctionnement du relais, ce dernier doit maintenir son état de fonctionnement pendant la période du temps de retour, après la chute de la grandeur de fonctionnement au-dessous de G_S , comme cela est présenté à la Figure 5. En variante, le relais peut revenir à son état de retour sans retard intentionnel, dès que la grandeur de fonctionnement devient inférieure à G_S , comme indiqué à la Figure 6.

Cette option de retour peut s'appliquer aux éléments à temps dépendant et indépendant. Une représentation graphique de cette caractéristique de retour est donnée dans les Figures 5 et 6, pour un élément à temps dépendant et un retour à temps indépendant pour le fonctionnement partiel et complet de l'élément.

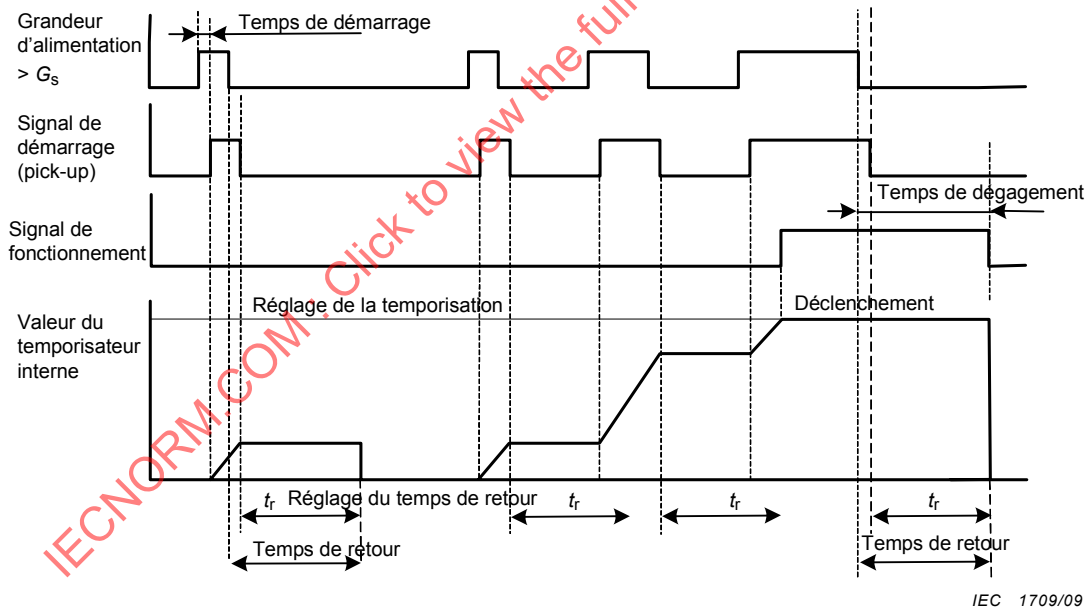


Figure 5 – Caractéristique de retour à temps indépendant

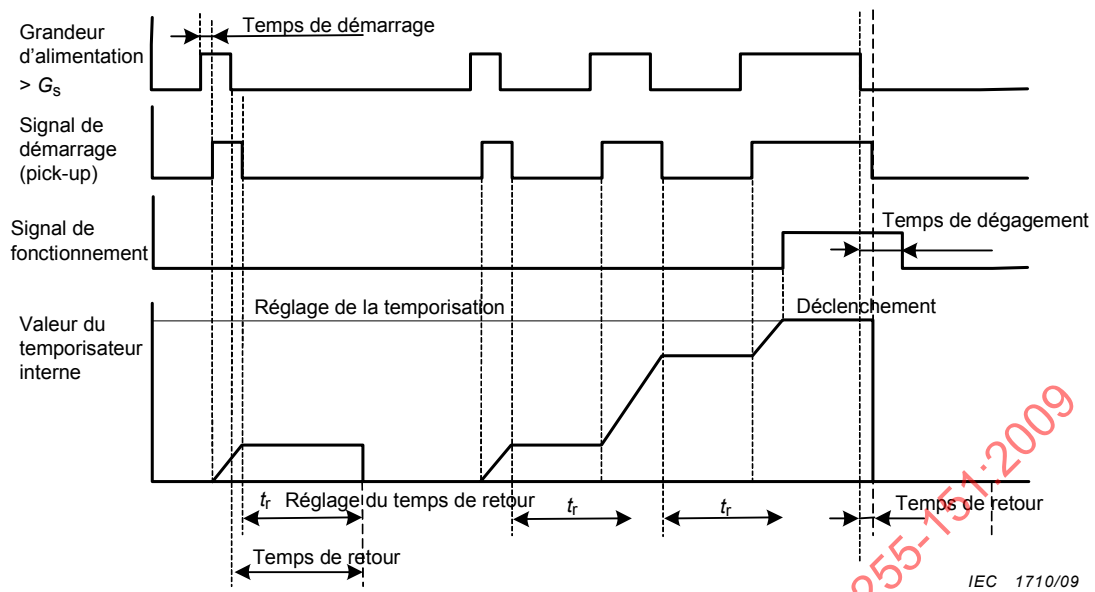


**Figure 6 – Caractéristique de retour à temps indépendant
(solution alternative avec retour instantané après le fonctionnement du relais)**

4.4.2.4 Retour à temps dépendant

Généralement, cette caractéristique de retour est utilisée avec une protection à maximum de courant.

Si la grandeur $G > G_S$ pendant une période transitoire t_p (t_p est supposé inférieur au temps de fonctionnement du relais), la valeur I_{tp} de l'intégrale au temps t_p est alors donnée par:

$$I_{tp} = \int_0^{t_p} \frac{1}{t(G)} dt \quad (\text{voir l'Equation (3)}) \quad (4)$$

Maintenant, au temps t_p , si $G < (\text{rapport de retour}) \times G_S$ l'intégrale se réinitialise, conformément à l'équation suivante:

$$I_{tp} - \int_0^{T_R} \frac{1}{t_R(G)} dt = 0 \quad (5)$$

où T_R est le temps de retour.

L'intégration commence si $G < (\text{rapport de retour}) \times G_S$.

$t_R(G)$ est défini par l'équation suivante:

$$t_R(G) = TMS \left(\frac{t_r}{1 - \left(\frac{G}{G_S} \right)^\alpha} \right) \quad (6)$$

où

t_r est le réglage du temps de retour dépendant (secondes): temps requis pour le retour total à partir du fonctionnement complet, lorsque la grandeur caractéristique $G = \text{zéro}$ et $TMS = 1$;

α est la constante caractérisant la courbe choisie;

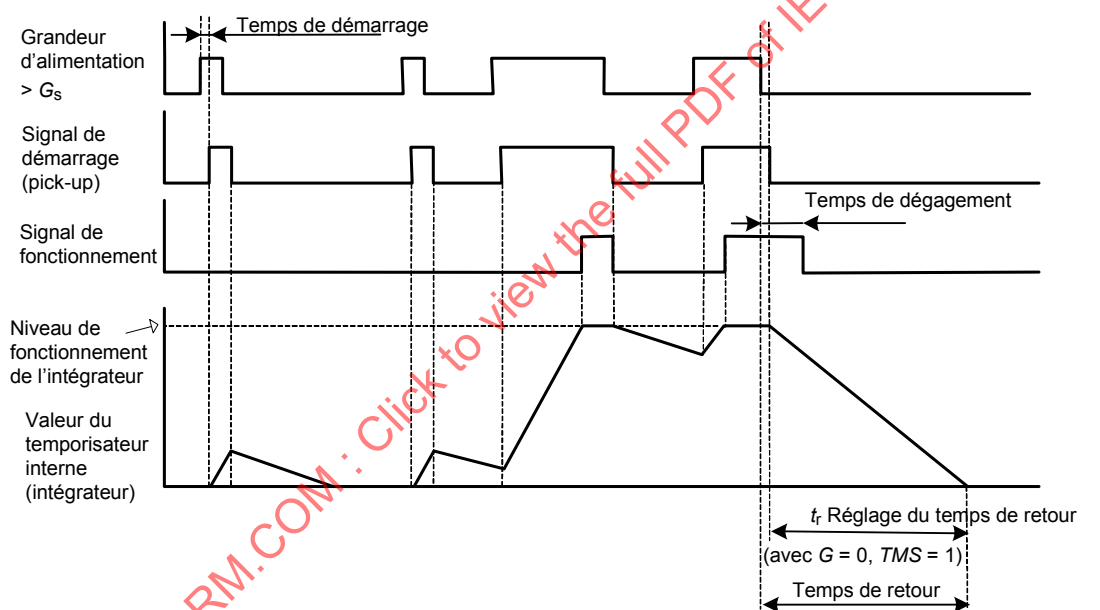
G est la valeur mesurée de la grandeur caractéristique;

G_S est la valeur de réglage (voir 3.3);

TMS est le facteur multiplicateur (voir 3.10).

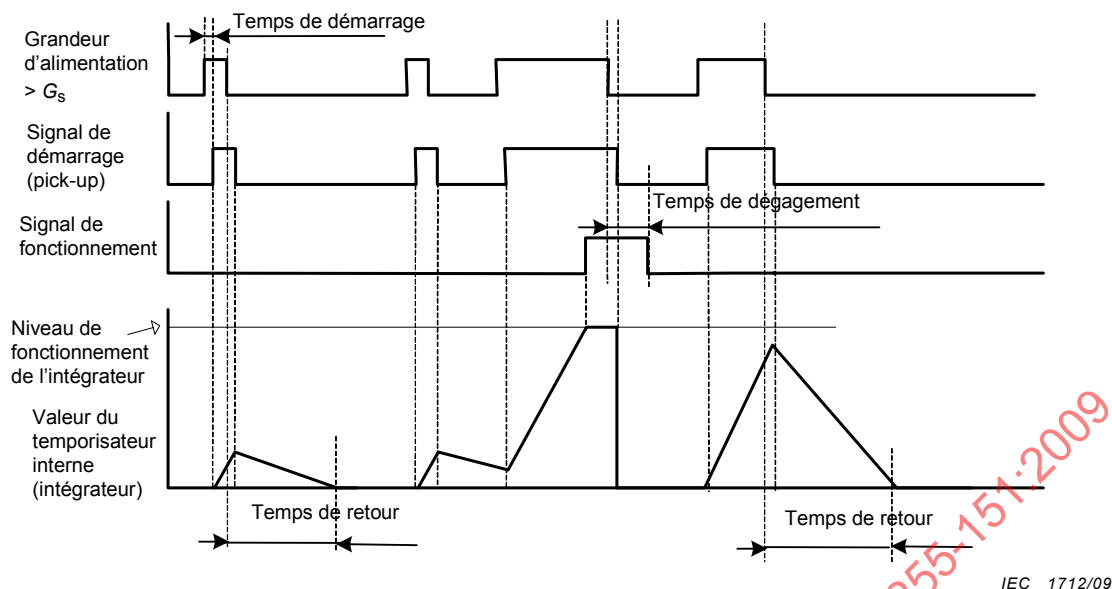
Pour les courbes A, B, C, D, E, F précédemment définies, la valeur de t_r doit être conforme à celle donnée à l'Annexe A.

La Figure 7 illustre l'effet du retour à temps dépendant sur le temporisateur interne. Par suite de $G > G_S$ sur une période cumulative entraînant le fonctionnement du relais, lorsque la grandeur de fonctionnement devient inférieure à G_S , le relais doit revenir à son état de retour après le temps $t_R(G)$. En variante, le relais peut revenir à son état de retour sans retard intentionnel, comme indiqué à la Figure 8. Le comportement du temps de retour après le fonctionnement du relais doit être décrit.



IEC 1711/09

Figure 7 – Caractéristique de retour à temps dépendant



IEC 1712/09

**Figure 8 – Caractéristique de retour à temps dépendant
(solution alternative avec retour instantané après le fonctionnement du relais)**

4.5 Signaux de sortie binaires

4.5.1 Signal de démarrage (pick-up)

Le signal de démarrage est issu des éléments de mesure et de seuil, sans aucun retard intentionnel. Si le signal de démarrage n'est pas disponible, le constructeur doit donner des informations sur la façon de faire l'essai relatif au signal de démarrage comme défini dans l'Article 6.

4.5.2 Signal de fonctionnement (déclenchement)

Le signal de fonctionnement est issu des éléments de mesure et de seuil, après expiration des temporisations de fonctionnement intentionnelles. Dans le cas d'éléments instantanés, ce signal peut éventuellement se présenter en même temps que le signal de démarrage (si disponible).

4.5.3 Autres signaux de sortie binaires

Si des signaux de sortie binaires sont disponibles, leur mode de fonctionnement doit être clairement indiqué sur le schéma logique fonctionnel. En plus, une description textuelle peut aussi être fournie, si celle-ci peut apporter davantage de clarification sur le signal de sortie et sur son utilisation prévue.

4.6 Fonctions/conditions additionnelles d'influence

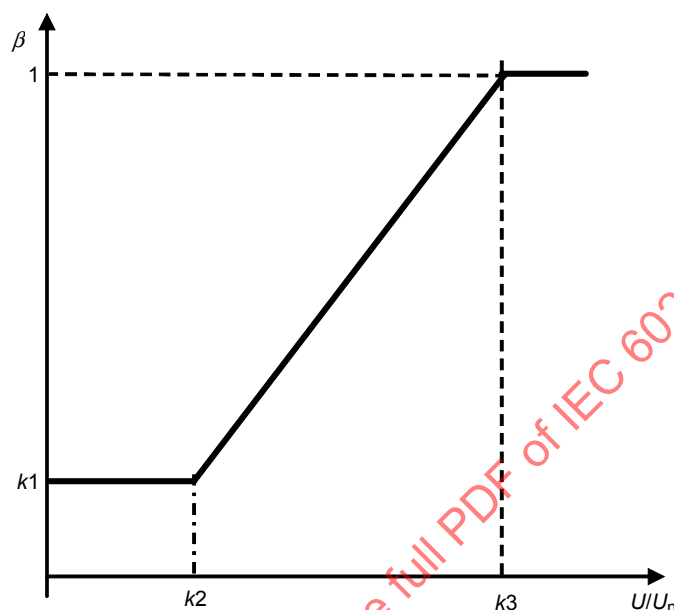
Le fabricant doit déclarer tout algorithme spécifique implémenté dans le relais, par exemple:

- insensible au courant d'appel;
- « cold load pick-up »;
- insensible au faux courant résiduel dû à la saturation des transformateurs de courant phase (lorsque le courant résiduel est mesuré avec 3 transformateurs de courant);
- caractéristique de blocage/de retenue basée sur l'harmonique 2.

Les performances de ces caractéristiques spécifiques doivent être décrites.

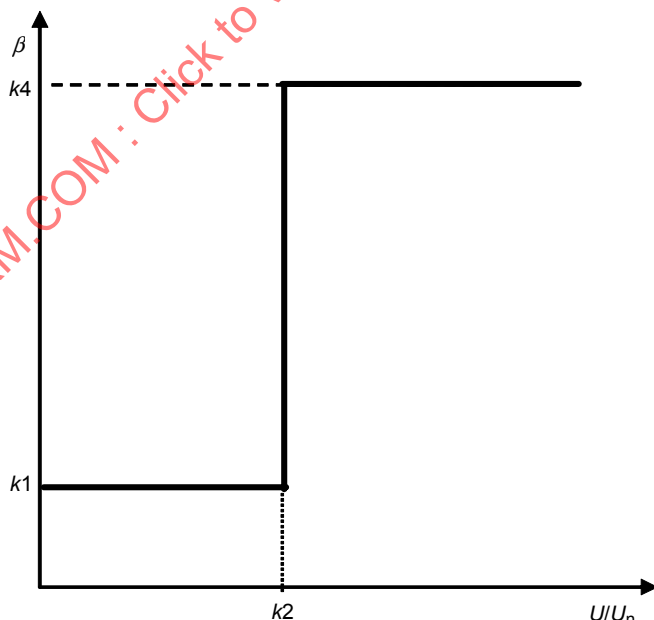
4.7 Caractéristiques spécifiques

La valeur de réglage (pick-up) d'une protection à maximum de courant dépendante de la tension est ajustée en fonction de la tension mesurée (tension entre phases ou tension entre phase et neutre). Le réglage ajusté est égal au réglage d'origine, G_S , multiplié par un coefficient β , défini par les deux caractéristiques suivantes, représentées par les Figures 9 et 10. U est la tension appliquée au relais, en volts, et U_n est la tension assignée, en volts. Le fabricant doit indiquer les valeurs disponibles pour k_1 , k_2 , k_3 , k_4 .



IEC 1713/09

Figure 9 – Caractéristiques à retenue de tension



IEC 1714/09

Figure 10 – Caractéristiques contrôlée en tension

Pour le fonctionnement avec contrôle en tension, les valeurs privilégiées pour k_4 sont 1 et l'infini (∞). Si la protection à maximum de courant est bloquée lorsque la tension est supérieure à $k_2 \times U_n$, la valeur de k_4 est égale à l'infini (∞).

5 Spécification des performances

5.1 Précision relative à la grandeur caractéristique

Pour les relais à temps indépendant et à temps dépendant, la précision relative à la grandeur caractéristique doit être déclarée par le fabricant à la valeur de démarrage. En outre, pour les relais électromécaniques à temps dépendant, la valeur de fonctionnement minimale G_T ne doit pas être supérieure à 1,3 fois la valeur de réglage G_S .

Pour les relais à temps indépendant et à temps dépendant, le rapport de retour de la grandeur caractéristique doit être déclaré par le fabricant.

Pour les relais à temps dépendant et à temps indépendant, le fabricant doit indiquer la précision relative à la grandeur caractéristique sur une plage de réglage sur laquelle c'est applicable. De plus, le fabricant doit indiquer également la performance de l'élément dans des conditions de fort courant de défaut (à la limite de la tenue thermique de courte durée, tel qu'un courant = $100 \times$ le courant assigné).

Pour les fonctions avec des éléments dépendants de la tension, le fabricant doit en plus déclarer la précision relative à la tension. De façon à éviter la combinaison d'une grandeur caractéristique et d'une tension variable, il est suffisant de spécifier la précision dépendant de la tension dans la plage de tension spécifiée pour une valeur donnée de G_S au courant nominal (I_N).

5.2 Précision relative au temps de fonctionnement

Pour les relais à temps indépendant, l'erreur maximale admise du temps de fonctionnement spécifié doit être exprimée soit comme:

- un pourcentage de la valeur de réglage du temps, ou;
- un pourcentage de la valeur de réglage du temps, associé à une erreur temporelle maximale fixe (celle-ci pouvant dépasser la valeur du pourcentage), en considérant la plus grande valeur. Par exemple, $\pm 5\%$ ou ± 20 ms en considérant la plus grande valeur, ou;
- une erreur temporelle maximale fixe.

Pour les relais à temps dépendant, l'erreur limite de référence est identifiée par une erreur assignée déclarée par le fabricant, pouvant être multipliée par des facteurs correspondant à différentes valeurs de la grandeur caractéristique. Pour les relais avec une fonction du temps décroissante, la valeur de l'erreur assignée doit être déclarée à la limite maximale (G_D) de l'étendue de mesure de la portion à temps dépendant de la caractéristique en tant que pourcentage du temps théorique. L'erreur limite de référence peut être déclarée soit comme:

- une courbe théorique de temps tracée en fonction des multiples de la valeur de réglage de la grandeur caractéristique, délimitée par deux courbes représentant les limites maximale et minimale de l'erreur limite sur l'étendue de mesure de la portion à temps dépendant de la caractéristique, ou;
- une erreur assignée, déclarée à la limite maximale de l'étendue de mesure de la portion à temps dépendant de la caractéristique, multipliée par des facteurs établis correspondant à différentes valeurs de la grandeur caractéristique à l'intérieur de son étendue de mesure, telles que spécifiées par le Tableau 1.

Tableau 1 – Facteur multiplicateur de l'erreur assignée sur le temps de fonctionnement

Valeur de la grandeur caractéristique en multiple de la valeur de réglage (G_S)	2 – 5	5 – 10	10 – G_D
Erreur limite en multiple de l'erreur assignée	2,5	1,5	1

Pour les relais à temps dépendant et à temps indépendant, le fabricant doit indiquer l'erreur limite maximale relative au temps de fonctionnement sur une plage de réglage sur laquelle c'est applicable.

Le fabricant doit indiquer si le temps de mesure interne de la grandeur caractéristique et le temps de fonctionnement du contact de sortie, sont inclus dans le réglage de la temporisation ou s'ils sont à ajouter à ce réglage.

5.3 Précision en régime établi relative au temps de retour

Pour les relais sans retard intentionnel au retour, le fabricant doit déclarer le temps de retour de l'élément.

Pour les relais avec un retour à temps indépendant, l'erreur maximale admise du temps de retour spécifié doit être exprimée soit comme:

- un pourcentage de la valeur de réglage du temps de retour, ou;
- un pourcentage de la valeur de réglage du temps de retour, associé à une erreur temporelle maximale fixe (celle-ci pouvant dépasser la valeur du pourcentage), en considérant la plus grande valeur. Par exemple, $\pm 5\%$ ou ± 20 ms en considérant la plus grande valeur, ou;
- une erreur temporelle maximale fixe.

Pour les relais avec un retour à temps dépendant, l'erreur maximale admissible est identifiée par une erreur assignée déclarée par le fabricant, pouvant être multipliée par des facteurs correspondant à différentes valeurs de la grandeur caractéristique. Pour les relais avec une fonction du temps décroissante, la valeur de l'erreur assignée doit être déclarée, dans les conditions de référence, en tant que pourcentage du temps théorique. L'erreur maximale admissible peut être déclarée soit comme:

- une courbe théorique de temps tracée en fonction des multiples de la valeur de réglage de la grandeur caractéristique, délimitée par deux courbes représentant les limites maximale et minimale de l'erreur admissible, ou;
- une erreur assignée, déclarée dans les conditions de référence, multipliée par des facteurs établis correspondant à différentes valeurs de la grandeur caractéristique, telles que spécifiées par le Tableau 2.

Tableau 2 – Facteur multiplicateur de l'erreur assignée sur le temps de retour

Valeur de la grandeur caractéristique en multiple de la valeur de réglage (G_S)	0,8 – 0,4	0,4 – 0,2	0,2 – 0,1
Erreur limite en multiple de l'erreur assignée	2,5	1,5	1

Pour les relais à temps dépendant et à temps indépendant, le fabricant doit déclarer l'erreur limite maximale relative au temps de retour sur une plage de réglage sur laquelle c'est applicable.

Le fabricant doit indiquer si le temps de mesure interne (temps de dégagement) est inclus dans le réglage du temps de retour ou s'il est à ajouter à ce réglage.

5.4 Performances en régime de transitoires

5.4.1 Dépassement sur transitoire

Pour une protection à maximum de courant à temps indépendant, le fabricant doit déclarer, comme une erreur en pourcentage de la valeur de démarrage (G_S), l'effet de l'application de formes d'onde ayant un décalage de courant continu maximal, lié à des réseaux ayant un rapport X/R jusqu'à 120 (constante de temps primaire de 380 ms à 50 Hz ou de 320 ms à 60 Hz).

5.4.2 Temps de dépassement

Le fabricant doit indiquer le temps de dépassement.

5.4.3 Réponse à la variation de valeur temporelle de la grandeur caractéristique

Pour assurer une bonne coordination avec les relais à temps dépendant, la performance du relais, dans des conditions de courant de défaut variable dans le temps, doit être soumise aux essais. Le fabricant doit indiquer toute erreur additionnelle, mais dans tous les cas, celle-ci doit être inférieure à 15 %.

5.5 Exigences relatives aux transformateurs de courant

Le fabricant doit fournir des directives concernant la classe et le dimensionnement des transformateurs de courant (se référer à la série des normes CEI 60044).

6 Méthodologie d'essais fonctionnels

6.1 Généralités

Les essais décrits dans cet article concernent les essais de type. Il convient de concevoir ces essais de manière à couvrir tous les aspects matériel et logiciel (le cas échéant) du relais de protection à maximum/minimum de courant. Ceci signifie que l'injection de courant, doit se faire à l'interface du relais, soit directement aux bornes d'entrée de transformateurs conventionnels, ou de réaliser l'injection d'un signal équivalent à l'interface appropriée. De même, le fonctionnement doit être considéré à partir des contacts de sortie, dans la mesure du possible, ou à partir de signaux équivalents, à une interface appropriée.

Si, pour une raison quelconque, il n'est pas possible de mesurer les résultats de l'entrée du signal jusqu'à la sortie, le point d'application de la grandeur caractéristique et l'interface du signal utilisée pour la mesure doivent être indiqués par le fabricant. Dans le cas des relais où les réglages sont en valeurs primaires, un rapport du transformateur de courant peut être choisi pour effectuer les essais.

Afin de déterminer la précision du relais en conditions de régime établi, la grandeur caractéristique injectée doit être une sinusoïde à la fréquence assignée, et il convient d'adapter son amplitude aux exigences de l'essai.

Certains essais décrits dans les paragraphes suivants peuvent être fusionnés pour optimiser le processus d'essai. En fonction de la technologie du relais soumis aux essais, il peut être possible de réduire le nombre de points d'essai en conformité avec la plage limitée et avec la hauteur des échelons de réglage disponibles. Cependant, dans la mesure du possible, il est recommandé d'utiliser les points d'essai donnés ou le réglage disponible le plus proche, si la valeur exacte ne peut pas être obtenue.

Dans les paragraphes suivants, les réglages d'essai à utiliser sont exprimés en pourcentage de la plage disponible, avec 0 % représentant le réglage disponible minimal et 100 % représentant le réglage disponible maximal. De manière similaire, 50 % représenterait le

milieu de la plage de réglage disponible. Le réglage réel à utiliser peut être calculé en utilisant la formule suivante:

$$S_{AV} = (S_{MAX} - S_{MIN})X + S_{MIN}$$

où

- S_{AV} est la valeur de réglage réelle à utiliser pour l'essai;
- S_{MAX} est la valeur de réglage maximale disponible;
- S_{MIN} est la valeur de réglage minimale disponible;
- X est la valeur en pourcentage du point d'essai donnée dans la méthodologie d'essai (voir Tableaux 3, 4, 5 et 6).

Par exemple, pour le réglage du courant de fonctionnement du Tableau 5, si nous supposons que la plage de réglage disponible est de 0,1 A à 4,0 A, les réglages réels de courant de fonctionnement à utiliser seraient: 0,10 A; 2,05 A et 4,00 A.

Les paragraphes suivants se rapportent à un courant nominal du relais et est dénommé I_n .

6.2 Détermination des erreurs en régime établi relatives à la grandeur caractéristique

6.2.1 Précision de la valeur de réglage (démarrage)

Afin de déterminer la précision de la valeur de réglage (G_S), il convient de faire varier lentement la grandeur caractéristique (amplitude) et de surveiller le fonctionnement de la sortie signal de démarrage de l'élément. Pour une protection à maximum de courant, la grandeur caractéristique doit être augmentée conformément aux critères ci-dessous:

- La valeur initiale de la grandeur caractéristique doit être inférieure à la valeur de réglage d'au moins 2 fois la précision spécifiée de l'élément.
- L'amplitude des échelons en escalier doit être au moins 10 fois inférieure à la précision spécifiée pour l'élément.
- La durée des échelons doit être comprise entre le double de la valeur spécifiée et 5 fois celle-ci.

EXEMPLE

Si la valeur de réglage est de 1 A, la précision de $\pm 10\%$ et temps de démarrage de 20 ms, la valeur initiale est de 0,8 A, la hauteur de l'échelon de 0,01 A avec un temps compris entre 40 ms et 100 ms.

Pour une protection à minimum de courant, la valeur de la grandeur caractéristique doit décroître à partir d'une valeur de réglage initiale supérieure à la valeur de démarrage d'au moins deux fois la précision spécifiée de l'élément. Le fonctionnement en échelon est analogue à celui de la protection à maximum de courant.

Il convient d'utiliser suffisamment de points d'essai pour évaluer la qualité de fonctionnement sur la totalité de la plage de réglage de l'élément, mais, au minimum, les 10 réglages suivants sont suggérés, avec une concentration vers les réglages de démarrage inférieurs où les erreurs sont relativement plus significatives: réglage minimal (ou 0 % de la plage); 0,5 %; 1 %; 2 %; 3 %; 5 %; 10 %; 30 %; 60 %; réglage maximal (ou 100 % de la plage).

Pour un relais à maximum de courant, l'essai en chaque point doit être réitéré au moins 5 fois, afin d'assurer la répétabilité des résultats, avec les valeurs d'erreur maximales et moyennes de tous les essais, celles-ci servant à la déclaration de précision. Des vérifications supplémentaires doivent être effectuées à la valeur de réglage maximale choisie pour s'assurer que le fonctionnement a lieu à une valeur de courant proche de la limite de tenue thermique de courte durée (telle que $100 \times$ le courant assigné) appliquée au relais.