CEI 60397
(Deuxième édition – 1994)

Méthodes d'essai des fours à chargement discontinu à résistances chauffantes métalliques

IEC 60397
(Second edition – 1994)

Test methods for batch furnaces with metallic heating resistors

CORRIGENDUM

Page 10

Correction en anglais seulement

Page 11

Subclause 3.20

Instead of
"(frequency, voltage, temperature)"

read
"(frequency, voltage, temperature ...)"

Page 12

Correction en anglais seulement

Page 13

Subclause 4.1.2

Instead of "switched on" *read* "switched-on"

Page 18

Correction en anglais seulement

Page 19

Subclause 5.4, title

Instead of "thermal steady state t_{tss}"

read "thermal steady state t_{rtp}"

Paragraphe 5.4.1 (deuxième alinéa)

Au lieu de «...intervalles constants:

$\Delta t_1(t_k) = t_o + k \cdot \Delta t_1$ (avec $k = 1, 2, 3...$)»

lire «... intervalles constants Δt_1:

$t_k = t_0 + k \cdot \Delta t_1$ (avec $k = 1, 2, 3...$)»

Au lieu de «... série de valeurs $\{t_k, E_k, \theta_i k\}$»

lire «... série de valeurs $\{t_k, E_k, \theta_{ik}\}$»

Subclause 5.4.1 (second paragraph)

Instead of " ... intervals:

$\Delta t_1(t_k) = t_o + k \cdot \Delta t_1$ (with $k = 1, 2, 3...$)"

read "... intervals Δt_1:

$t_k = t_0 + k \cdot \Delta t_1$ (with $k = 1, 2, 3...$)"

Instead of "... series of values $\{t_k, E_k, \theta_i k\}$"

read "series of values $\{t_k, E_k, \theta_{ik}\}$"

Paragraphe 5.4.2.1, première ligne

Au lieu de «... série relevée $\{t_k, E_k, \theta_i k\}$»

lire «... série relevée $\{t_k, E_k, \theta_{ik}\}$»

Subclause 5.4.2.1, first line

Instead of "Based on the recorded sequence $\{t_k, E_k, \theta_i k\}$"

read "Based on the recorded sequence $\{t_k, E_k, \theta_{ik}\}$"

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Page 20

Paragraphe 5.4.2.1

Equation (3)

Au lieu de « $\theta_{tk} = \frac{1}{7}\sum_{m=0}^{m=6}\theta_{i,k-m}$ »

lire « $\theta_{tk} = \frac{1}{7}\sum_{m=0}^{m=6}\theta_{i,k-m}$, $(k = 6, 7, 8, ...)$»

Au lieu de «la série {Δk}»

lire «la série $\{\Delta_k\}$»

NOTE

Au lieu de «Δk» *lire* «Δ_k»

Equation (5)

Au lieu de « $\theta_{tk} - \theta_{t,k-1} \leq \varepsilon$»

lire « $\theta_{tk} - \theta_{t,k-1} \leq \varepsilon$, $[K]$»

Paragraphe 5.4.2.2

Au lieu de «$2 \leq \varepsilon \leq 5$»

lire «$2 \leq \varepsilon \leq 5$, $[K]$»

Equation (7)

Au lieu de « $\theta_{t=0,5}(\theta_{tk} + \theta_{t,k-1})$»

lire « $\theta_t = 0{,}5(\theta_{tk} + \theta_{t,k-1})$»

Page 22

Paragraphe 5.4.3.1

Equation (11)

Au lieu de

$$\left(\frac{dE}{dt}\right)_{t=t_k} = Dk \cong \frac{3(E_k - E_{k-6}) + 2(E_{k-1} - E_{k-5}) + E_{k-2} + E_{k-4}}{28 \cdot \Delta t_1}$$

lire

$$\left(\frac{dE}{dt}\right)_{t=t_k} = D_k \cong \frac{3(E_k - E_{k-6}) + 2(E_{k-1} - E_{k-5}) + E_{k-2} - E_{k-4}}{28 \cdot \Delta t_1}$$

Page 21

Subclause 5.4.2.1

Equation (3)

Instead of "$\theta_{tk} = \frac{1}{7}\sum_{m=0}^{m=6}\theta_{i,k-m}$"

read "$\theta_{tk} = \frac{1}{7}\sum_{m=0}^{m=6}\theta_{i,k-m}$, $(k = 6, 7, 8, ...)$"

Instead of "the sequence {Δk}"

read "the sequence $\{\Delta_k\}$"

NOTE

Instead of "Δk" *read* "Δ_k"

Equation (5)

Instead of "$\theta_{tk} - \theta_{t,k-1} \leq \varepsilon$"

read "$\theta_{tk} - \theta_{t,k-1} \leq \varepsilon$, $[K]$"

Subclause 5.4.2.2

Instead of "$2 \leq \varepsilon \leq 5$"

read "$2 \leq \varepsilon \leq 5$, $[K]$"

Equation (7)

Instead of "$\theta_{t=0,5}(\theta_{tk} + \theta_{t,k-1})$"

read "$\theta_t = 0{,}5(\theta_{tk} + \theta_{t,k-1})$"

Page 23

Subclause 5.4.3.1

Equation (11)

Instead of

read

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

Page 24

Correction en anglais seulement

Page 25

Subclause 5.4.3.5

Instead of "t_{tss}" *read* "t_{rtp}"

Paragraphe 5.5

Equation (14)

Au lieu de « $\theta_t = \frac{1}{M} \sum_{m-1}^{M} \theta_{im}$ »

lire « $\theta_t = \frac{1}{M} \cdot \sum_{m=1}^{M} \theta_{im}$ »

Subclause 5.5

Equation (14)

Instead of "$\theta_t = \frac{1}{M} \sum_{m-1}^{M} \theta_{im}$"

read "$\theta_t = \frac{1}{M} \cdot \sum_{m=1}^{M} \theta_{im}$"

Equation (15)

Au lieu de

« $\sigma\theta_i = \sqrt{\sum_{m-1}^{M} (\theta_t - \theta_{im})^2 / (M-1)}$ »

lire

« $\sigma\theta_i = \sqrt{\sum_{m=1}^{M} (\theta_t - \theta_{im})^2 / (M-1)}$

Equation (15)

Instead of

"$\sigma\theta_i = \sqrt{\sum_{m-1}^{M} (\theta_t - \theta_{im})^2 / (M-1)}$"

read

"$\sigma\theta_i = \sqrt{\sum_{m=1}^{M} (\theta_t - \theta_{im})^2 / (M-1)}$"

Page 26

Paragraphe 5.5, dernière phrase

Au lieu de «$\Delta\theta-$» *lire* «$\Delta\theta_{i-}$»

Page 27

Subclause 5.5, last sentence

Instead of "$\Delta\theta-$" *read* "$\Delta\theta_{i-}$"

Page 28

Paragraphe 5.9, titre

Au lieu de «Mesure du courant de fuite à la température nominale I_{fn}»

lire «Mesure du courant de fuite I_{fn} à la température nominale»

Page 29

Subclause 5.9, title

Instead of "Measurement of the leakage current at the rated temperature I_{fn}"

read "Measurement of the leakage current I_{fn} at the rated temperature"

Correction en anglais seulement

Subclause 5.10, third paragraph

Instead of "$\theta_{i(t)}$" *read* "$\theta_i(t)$"

Paragraphe 5.10, dernier alinéa de la page

Au lieu de «$y_1(t_n)$» *lire* «$y_1(t_k)$»

Last paragraph on the page

Instead of "$y_1(t_n)$" *read* "$y_1(t_k)$»

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

Page 30

Equation (22)

Au lieu de « $y(t) = \sum_{m-1}^{M} A_m \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_m}\right)$ »

lire « $y(T) = \sum_{m=1}^{M} A_m \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_m}\right)$ »

Au lieu de «... fonctions exponentielles:

$\sum_{m-1}^{M} A_m = 1$»

lire «... fonctions exponentielles:

$\sum_{m=1}^{M} A_m = 1$

Sous l'équation (23), lignes 2 et 3

Au lieu de «$y_1(t_n)$" *lire* «$y_1(t)$»

Deuxième alinéa après l'équation (23)

Au lieu de «... = 0,368. A_1 ...»

lire «... = 0,368·A_1»

Première ligne avant l'équation (24)

Au lieu de «la valeur» *lire* «les valeurs»

Equation (24), deuxième ligne

Au lieu de «$t = 0, t_1, t_2, ..., t_n$)»

lire «$t = 0, t_1, t_2, ...$)»

Dernier alinéa de la page

Au lieu de «... = 0,368. A_2 ...»

lire «... = 0,368·A_2»

Page 32

Avant-dernière ligne

Au lieu de « $\theta_{(tk)}$» *lire* « $\theta(t_k)$ »

Page 31

Equation (22)

Instead of " $y(t) = \sum_{m-1}^{M} A_m \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_m}\right)$"

read " $y(T) = \sum_{m=1}^{M} A_m \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_m}\right)$"

Instead of "... exponential functions:

$\sum_{m-1}^{M} A_m = 1$"

read "... exponential functions:

$\sum_{m=1}^{M} A_m = 1$

Under equation (23), lines 2 and 3

Instead of "$y_1(t_n)$" *read* "$y_1(t)$"

Second paragraph after equation (23)

Instead of "... = 0,368. A_1 ..."

read " .. = 0,368·A_1"

Line before equation (24)

Instead of "the value" *read* "the values"

Equation (24), second line

Instead of "$t = 0, t_1, t_2, ..., t_n$)"

read "$t = 0, t_1, t_2, ...$)"

Last paragraph on the page

Instead of "... = 0,368. A_2 ..."

read "... = 0,368·A_2"

Page 33

Penultimate line

Instead of " $\theta_{(tk)}$" *read* " $\theta(t_k)$ "

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

Page 35

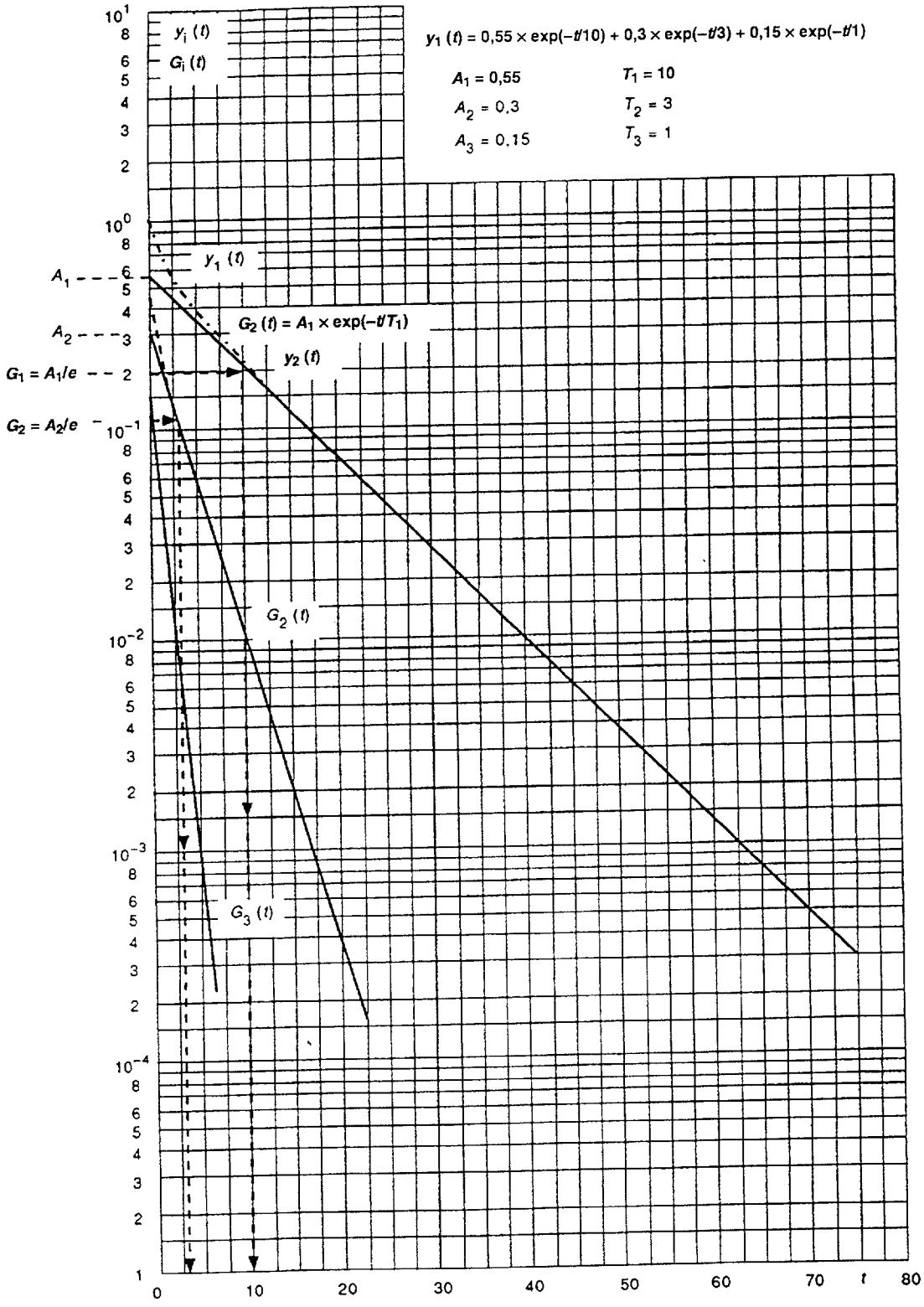
Figure 2

Remplacer la figure 2 existant par le nouvelle figure 2.

Page 35

Figure 2

Replace the existing figure 2 by the following new figure 2.



Juin 1999

June 1999

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

4844891 0575382 988

NORME INTERNATIONALE
INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
397

Deuxième édition
Second edition
1994-12

Méthodes d'essai des fours à chargement discontinu à résistances chauffantes métalliques

Test methods for batch furnaces with metallic heating resistors

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 397: 1994

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
  Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
  Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4844891 0575384 750

NORME INTERNATIONALE
INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
397

Deuxième édition
Second edition
1994-12

Méthodes d'essai des fours à chargement discontinu à résistances chauffantes métalliques

Test methods for batch furnaces with metallic heating resistors

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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

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

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

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE Q

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

4844891 0575385 697

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 4

Articles

1 Domaine d'application et objet 6

2 Références normatives 6

3 Définitions 8

4 Genre et conditions générales des essais 12

5 Méthodes d'essais 14

Figures 34

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4844891 0575386 523

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

Clause

1 Scope and object 7

2 Normative references 7

3 Definitions 9

4 Kind of tests and general test conditions 13

5 Procedure of technical tests and measurements 15

Figures 34

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4844891 0575387 46T

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS À CHARGEMENT DISCONTINU À RÉSISTANCES CHAUFFANTES MÉTALLIQUES

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 397 a été établie par le comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1972 et son complément (1975) dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
27(BC)127	27/161/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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TEST METHODS FOR BATCH FURNACES WITH METALLIC HEATING RESISTORS

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any *divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional* standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 397 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating equipment.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1972 and its supplement (1975), and constitutes a technical revision.

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

DIS	Report on voting
27(CO)127	27/161/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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4844891 0575389 232

MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS À CHARGEMENT DISCONTINU À RÉSISTANCES CHAUFFANTES MÉTALLIQUES

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux fours électriques industriels discontinus à chauffage indirect par résistance, (température nominale comprise entre 400 °C et 1 800 °C), équipés d'un système de réglage automatique de la température, à atmosphère naturelle ou spéciale composée de gaz neutres.

Cette norme s'applique aux fours discontinus à chambre, fours à cloche, fours à élévateur, fours puits, fours à sole mobile et, éventuellement, aux autres réalisations analogues. Ces fours peuvent être à circulation d'air, forcée ou non.

Cette norme concerne les fours à tension du domaine 1 et 2 selon 4.2.2 de la CEI 519-1.

NOTE – *Les fours à atmosphère contrôlée, à vide ou à chargement continu, sont à l'étude.*

La présente norme a pour objet la normalisation des conditions et des méthodes d'essais afin de déterminer les paramètres essentiels et les caractéristiques techniques des fours mentionnés ci-dessus.

Les essais figurant dans la liste donnée dans la présente norme ne sont pas obligatoires; cette liste n'est pas non plus limitative. On peut choisir, selon les besoins, ceux d'entre eux qui sont nécessaires à l'évaluation d'un four.

Au besoin, des essais complémentaires peuvent être effectués, conformément aux normes en vigueur dans les pays intéressés et en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

2 Références normatives

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

CEI 50(841): 1983, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 841: Electrothermie industrielle*

CEI 398: 1972, *Conditions générales d'essai des installations électrothermiques industrielles*

CEI 519-1: 1984, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Première partie: Règles générales*

CEI 519-2: 1992, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 2: Règles particulières pour les installations de chauffage par résistance.*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

TEST METHODS FOR BATCH FURNACES WITH METALLIC HEATING RESISTORS

1 Scope and object

The present International Standard applies to industrial electric batch furnaces with indirect resistance heating (rated temperature in the range from 400 °C to 1 800 °C), provided with an automatic temperature control system, with either a natural atmosphere or a special atmosphere composed of neutral gases.

This standard applies to batch chamber, bell, elevator, shaft, carriage furnaces, or to furnaces of any similar construction. These furnaces may be constructed either with forced air circulation or not.

This standard concerns furnaces of voltage classes 1 and 2 according to 4.2.2 of IEC 519-1.

NOTE – Furnaces with controlled atmosphere or vacuum or continuous furnaces are under consideration.

The object of the present standard is the standardization of test conditions and methods to determine the essential parameters and technical data of the furnaces mentioned above.

This standard does not contain a list of mandatory tests and is not restrictive. According to need, tests necessary for the assessment of a furnace can be chosen at will from those specified in the suggested list.

When needed, supplementary tests can also be made, in compliance with the standards in use in the countries concerned and agreement between manufacturer and user.

2 Normative references

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

IEC 50(841): 1983, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 841: Industrial electroheating*

IEC 398: 1972, *General test conditions for industrial electro-heating equipment*

IEC 519-1: 1984, *Safety in electroheat installations – Part 1: General requirements*

IEC 519-2: 1992, *Safety in electroheat installations – Part 2: Particular requirements for resistance heating equipment*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

Pour les définitions des termes fondamentaux et généraux du domaine de l'électrothermie, le lecteur est invité à se reporter au chapitre 841 de la CEI 50.

NOTE – Dans ce texte, l'expression «installation» (du four) comprend le four lui-même et ses annexes.

3.1. **chambre chauffante du four:** Volume intérieur du four contenant les éléments chauffants (il est limité par la surface interne de l'isolation thermique).

3.2. **chambre de travail du four:** Espace de dimensions déterminées par le constructeur, destiné à recevoir la charge.

NOTE – Au lieu de chambre chauffante ou de travail, on parle aussi d'espace chauffant ou de travail.

3.3. **température du four** θ_i (°C): Valeur instantanée de la température mesurée en un point défini de la chambre de travail du four.

3.4. **température régulée** θ_r (°C): Valeur de la température mesurée par le capteur du système de régulation de température.

3.5. **température requise** θ_o (°C): Valeurs instantanées requises de la température régulée.

3.6. **température de travail du four** θ_t (°C): Valeur moyenne de la température du four en régime thermique permanent (3.21), dans un intervalle de temps déterminé.

3.7. **température nominale du four** θ_n (°C): Valeur maximale de la température de travail du four pour laquelle il est conçu.

3.8. **conditions ambiantes nominales:** Conditions ambiantes (température, pression, humidité de l'air...) pour lesquelles le four est construit.

3.9. **température ambiante** θ_a (°C): Valeur moyenne de la température mesurée dans le local où le four est installé en des points protégés des radiations directes du four.

3.10 **température ambiante de référence** θ_{ar} (°C): Température ambiante à laquelle sont rapportées toutes les données caractéristiques du four. La température ambiante de référence est fixée à 20 °C.

3.11 **puissance de chauffe** P_c (kW): Valeur instantanée de la puissance absorbée par les éléments chauffants du four.

3.12 **puissance de chauffe moyenne** P_{cm} (kW): Valeur moyenne de la puissance de chauffe pendant un intervalle de temps donné.

3.13 **puissance de chauffe nominale** P_{cn} (kW): Valeur nominale de la puissance de chauffe aux conditions nominales.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

For definitions of fundamental or general terms in the field of electroheating, the reader should refer to chapter 841 of IEC 50.

NOTE – In this standard, the expression "installations" (of the furnace) includes the furnace itself and the other components.

3.1 **heating chamber of furnace:** Inner volume of furnace containing the heating elements (it is limited by the inner surface of the thermal insulation).

3.2 **working chamber of furnace:** Space of dimensions determined by the manufacturer, intended for receiving the charge.

NOTE – Instead of heating or working chamber, the expression heating or working space is also used.

3.3 **furnace temperature** θ_i (°C): Instantaneous value of the temperature measured at a defined point of the working chamber of the furnace.

3.4 **controlled temperature** θ_r (°C): Instantaneous value of the temperature measured by the sensor of the temperature control system.

3.5 **preset temperature** θ_o (°C): Instantaneous value of the controlled temperature.

3.6 **working temperature of furnace** θ_t (°C): Mean value of the furnace temperature in thermal steady state (3.21), for a determined time.

3.7 **rated temperature of furnace** θ_n (°C): The highest value of the working temperature of the furnace for which it is designed.

3.8 **rated ambient conditions of the furnace:** Ambient conditions (temperature, pressure, air humidity ...) for which the furnace is designed.

3.9 **ambient temperature** θ_a (°C): Mean value of the temperature measured in the room where the furnace is installed at points protected against the direct radiations of the furnace.

3.10 **reference ambient temperature** θ_{ar} (°C): Ambient temperature to which all furnace characteristic data are referred. The reference ambient temperature is fixed at 20 °C.

3.11 **heating power** P_c (kW): Instantaneous value of the power absorbed by the heating elements of the furnace.

3.12 **mean heating power** P_{cm} (kW): Mean value of the heating power over a given time interval.

3.13 **rated heating power** P_{cn} (kW): Rated value of the heating power in rated conditions.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.14 **puissance de chauffe maximale** P_{cmax} (kW): Valeur maximale de la puissance de chauffe que le four peut absorber dans les conditions normales d'exploitation.

3.15 **puissance du four** P_f (kW): Valeur à un moment donné de la puissance totale absorbée par l'installation.

3.16 **puissance moyenne du four** P_m (kW): Valeur moyenne de la puissance du four dans un intervalle de temps donné.

3.17 **puissance nominale du four** P_n (kW): Valeur nominale de la puissance du four aux conditions normales.

3.18 **puissance installée du four** P_{max} (kW): Valeur maximale de la puissance totale que le four peut absorber dans les conditions normales d'exploitation.

3.19 **puissance à l'enclenchement du four à l'état froid** P_{fo} (kW): Puissance totale absorbée par l'installation à l'enclenchement du four, celui-ci étant à l'état froid (3.26).

NOTE – Cette puissance peut être limitée par un dispositif particulier.

3.20 **caractéristiques nominales**: Ensemble de valeurs des grandeurs physiques déterminées pour lesquelles le four est construit (fréquence, tension, température...).

3.21 **régime thermique permanent du four:** Régime dans lequel la température du four et la puissance de chauffe sont constantes ou oscillent faiblement autour d'une valeur moyenne constante.

3.22 **puissance des pertes à vide du four** P_p (kW): Valeur moyenne de la puissance de chauffe nécessaire pour maintenir le four en régime thermique permanent à une température de travail définie (four vide, fermé et séché), dans des conditions ambiantes données.

3.23 **puissance nominale des pertes à vide du four** P_{pn} (kW): Puissance des pertes à vide du four à la température nominale du four ($\theta_t = \theta_n$) et aux conditions ambiantes nominales.

3.24 **puissance à vide de l'installation** P_o (kW): Valeur moyenne de la puissance de l'installation en régime thermique permanent du four à une température de travail définie dans des conditions ambiantes données.

3.25 **puissance nominale à vide de l'installation** P_{on} (kW): Puissance à vide de l'installation à la température nominale du four ($\theta_t = \theta_n$ = const) et aux conditions ambiantes nominales.

3.26 **état froid du four:** Régime thermique permanent dans lequel la température de l'ensemble des éléments du four est égale à la température ambiante θ_a.

3.27 **temps de mise en température du four** t_p (h): Intervalle de temps entre l'enclenchement du four (fermé, séché, sans charge, à l'état froid) et le moment où la température du four θ_i a atteint la valeur nominale θ_n.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.14 **maximum heating power** P_{cmax} (kW): Maximum value of the heating power the furnace can absorb under normal service.

3.15 **furnace power** P_f (kW): Value at a given moment, of the total power absorbed by the installation.

3.16 **average power of furnace** P_m (kW): Average value of the furnace power over a given time interval.

3.17 **rated power of furnace** P_n (kW): Rated value of furnace power in rated conditions.

3.18 **installed power of furnace** P_{max} (kW): Maximum value of the total power of the furnace in normal conditions of operation.

3.19 **power input of furnace switched on in cold state** P_{fo} (kW): Total power input of furnace at switching in cold state (3.26).

NOTE – This power input can be limited by a special device.

3.20 **rated data:** The set of values of the physical quantities for which the furnace is designed (frequency, voltage, temperature).

3.21 **thermal steady state of furnace:** State in which the furnace temperature and the heating power of the furnace are constant or oscillate feebly around a constant average value.

3.22 **no-load loss power of furnace** P_p (kW): Average value of heating power necessary for the maintenance of the furnace in a thermal steady state at a given working temperature (empty, closed and dried furnace), and in given ambient conditions.

3.23 **rated no-load loss power of furnace** P_{pn} (kW): No-load loss power of the furnace at the rated working temperature of the furnace ($\theta_t = \theta_n$) and in rated ambient conditions.

3.24 **no-load power of installation** P_o (kW): Average value of the power of the installation in a thermal steady state of the furnace at a given working temperature and in given ambient conditions.

3.25 **rated no-load power of installation** P_{on} (kW): No-load power of the installation at rated temperature of the furnace ($\theta_t = \theta_n$ = const) and in rated ambient conditions.

3.26 **cold state of furnace:** Thermal steady state in which the temperature of all the furnace components equals the ambient temperature θ_a.

3.27 **heating-up time of furnace** t_p (h): Time interval between switching-on of the furnace (closed and dried, without charge, in cold state) and the moment when the furnace temperature θ_i reaches its rated value θ_n.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.28 **temps de mise en régime thermique permanent** t_{rtp} (h): Intervalle de temps entre l'enclenchement du four (fermé, séché, sans charge, à l'état froid) et le moment où est atteint le régime thermique permanent à la température nominale.

3.29 **énergie de mise en température** E_n (kWh): Energie totale absorbée par l'installation pendant le temps de mise en température du four (t_p).

3.30 ***chaleur accumulée du four*** E_a (kWh): Quantité de chaleur accumulée dans la masse du four sans charge lorsqu'il a atteint le régime thermique permanent pour la température de travail nominale du four.

4 Genre et conditions générales des essais

4.1 *Liste des essais techniques*

Pour la caractérisation d'une installation électrothermique comportant un four électrique à résistances (du type de ceux mentionnés dans l'article 1), les essais suivants doivent être effectués:

4.1.1 Essai de tenue diélectrique du four à l'état froid (voir 5.1)

4.1.2 Mesure de la puissance à l'enclenchement du four à l'état froid (voir 5.2)

4.1.3 Mesure du temps de mise en température du four (voir 5.3)

4.1.4 Mesure de l'énergie de mise en température (voir 5.3)

4.1.5 Détermination de la puissance nominale des pertes à vide et de la puissance nominale à vide du four (voir 5.4)

4.1.6 Détermination du temps de mise en régime thermique permanent (voir 5.4)

4.1.7 Vérification de la température nominale et de la stabilité de la température du four vide en régime thermique permanent à la température nominale (voir 5.5)

4.1.8 Vérification de la puissance nominale du four et de la puissance de chauffe nominale du four (voir 5.6)

4.1.9 Détermination de la puissance installée du four (voir 5.7)

4.1.10 Mesure de la température à la surface extérieure et aux parties accessibles du four en régime thermique permanent à la température nominale (voir 5.8)

4.1.11 Mesure du courant de fuite à la température nominale (voir 5.9)

4.1.12 Essai de tenue diélectrique du four à la température nominale (voir 5.1)

4.1.13 Détermination de la variation de la température pendant le refroidissement du four à partir de la température nominale (voir 5.10)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.28 **heating-up time to thermal steady state** t_{rtp} (h): Time interval between the switching-on of the furnace (closed and dried furnace, without charge, in cold state) and the moment when the thermal steady state at the rated temperature is reached.

3.29 **heating-up energy** E_n (kWh): Total energy consumed by the installation during the heating-up time of the furnace (t_p).

3.30 **accumulated heat of furnace** E_a (kWh): Heat quantity accumulated in the mass of the furnace without charge when it reaches the thermal steady state at rated working temperature of furnace.

4 Kind of tests and general test conditions

4.1 *List of technical tests*

For the characterization of an electroheating installation comprising an electric resistance furnace (of the type mentioned in clause 1), the following tests shall be carried out:

4.1.1 Dielectric withstand test of the furnace in cold state (see 5.1)

4.1.2 Measurement of the power input of the furnace switched on in cold state (see 5.2)

4.1.3 Measurement of the heating-up time of the furnace (see 5.3)

4.1.4 Measurement of the heating-up energy (see 5.3)

4.1.5 Determination of the rated no-load loss power and the rated no-load power of the furnace (see 5.4).

4.1.6 Determination of the heating-up time to the thermal steady state (see 5.4)

4.1.7 Check of the rated temperature and of the temperature stability of an empty furnace in a thermal steady state at rated temperature (see 5.5)

4.1.8 Measurement of the rated power of a furnace and of a rated heating power of a furnace (see 5.6)

4.1.9 Determination of the installed power of a furnace (see 5.7)

4.1.10 Measurement of the temperature at the outer surface and of accessible parts of the furnace in a thermal steady state at rated temperature (see 5.8)

4.1.11 Measurement of the leakage current at rated temperature (see 5.9)

4.1.12 Dielectric withstand test of a furnace at rated temperature (see 5.1)

4.1.13 Determination of the variation of the temperature during the cooling of the furnace from rated temperature (see 5.10)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4.1.14 Détermination de la chaleur accumulée du four (voir 5.10)

NOTES

1 La mesure de l'uniformité de la température du four et les modalités de mesure peuvent, si nécessaire, faire l'objet d'un accord particulier entre constructeur et utilisateur.

2 En accord entre constructeur et utilisateur, la mesure de l'énergie de mise en température du four vide définie comme «l'énergie consommée» par le four vide, de la mise en service à l'état froid jusqu'à ce que la température de travail soit atteinte, peut être mesurée à la place de la chaleur accumulée.

3 L'ordre dans lequel les essais sont effectués est arbitraire, mais l'ordre proposé ci-dessus permet de réduire considérablement le temps total de leur exécution.

4.2 *Conditions générales d'exécution des essais techniques*

Voir la CEI 398.

4.3 *Conditions particulières des essais techniques*

4.3.1 Les essais techniques prévus en 4.1 doivent être effectués sur un four sans charge, après séchage complet. Ils doivent être réalisés en respectant les consignes de mise en service et d'exploitation de l'installation.

4.3.2 Les circuits de mesure recommandés pour l'exécution des essais techniques prévus en 4.1 sont représentés schématiquement aux figures 1A, 1B et 1C.

Sauf accord particulier entre le constructeur et l'utilisateur, la mesure de la température du four doit s'effectuer à partir des capteurs mis en place sur l'installation.

4.3.3 Lorsque la variation de la résistance des éléments chauffants est importante et pour les fours à montée en température programmée, il est recommandé d'utiliser des appareils de mesure enregistreurs.

4.3.4 Les essais du four contenant une charge doivent être définis d'un commun accord entre le constructeur et l'utilisateur.

5 Méthodes d'essais

NOTE – Les méthodes d'essais ci-après précisent les conditions générales dans lesquelles doivent être réalisés les essais et les mesures; cependant, la procédure d'essais doit tenir compte des conditions particulières définies en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Les valeurs caractéristiques et les paramètres doivent être maintenus constants pendant les essais; sinon, les résultats doivent être corrigés en tenant compte des fluctuations (voir la CEI 398).

5.1 *Essai de tenue diélectrique du four à l'état froid et à la température nominale* θ_n

Les essais doivent être réalisés selon 15.1.1 de la CEI 519-2.

5.2 *Mesure de la puissance à l'enclenchement du four à l'état froid* P_{fo}

Pour cette mesure, on utilisera de préférence le circuit de la figure 1A.

La puissance à l'enclenchement du four à l'état froid P_{fo} doit être mesurée à l'aide d'un ou plusieurs wattmètres, mesurant en même temps la tension d'alimentation (U) et l'intensité

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4.1.14 Determination of the accumulated heat at the rated temperature (see 5.10)

NOTES

1 If necessary, the measurement of the furnace temperature uniformity and the test procedure can be the object of an agreement between manufacturer and user.

2 In agreement between manufacturer and user the no-load energy consumption defined as the electric energy consumed by an empty furnace during its heating from its cold state to its thermal steady state at the working temperature of the furnace can be measured instead of the accumulated heat.

3 The sequence in which the tests are carried out is arbitrary but the sequence suggested above allows for a considerable reduction of their total duration.

4.2 *General test conditions*

See IEC 398.

4.3 *Particular test conditions*

4.3.1 The tests specified in 4.1 shall be carried out on a furnace without charge, well dried. These tests shall be carried out with account taken of the commissioning and operation guides of the installation.

4.3.2 The recommended measuring (test) circuits for carrying out technical tests specified in 4.1 are represented in figures 1A, 1B and 1C.

If not otherwise agreed upon by manufacturer and user, the measurement of the furnace temperature shall be made based on sensors provided on the installation.

4.3.3 When the variation of the resistance of the heaters is considerable as well as for furnaces provided with temperature programmation, it is recommended to use recording measurement instruments.

4.3.4 Tests of the furnace with charge shall be specified in agreement between manufacturer and user.

5 Procedure of technical tests and measurements

NOTE – The following test procedures specify the general conditions in which the tests and measurements shall be carried out; nevertheless, the test procedure shall take into account the particular conditions determined by a common agreement between manufacturer and user.

The characteristic values and the parameters shall be maintained constant during the tests; if not, the results shall be corrected taking into account their fluctuations (see IEC 398)

5.1 *The dielectric withstand tests of a furnace in cold state and at rated temperature* θ_n

The tests shall be carried out in conformity with 15.1.1 of IEC 519-2.

5.2 *The measurement of the input power of the furnace at the switching-on in cold state* P_{fo}

The tests shall preferably be carried out in the circuit represented in figure 1A.

The power of a cold furnace at the moment of its switching-on P_{fo} shall be measured by means of a single or more wattmeters with the simultaneous record of the mains supply

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

du courant (I) de l'installation. A l'enclenchement du four (t = 0), la valeur de la puissance de chauffe doit être égale à la valeur maximale admissible par les consignes d'exploitation à l'état froid du four.

5.2.1 Si l'on utilise le circuit de la figure 1B, la puissance mesurée sera corrigée en ajoutant la puissance nominale du ou des ventilateurs P_v. Si l'on utilise le circuit de la figure 1C, la puissance mesurée sera corrigée en ajoutant la valeur nominale de la puissance du ou des ventilateurs et la puissance des pertes de l'alimentation P_{oAF} (pertes du transformateur ou du régulateur de la tension de l'amplificateur magnétique, des thyristors, etc.).

5.2.2 Pour les fours munis de corps de chauffe à basse inertie thermique et constitués d'un matériau dont la résistance varie de façon significative avec la température (par exemple le molybdène, le tungstène, le disiliciure de molybdène, etc.), la puissance de chauffe du four peut chuter considérablement en quelques secondes après l'enclenchement.

Compte tenu de l'inertie du circuit de mesure, on retient conventionnellement comme valeur de la puissance P_{fo}, la valeur maximale $P_f = P_{fm}$ mesurée à l'instant t_m.

Cependant, la valeur retenue P_{fm} peut être très différente de la valeur réelle P_{fo}.

5.2.3 Lorsque la tension d'essai U diffère de la tension nominale U_n, on calculera la puissance P_{fo} en utilisant la formule:

$$P_{fo} = P'_{fo} \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 \qquad (1)$$

où P'_{fo} représente la puissance du four à l'état froid mesurée sous la tension U.

Cette correction (1) ne s'applique qu'aux installations dans lesquelles il n'existe aucune limitation effective du courant.

5.2.4 Le compte rendu des mesures doit préciser les valeurs de: U, I, P_{fo}, P'_{fo} et t_m.

5.3 *Mesure du temps de mise en température t_p et de l'énergie de mise en température E_n*

5.3.1 Pour la mesure de l'énergie E_n on recommande d'utiliser le circuit de la figure 1A.

Les consignes des régulateurs de la température θ_o doivent être ajustées pour que la température de travail du four θ_t soit comprise entre θ_n et $\theta_n + \Delta\theta$.

NOTE – $\Delta\theta$ est une valeur choisie arbitrairement. Il convient qu'elle soit assez faible (de l'ordre de 20 K à 25 K).

L'intervalle de temps qui s'écoule entre l'enclenchement du four à l'état froid ($\theta_i = \theta_a$) et le moment $t = t_p$ où la température du four θ_i atteint la valeur nominale θ_n doit être mesuré. La montée en température du four doit être aussi rapide que possible.

Durant la mise en température, on doit mesurer à intervalles réguliers Δt la température du four θ_i, la puissance du four P_f (ou la puissance de chauffe P_c), le courant I, l'énergie

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

voltage (U) and the current intensity (I) of the installation. On switching-on (t = 0), the value of the heating power shall be at its maximum value admitted by the operation guide for the cold state of the furnace.

5.2.1 In the case of the use of the test circuit of figure 1B, the power measured shall be corrected by adding the rated power value of the fan (fans) P_v. In the case of use of the test circuit of figure 1C, the measured power shall be corrected by adding the rated power of the fan (fans) and the loss power of supply P_{oAF} (losses in the transformer or voltage regulator, in the magnetic amplifier or thyristor supply unit, etc.).

5.2.2 For furnaces provided with heaters of a small thermal inertia, made of a material the resistivity of which varies significantly with temperature (e.g. molybdenum, tungsten, molybdenum disilicide, etc), the heating power of a furnace supplied at a constant voltage may fall considerably in a few seconds after switching-on.

Taking into account the inertia of the measurement circuit, the maximum value $P_f = P_{fm}$ measured at the moment t_m is adopted conventionally as the value P_{fo}.

However, the recorded value P_{fm} may differ considerably from the actual value P_{fo}.

5.2.3 When the test voltage U differs from the rated value U_n, the value of the power P_{fo} shall be calculated from the formula:

$$P_{fo} = P'_{f0}\left(\frac{U_n}{U}\right)^2 \qquad (1)$$

where P'_{fo} represents the furnace power in cold state measured at the voltage U.

This correction (1) applies only to installations in which no efficient current limitation exists.

5.2.4 The test report shall state the values: U, I, P_{fo}, P'_{fo} and t_m.

5.3 *Measurement of the heating-up time t_p and the heating-up energy E_n*

5.3.1 For measuring the heating-up energy E_n, the measurement circuit according to figure 1A, is recommended.

The settings of the regulators of the temperature θ_o shall be adjusted to assure that the working temperature of the furnace θ_t be comprised between θ_n and $\theta_n + \Delta\theta$.

NOTE – $\Delta\theta$ is an arbitrary chosen value that shall be rather small (of the order of 20 K to 25 K).

The time interval between the moment of switching-on the furnace in cold state ($\theta_i = \theta_a$) and the moment $t = t_p$ when the furnace temperature θ_i reaches the rated value θ_n shall be measured. The temperature rise of the furnace shall be as rapid as possible.

During the heating-up period, the furnace temperature θ_i, the furnace power P_f (or the heating power P_c), the current I, the energy input $E(t)$ as well as the mains supply voltage

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

absorbée $E(t)$ ainsi que la tension du réseau d'alimentation U. Les intervalles Δt ne doivent pas dépasser 5 % du temps de mise en température spécifié par le constructeur. Pour les fours munis d'un système de régulation par saut de la tension d'alimentation des corps de chauffe, les mesures de puissance et de courant doivent être effectuées immédiatement après chaque modification de la valeur de la tension.

A l'instant $t = t_p$ on doit déterminer la valeur de l'énergie de mise en température E_n.

5.3.2 Lorsqu'il y a plusieurs capteurs de température dans le four, la fin de mise en température correspondant à l'instant t_p où tous les capteurs atteignent la température nominale.

5.3.3 Si l'énergie E_n est mesurée selon les schémas des figures 1B ou 1C, on corrigera sa valeur en ajoutant l'énergie absorbée par les ventilateurs pendant le temps t_p (énergie calculée à partir de la puissance nominale des ventilateurs).

5.3.4 Dans le compte rendu de mesures, un tableau regroupera tous les résultats.

5.4 *Détermination de la puissance nominale à vide P_{on}, de la puissance nominale des pertes à vide P_{pn} et du temps de mise en régime thermique permanent t_{rtp}*

5.4.1 Les mesures doivent être effectuées selon le schéma de la figure 1A.

Le four, après avoir atteint à l'instant t_p sa température nominale ($\theta_i = \theta_n$) doit être maintenu à une valeur fixe de la température θ_o telle que:

$$\theta_n \leq \theta_o \leq \theta_n + \Delta\theta \ (\Delta\theta \text{ défini en } 5.3)$$

jusqu'à un instant $t_o \geq t_p + 0{,}5$ h.

Au temps t_o on déterminera la valeur E_o de l'énergie absorbée depuis le début de l'essai, et on relève la valeur correspondante de $\theta_{io} = \theta_i\ (t_o)$. On détermine ensuite aux temps t_k les énergies $E_k = E(t_k)$ et on relève les températures $\theta_{ik} = \theta_i(t_k)$ à des intervalles constants:

$$\Delta t_1\ (t_k) = t_o + k\ .\ \Delta t_1 \text{ (avec } k = 1, 2, 3...)$$

Ces mesures permettent d'établir les courbes $E(t)$ et $\theta_i(t)$, à partir de la série de valeurs $\{t_k, E_k, \theta_i k\}$ où $k = 0, 1, 2...$

Ces résultats consignés dans un compte rendu d'essais seront exploités selon une des méthodes développées ci-dessous, en fonction des moyens disponibles et de l'objectif recherché.

La valeur Δt_1 ne doit pas être inférieure à 0,5 h. Les mesures sont répétées jusqu'à ce que le régime thermique permanent soit atteint (voir ci-dessous les critères d'état stationnaires).

5.4.2 *Méthode 1*

5.4.2.1 A partir de la série relevée $\{t_k, E_k, \theta_i k\}$, on détermine par calcul la série des

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

U, shall be measured at regular intervals Δt. These time intervals Δt should not exceed 5 % of the heating-up time specified by the manufacturer. In the case of furnaces provided with a stepwise regulation system of the voltage across heaters the measurements of the power and of the current shall be made immediately after each change of the voltage value.

At the moment $t = t_p$, the value of the heating-up energy E_n shall be determined.

5.3.2 If there are several temperature sensors, the end of the heating-up time corresponds to the moment t_p when all the sensors reach the rated temperature.

5.3.3 If the energy E_n is measured in the circuit represented in figures 1B or 1C, its value shall be raised by adding the energy consumed during the time t_p by fans (energy calculated from the rated input of the fans).

5.3.4 The test report shall give a table listing all the results gained.

5.4 *Determination of the rated no-load power P_{on}, or the rated no-load loss P_{pn} and of the heating-up time to the thermal steady state t_{tss}*

5.4.1 The measurements shall be carried out in the circuit according to figure A1.

The furnace having reached its rated temperature ($\theta_i = \theta_n$) at the moment t_p shall be maintained at constant temperature θ_o defined by:

$$\theta_n \leq \theta_o \leq \theta_n + \Delta\theta \ (\Delta\theta \text{ defined in 5.3})$$

until the moment $t_o \geq t_p + 0{,}5$ h.

At the time t_o the value E_o of energy absorbed since the moment the test has started, shall be determined and the corresponding value $\theta_{io} = \theta_i\ (t_o)$ shall be recorded. Next, at the time t_k the energy values $E_k = E(t_k)$ are determined, and the temperature $\theta_{ik} = \theta_i(t_k)$ shall be recorded at constant time intervals:

$$\Delta t_1\ (t_k) = t_o + k\ .\ \Delta t_1 \ (\text{with } k = 1, 2, 3...)$$

These measurements allow for plotting the curves $E(t)$ and $\theta_i(t)$, based on the series of values $\{t_k, E_k, \theta_i k\}$ where $k = 0, 1, 2...$

The results listed in the test report shall be processed according to one of the methods developed below, depending on the available facilities and the object sought.

The value Δt_1 shall not be less than 0,5 h. The measurements are repeated until the thermal steady state is reached (see below for the criteria of the stationary state).

5.4.2 *Method 1*

5.4.2.1 Based on the recorded sequence $\{t_k, E_k, \theta_i k\}$, the sequence of average values of

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

valeurs moyennes de la puissance du four $\{P_{mk}\}$ et la série des températures de travail $\{\theta_{tk}\}$:

$$P_{mk} = \frac{E_k - E_{k-3}}{3 \cdot \Delta t_1} \quad (k = 3, 4, 5, \ldots) \tag{2}$$

$$\theta_{tk} = \frac{1}{7} \sum_{m=0}^{m=6} \theta_{i,k-m} \tag{3}$$

et on détermine la série $\{\Delta k\}$:

$$\Delta_k = \frac{P_{mk} - P_{m,k-1}}{P_{mk}} \tag{4}$$

NOTE – Δk peut être positif ou négatif compte tenu des matériaux des résistances.

Les mesures et les calculs seront poursuivis jusqu'au moment où les inégalités suivantes (adoptées conventionnellement comme critères définissant le régime thermique permanent) sont remplies:

$$-0{,}01 \leq \Delta_{k-1} \leq 0{,}03$$

$$-0{,}01 \leq \Delta_k \leq 0{,}03 \tag{5}$$

$$\theta_{tk} - \theta_{t,k-1} \leq \varepsilon$$

NOTE – D'autres valeurs peuvent être retenues suivant accord entre constructeur et utilisateur.

5.4.2.2 La valeur ε dépend du type et de l'utilisation du four ainsi que du système de régulation de la température; elle doit être choisie en accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Pour les fours industriels, on recommande les valeurs:

$$2 \leq \varepsilon \leq 5$$

NOTE – D'autres valeurs peuvent être retenues suivant accord entre constructeur et utilisateur.

5.4.2.3 Pour la puissance à vide du four P_o on retient la valeur de la moyenne arithmétique des trois derniers termes de la série $\{P_{mk}\}$:

$$P_o = \frac{P_{mk} + P_{m,k-1} + P_{m,k-2}}{3} \tag{6}$$

Cette valeur correspond à la température de travail du four θ_t déterminée par:

$$\theta_{t=0,5} (\theta_{tk} + \theta_{t.k-1}) \tag{7}$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

the furnace power $\{P_{mk}\}$ and the sequence of working temperature $\{\theta_{tk}\}$ are determined from:

$$P_{mk} = \frac{E_k - E_{k-3}}{3 \cdot \Delta t_1} \quad (k = 3, 4, 5, \ldots) \tag{2}$$

$$\theta_{tk} = \frac{1}{7} \sum_{m=0}^{m=6} \theta_{i,k-m} \tag{3}$$

and the sequence $\{\Delta k\}$ is determined from:

$$\Delta_k = \frac{P_{mk} - P_{m,k-1}}{P_{mk}} \tag{4}$$

NOTE – Δk can be positive or negative according to the material the resistances are made of.

The measurements and calculations shall be continued until the moment when the following inequalities (conventionally adopted as the criterion defining the thermal steady state) are accomplished:

$$-0{,}01 \leq \Delta_{k-1} \leq 0{,}03$$

$$-0{,}01 \leq \Delta_k \leq 0{,}03 \tag{5}$$

$$\theta_{tk} - \theta_{t,k-1} \leq \varepsilon$$

NOTE – Other values can be considered according to agreement between manufacturer and user.

5.4.2.2 The value ε depends on the type of the furnace and its utilization as well as on the temperature control system; it is to be chosen in agreement between manufacturer and user.

For the industrial furnaces, the values are recommended:

$$2 \leq \varepsilon \leq 5$$

NOTE – Other values can be considered according to agreement between manufacturer and user.

5.4.2.3 The arithmetic mean value of the last three terms of sequence $\{P_{mk}\}$ is adopted as the no-load power of the furnace P_o:

$$P_o = \frac{P_{mk} + P_{m,k-1} + P_{m,k-2}}{3} \tag{6}$$

The value corresponds to the furnace working temperature θ_t determined by:

$$\theta_{t=0,5} (\theta_{tk} + \theta_{t,k-1}) \tag{7}$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

5.4.2.4 La puissance nominale à vide du four P_{on} est déterminée par:

$$P_{on} = P_o \frac{\theta_n - 20}{\theta_t - \theta_a} \quad (8)$$

où

P_o est la puissance à vide déterminée selon (6);

θ_t est la température de travail selon (7);

θ_a est la température ambiante moyenne lors des mesures.

5.4.2.5 La puissance nominale des pertes à vide P_{pn} est calculée en retranchant la puissance moyenne des ventilateurs:

$$P_{pn} = P_{on} - P_v \quad (9)$$

où P_v est la puissance active nominale des ventilateurs.

5.4.2.6 Le temps de mise en régime thermique permanent t_{rtp} est l'intervalle de temps écoulé entre l'enclenchement du four et l'instant t_k où les conditions (5) sont remplies lors de la détermination de la puissance à vide P_o.

5.4.2.7 Si la puissance de chauffe du four varie considérablement mais à une fréquence d'oscillation assez basse, il peut arriver que les conditions (5) ne soient jamais remplies. Dans de tels cas, il est recommandé de déterminer la série $\{P_{mk}\}$ pour des intervalles supérieurs à $3\,\Delta t_1$:

$$P_{mk} = \frac{E_k - E_{k-n}}{n \cdot \Delta t_1} \quad (10)$$

où $n > 3$

et d'augmenter le nombre de mesures de θ_i à partir desquelles la température de travail θ_{tk} est déterminée.

5.4.3 *Méthode 2*

5.4.3.1 A partir de la série relevée $\{t_k, E_k, \theta_{ik}\}$, on détermine par calcul la série $\{D_k\}$ dont les termes sont les dérivées approximatives de la fonction $E(t)$:

$$\left(\frac{dE}{dt}\right)_{t = t_k} = Dk \equiv \frac{3(E_k - E_{k-6}) + 2(E_{k-1} - E_{k-5}) + E_{k-2} + E_{k-4}}{28 \cdot \Delta t_1} \quad (11)$$

La relation déduite par la méthode de régression linéaire fournit la valeur la plus probable de la puissance moyenne $\{P_{mk}\}$ dans l'intervalle:

$$\Delta t = 6 \cdot \Delta t_1 = t_k - t_{k-6}$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

5.4.2.4 The rated no-load power of the furnace P_{on} is determined by:

$$P_{on} = P_o \frac{\theta_n - 20}{\theta_t - \theta_a} \quad (8)$$

where

P_o is the no-load power determined from (6);

θ_t is the working temperature from (7);

θ_a is the average ambient temperature during tests.

5.4.2.5 The rated no-load loss power P_{pn} is calculated by subtracting the average power of fans:

$$P_{pn} = P_{on} - P_v \quad (9)$$

where P_v is the rated active power of fans.

5.4.2.6 The time of heating-up to the thermal steady state t_{tss} is the time interval elapsed between the switching-on of the furnace and the moment t_k at which the conditions (5) are met when determining the no-load power P_o.

5.4.2.7 If the heating power of the furnace varies considerably but at a rather low frequency, it is possible that the conditions (5) shall never be met. In this case, it is recommended to determine the sequence $\{P_{mk}\}$ at intervals longer than 3 Δt_1:

$$P_{mk} = \frac{E_k - E_{k-n}}{n \cdot \Delta t_1} \quad (10)$$

where $n > 3$

and increase the number of measurements of θ_i from which the working temperature θ_{tk} is determined.

5.4.3 *Method 2*

5.4.3.1 Based on the recorded sequence $\{t_k, E_k, \theta_{ik}\}$, the sequence $\{D_k\}$ the terms of which are approximate derivatives of the function $E(t)$ is determined by calculation from:

$$\left(\frac{dE}{dt}\right)_{t = t_k} = Dk \equiv \frac{3(E_k - E_{k-6}) + 2(E_{k-1} - E_{k-5}) + E_{k-2} + E_{k-4}}{28 \cdot \Delta t_1} \quad (11)$$

This relation, derived by the linear regression method, gives the most probable mean value $\{P_{mk}\}$ in the interval:

$$\Delta t = 6 \quad \Delta t_1 = t_k - t_{k-6}$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

De plus, on déterminera la série des températures de travail $\{\theta_{tk}\}$ selon (3) et la série $\{\Delta_k\}$ par:

$$\Delta_k = \frac{D_k - D_{k-1}}{D_k} \qquad (12)$$

Les mesures seront poursuivies jusqu'à l'instant où les critères du régime thermique permanent (5) sont remplis.

5.4.3.2 Comme puissance à vide du four P_o on retient la valeur de la moyenne arithmétique:

$$P_o = \frac{D_k + D_{k-1} + D_{k-2}}{3} \qquad (13)$$

5.4.3.3 La valeur θ_t est calculée à partir de (7), P_{on} à partir de (8), P_{pn} à partir de (9) et la valeur t_{rtp} est déterminée comme dans la méthode 1.

5.4.3.4 La méthode 2 demande un peu plus de calculs que la méthode 1. Cependant elle est en général moins sensible aux fluctuations de la puissance de chauffe du four (voir aussi 5.4.2.7) et fournit des résultats précis.

5.4.3.5 Le compte rendu des essais doit comprendre un tableau des résultats de mesures (t_k, E_k, θ_{ik}), préciser les valeurs θ_o, θ_t, θ_a, P_o, P_{on}, P_{pn}, et t_{rtp} et indiquer la méthode de calcul (1 ou 2) utilisée.

5.5 *Vérification de la température nominale θ_n et de la stabilité de la température du four à vide en régime thermique permanent à la température nominale*

Ces mesures doivent être effectuées à la suite des mesures définies en 5.4.

Pendant la période Δt ($\Delta t \geq 1$ h) on doit enregistrer la température du four $\theta_{im} = \theta_{i(tm)}$ à intervalles réguliers Δt_1 ne dépassant pas 60 s ($\Delta t_1 \leq 60$ s) puis:

a) on calcule la température de travail du four θ_t à partir de la relation:

$$\theta_t = \frac{1}{M} \sum_{m-1}^{M} \theta_{im} \qquad (14)$$

où M est le nombre de mesures;

b) on calcule l'écart type de la température $\sigma\theta_i$ à partir de:

$$\sigma\theta_i = \sqrt{\sum_{m-1}^{M} (\theta_t - \theta_{im})^2 / (M - 1)} \qquad (15)$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Moreover, the sequence of working temperatures $\{\theta_{tk}\}$ shall be determined from (3) and the sequence $\{\Delta_k\}$ from:

$$\Delta_k = \frac{D_k - D_{k-1}}{D_k} \qquad (12)$$

The measurement shall be continued until criteria of the thermal steady state (5) are met.

5.4.3.2 The following arithmetic mean value is adopted as the no-load power of the furnace P_o:

$$P_o = \frac{D_k + D_{k-1} + D_{k-2}}{3} \qquad (13)$$

5.4.3.3 The value θ_t is calculated from (7), P_{on} from (8), P_{pn} from (9) and the value t_{tss} is determined as in method 1.

5.4.3.4 Method 2 necessitates some more calculation than method 1. However, it is generally less sensitive to the fluctuation of the furnace heating power (see also 5.4.2.7) and gives more precise results.

5.4.3.5 The test report shall include a table of measurement results (t_k, E_k, θ_{ik}), define specifically θ_o, θ_t, θ_a, P_o, P_{on}, P_{pn} and t_{tss} and specify the calculation method used (1 or 2).

5.5 *The checking of the rated temperature θ_n and of the temperature stability of the empty furnace in its thermal steady state at the rated temperature*

These measurements shall follow the tests in 5.4.

During a period Δt ($\Delta t \geq 1$ h), the furnace temperature $\theta_{im} = \theta_{i(tm)}$ shall be recorded at regular intervals Δt_1 not exceeding 60 s ($\Delta t_1 \leq 60$ s) and then:

a) the working furnace temperature θ_t shall be determined from the relation:

$$\theta_t = \frac{1}{M} \sum_{m-1}^{M} \theta_{im} \qquad (14)$$

where M is the number of measurements;

b) the standard deviation of the temperature $\sigma\theta_i$ shall be determined from the following expression:

$$\sigma\theta_i = \sqrt{\sum_{m-1}^{M} (\theta_t - \theta_{im})^2 / (M - 1)} \qquad (15)$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4844891 0575409 950

c) on détermine les écarts maximaux (positifs et négatifs) de la température θ_i par rapport à θ_t, observés pendant le temps Δt:

$$\Delta\theta_{i+} = \theta_{imax} - \theta_t$$
$$\Delta\theta_{i-} = \theta_{imin} - \theta_t \qquad (16)$$

où θ_{imax}, θ_{imin} sont respectivement les valeurs maximales et minimales de la température θ_i mesurées pendant le temps Δt.

Le compte rendu des mesures précisera: θ_o, θ_t, $\sigma\theta_i$, $\Delta\theta_{i+}$, $\Delta\theta-$.

5.6 *Mesure de la puissance nominale du four P_n et de la puissance de chauffe nominale P_{cn}*

5.6.1 Cette mesure est effectuée selon le schéma de la figure 1A sur un four en régime thermique permanent, à la température de travail θ_t remplissant la condition:

$$\theta_n \leq \theta_t \leq \theta_n + \Delta\theta \qquad (17)$$

($\Delta\theta$ *défini en* 5.3).

Pour effectuer cette mesure on doit appeler la puissance de chauffe maximale admissible à la température θ_n puis on reviendra aux réglages et consignes nominaux.

La durée de la mesure ne dépassera pas 15 s à 20 s et pour P_n on retiendra la valeur maximale de la puissance absorbée.

La valeur P_{cn} doit être calculée en retranchant la puissance des ventilateurs.

NOTE – Pour cet essai, il y a lieu de s'assurer que le dispositif de régulation ne modifie pas la puissance appelée au cours de la mesure.

5.6.2 Lorsque la tension d'essai U diffère de la tension nominale U_n, on effectue la correction suivante:

$$P_n = P'_n \left(\frac{U_n}{U}\right)^2 \qquad (18)$$

où P'_n est la valeur de la puissance de l'installation mesurée sous la tension U.

5.6.3 Le compte rendu des mesures précisera: U, P_n, P'_n, P_{cn} et θ_t.

5.7 *Détermination de la puissance installée du four P_{max}*

La puissance installée est déterminée à partir des mesures définies en 5.2, 5.3 et 5.6. Elle est égale à la valeur maximale de la puissance du four déterminée lors de ces mesures.

5.8 *Mesure de la température de la surface extérieure et des parties accessibles du four en régime thermique permanent à la température nominale*

Ces mesures doivent être effectuées sur le four en régime thermique permanent à la température nominale.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

c) the maximum (positive and negative) deviations of the temperature θ_i with reference θ_t recorded over the period Δt shall be determined:

$$\Delta\theta_{i+} = \theta_{imax} - \theta_t$$
$$\Delta\theta_{i-} = \theta_{imin} - \theta_t \qquad (16)$$

where θ_{imax}, θ_{imin} are, respectively, the maximum and the minimum values of the temperature θ_i recorded over the period Δt.

The test report shall give the values: θ_o, θ_t, $\sigma\theta_i$, $\Delta\theta_{i+}$, $\Delta\theta-$.

5.6 *Measurement of the rated furnace power P_n and of the rated heating power P_{cn}*

5.6.1 The test shall be carried out in the test circuit according to figure 1A on a furnace in thermal steady state at the working temperature θ_t meeting the condition:

$$\theta_n \leq \theta_t \leq \theta_n + \Delta\theta \qquad (17)$$

($\Delta\theta$ defined in 5.3).

In order to carry out this test, the maximum heating power admissible at the temperature θ_n shall be input, and, next, the rated settings shall be restored.

The duration of the measurement shall not exceed 15 s to 20 s and the maximum value of the power consumed shall be adopted as P_n.

The value P_{cn} shall be determined by subtracting the power of fans.

NOTE – For the test, care should be taken that the control device does not modify the input power during the test.

5.6.2 If test voltage U differs from the rated voltage U_n, the following correction shall be made:

$$P_n = P'_n \left(\frac{U_n}{U}\right)^2 \qquad (18)$$

where P'_n is the value of the power input to the installation measured at the voltage U.

5.6.3 The test report shall specify: U, P_n, P'_n, P_{cn} and θ_t.

5.7 *Determination of the installed power of the furnace P_{max}*

The installed power is determined from the measurements specified in 5.2, 5.3. and 5.6. It equals the maximum value of furnace power recorded during the latter tests.

5.8 *Measurement of the temperature at the outer surface and of accessible parts of the furnace in the thermal steady state at the rated temperature*

These measurements shall be carried out on the furnace in thermal steady state at rated temperature.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La température doit être mesurée sur toutes les parties que le personnel est amené à toucher ou à manoeuvrer en exploitation normale et sur chaque paroi au moins en trois points (ces points seront choisis comme étant ceux où l'on est susceptible d'avoir la température la plus élevée et la plus basse).

Le compte rendu des mesures précisera la température de travail du four θ_t et la température ambiante θ_a, et donnera dans un tableau les autres températures mesurées lors de l'essai.

5.9 *Mesure du courant de fuite à la température nominale I_{fn}*

Voir CEI 519-2 et CEI 398.

5.10 *Détermination de la courbe de refroidissement du four, de sa température nominale θ_n et de la chaleur accumulée E_{an} (méthode Beuken)*

La détermination de la courbe de refroidissement du four doit être effectuée avec le capteur de température utilisé pour mesurer θ_i.

Pour déterminer la valeur E_{an}, on recommande la méthode indirecte, connue sous le nom de méthode Beuken 1. Voir par exemple, figure 2 qui consiste à enregistrer la courbe du refroidissement naturel du four depuis sa température nominale.

La courbe de refroidissement θ_i (t) doit être déterminée à partir du régime thermique à la température nominale ($\theta_i = \theta_n$).

On commencera les mesures à la coupure de la puissance de chauffe du four ($t = 0$).

NOTE – Si le four est pourvu de ventilateurs qui sont enclenchés en régime thermique permanent, ils resteront enclenchés pendant tout le processus de refroidissement.

Pendant les 10 premières minutes, on enregistrera la température du four $\theta_{ik} = \theta_i(t_k)$, (avec k = 0, 1, 2,... 7) à des intervalles réguliers Δt_1 ($\Delta t_1 \leq 60$ s). Ensuite, les intervalles d'échantillonnage Δt_1 peuvent être augmentés et maintenus jusqu'au moment $t_k = t_{k1}$ où l'inégalité suivante est vérifiée:

$$\frac{\theta_i (t_{k1}) - \theta_a}{\theta_{io} - \theta_a} \leq 0{,}5 \qquad (19)$$

Ensuite, on choisira une nouvelle valeur de Δt_1 telle que:

$$\left.\begin{aligned} \Delta t_1 &\leq t_{k1} / 2 \\ \Delta t_1 &\leq 3\,600 \text{ s} \end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

L'enregistrement de θ_i (t_k) doit se poursuivre jusqu'au moment t_f permettant de déterminer la plus grande constante de temps du four.

A partir de la série de nombres $\{t_k, \theta_{ik}\}$ (k = 0, 1, 2, ..., f), on calculera les valeurs de la fonction normalisée y_1 (t_n):

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The temperature shall be measured on all parts the personnel is liable to touch or handle in normal service, and on every wall at least at three points (these points shall be selected as those at which the highest and lowest temperatures are liable to occur).

The test report shall specify in detail the furnace working temperature θ_t, the ambient temperature θ_a, and will give a table of other temperatures measured during the test.

5.9 *Measurement of the leakage current at the rated temperature* I_{fn}

See IEC 519-2 and IEC 398.

5.10 *Determination of the cooling curve of the furnace from its rated temperature* θ_n *and the accumulated heat* E_{an} *(Beuken method)*

The determination of the cooling curve of the furnace shall be carried out with the use of the temperature sensor applied for measuring θ_i.

For the determination of the value E_{an}, the indirect method, known as Beuken's method 1 (see for example figure 2), is recommended. It consists in the recording of the natural cooling curve of the furnace from its rated temperature.

The cooling curve $\theta_{i(t)}$ shall be recorded from the thermal steady state at rated temperature ($\theta_i = \theta_n$).

The measurements will be started at the moment the heating power is switched off ($t = 0$).

NOTE – If the furnace is provided with fans that remain switched on in thermal steady state, they will be kept switched on during the cooling process.

During the first 10 min, the furnace temperature $\theta_{ik} = \theta_i\ (t_k)$, with $k = 0, 1, 2, \ldots 7$, shall be recorded at regular intervals Δt_1 ($\Delta t_1 \leq 60$ s). Next, the sampling intervals Δt_1 may be increased and will be maintained up to the moment $t_k = t_{k1}$ when the following inequality is met:

$$\frac{\theta_i\ (t_{k1}) - \theta_a}{\theta_{io} - \theta_a} \leq 0{,}5 \qquad (19)$$

Then another value Δt_1 shall be selected so that:

$$\left.\begin{aligned} \Delta t_1 &\leq t_{k1} / 2 \\ \Delta t_1 &\leq 3\ 600 \text{ s} \end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

The record of $\theta_i\ (t_k)$ shall be continued until the moment t_f, allowing for the determination of the maximum time constant of the furnace.

Based on the sequence of figures $\{t_k, \theta_{ik}\}$ ($k = 0, 1, 2, \ldots, f$), the values of the standard function $y_1\ (t_n)$ shall be determined from:

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

$$y_1(t_k) = \frac{\theta_i(t_k) - \theta_a}{\theta_{io} - \theta_a} \quad (21)$$

On déterminera les paramètres de la fonction exponentielle $y(t)$ qui donne une approximation de la fonction $y_1(t)$. La fonction $y(t)$ est de la forme:

$$y(t) = \sum_{m-1}^{M} A_m \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_m}\right) \quad (22)$$

où

T_m sont les constantes de temps de la fonction exponentielle ($T_1 > T_2 > T_3 \ldots$);

A_m sont les coefficients des fonctions exponentielles:

$$\sum_{m-1}^{M} A_m = 1$$

NOTE – On admet que la fonction $y(t)$ ne comprend pas plus de trois termes ($M \leq 3$).

En assimilant le four à un système thermique linéaire, la chaleur accumulée E_{an} est donnée par:

$$E_{an} = P_{pn} \cdot \sum_{m-1}^{M} T_m \quad (23)$$

Pour déterminer les paramètres T_m et A_m de la fonction $y(t)$, on tracera le diagramme de la fonction $y_1(t_n)$ en échelle semi-logarithmique (l'axe du temps étant linéaire), puis la droite $G_1(t)$ qui donne une approximation de la partie finale de la fonction $y_1(t_n)$. (Voir figure 2).

Le point d'intersection de la droite G_1 extrapolée jusqu'à l'axe des ordonnées ($t = 0$) détermine la valeur A_1. L'abscisse t_1 pour laquelle la droite $G_1(t)$ atteint la valeur $G_1(t) = A_1/e = 0{,}368$. A_1 correspond à la constante de temps T_1 ($T_1 = t_1$).

On déterminera ensuite la valeur de la fonction $y_2(t)$ à partir de la relation:

$$y_2(t) = y_1(t) - G_1(t) = y_1(t) - A_1 \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right) \quad (24)$$

$$(t = 0, t_1, t_2, \ldots, t_n)$$

Comme précédemment, on retracera la courbe $y_2(t)$ en échelle semi-logarithmique et la droite $G_2(t)$ qui donne une approximation de la partie finale de la fonction $y_2(t)$.

Le point d'insertion de $G_2(t)$ avec l'axe $t = 0$ détermine la valeur A_2 tandis que l'abscisse t_2 où la droite $G_2(t) = A_2/e = 0.368$. A_2 correspond à la constante de temps T_2($T_2 = t_2$).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

$$y_1(t_k) = \frac{\theta_i(t_k) - \theta_a}{\theta_{io} - \theta_a} \quad (21)$$

The parameters of the exponential function $y(t)$, giving an approximation of the function $y_1(t)$, shall be determined. The function $y(t)$ has the form:

$$y(t) = \sum_{m-1}^{M} A_m \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_m}\right) \quad (22)$$

where

T_m are the time constants of the exponential function ($T_1 > T_2 > T_3 \ldots$);

A_m are the coefficients of the exponential functions:

$$\sum_{m-1}^{M} A_m = 1$$

NOTE – It is admitted that the function $y(t)$ does not comprise more than three terms ($M \leq 3$).

When simulating the furnace by a linear thermal system, the accumulated heat E_{an} is given by:

$$E_{an} = P_{pn} \cdot \sum_{m-1}^{M} T_m \quad (23)$$

For determining the parameters T_m and A_m of the function $y(t)$, the curve of the function $y_1(t_n)$ in a semi-logarithmic scale (the time axis being linear), and, next, the straight line $G_1(t)$ approximating the final part of the function $y_1(t_n)$ will be plotted (see figure 2).

The point of intersection of the line G_1 extrapolated to the axis of ordinates ($t = 0$) determines the value A_1. The abscissa t_1 at which the line $G_1(t)$ reaches the value $G_1(t) = A_1/e = 0{,}368$. A_1 corresponds to the time constant T_1 ($T_1 = t_1$).

Next, the value of the function $y_2(t)$ shall be determined from the expression:

$$y_2(t) = y_1(t) - G_1(t) = y_1(t) - A_1 \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right) \quad (24)$$

$$(t = 0, t_1, t_2, \ldots, t_n)$$

Similarly as before, the curve $y_2(t)$ shall be plotted in a semilogarithmic scale and the straight $G_2(t)$ being an approximation of the final part of the function $y_2(t)$ will be traced.

The point of intersection of $G_2(t)$ with the axis of ordinates $t = 0$ determines the value A_2 while the abscissa t_2 at which the line $G_2(t) = A_2/e = 0{,}368$. A_2 corresponds to the time constant T_2 ($T_2 = t_2$).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Eventuellement, on déterminera de la même manière les paramètres A_3 et T_3 à partir du diagramme semi-logarithmique de la fonction $y_3(t)$:

$$y_3(t) = y_2(t) - G_2(t) = y_2(t) - A_2 \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_2}\right) \qquad (25)$$

Après avoir déterminé T_1, T_2 et T_3, on calcule E_{an} à partir de la relation (23).

Le compte rendu des mesures comprendra un tableau précisant les valeurs t_k, $\theta_{(tk)}$, $y_1(t_k)$ et les valeurs θ_a, T_1, A_1, T_2, A_2, T_3, A_3, E_{an}.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

If necessary, the parameters A_3 and T_3 shall be determined from the semilogarithmic curve of the function $y_3(t)$:

$$y_3(t) = y_2(t) - G_2(t) = y_2(t) - A_2 \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_2}\right) \quad (25)$$

Having determined T_1, T_2 and T_3, the value E_{an} is determined from the expression (23).

The test report shall comprise a table specifying the values t_k, $\theta_{(tk)}$, $y_1(t_k)$ and the values θ_a, T_1, A_1, T_2, A_2, T_3, A_3, E_{an}.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

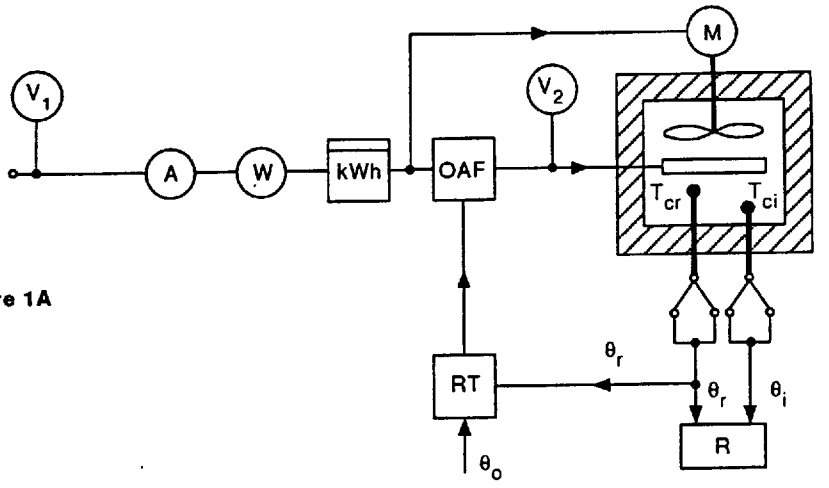


Figure 1A

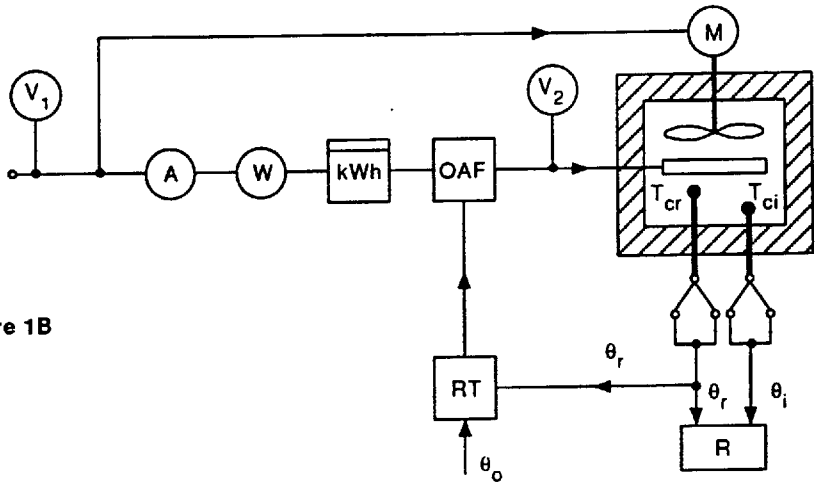


Figure 1B

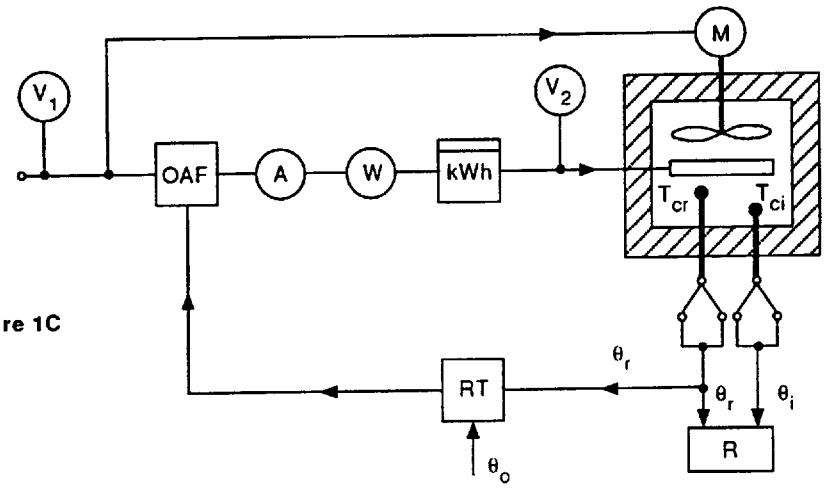


Figure 1C

A	ampèremètre/ammeter	M	moteur de ventilateur/ventilator motor
V_1 V_2	voltmètre/voltmeter	RT	régulateur de température/temperature controller
W	wattmètre/wattmeter		
kWh	compteur d'énergie/watthour meter	R	enregistreur/recorder
OAF	organe d'actionnement final/final control unit	T_{cr} T_{ci}	capteur de température/temperature sensor

Figure 1

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

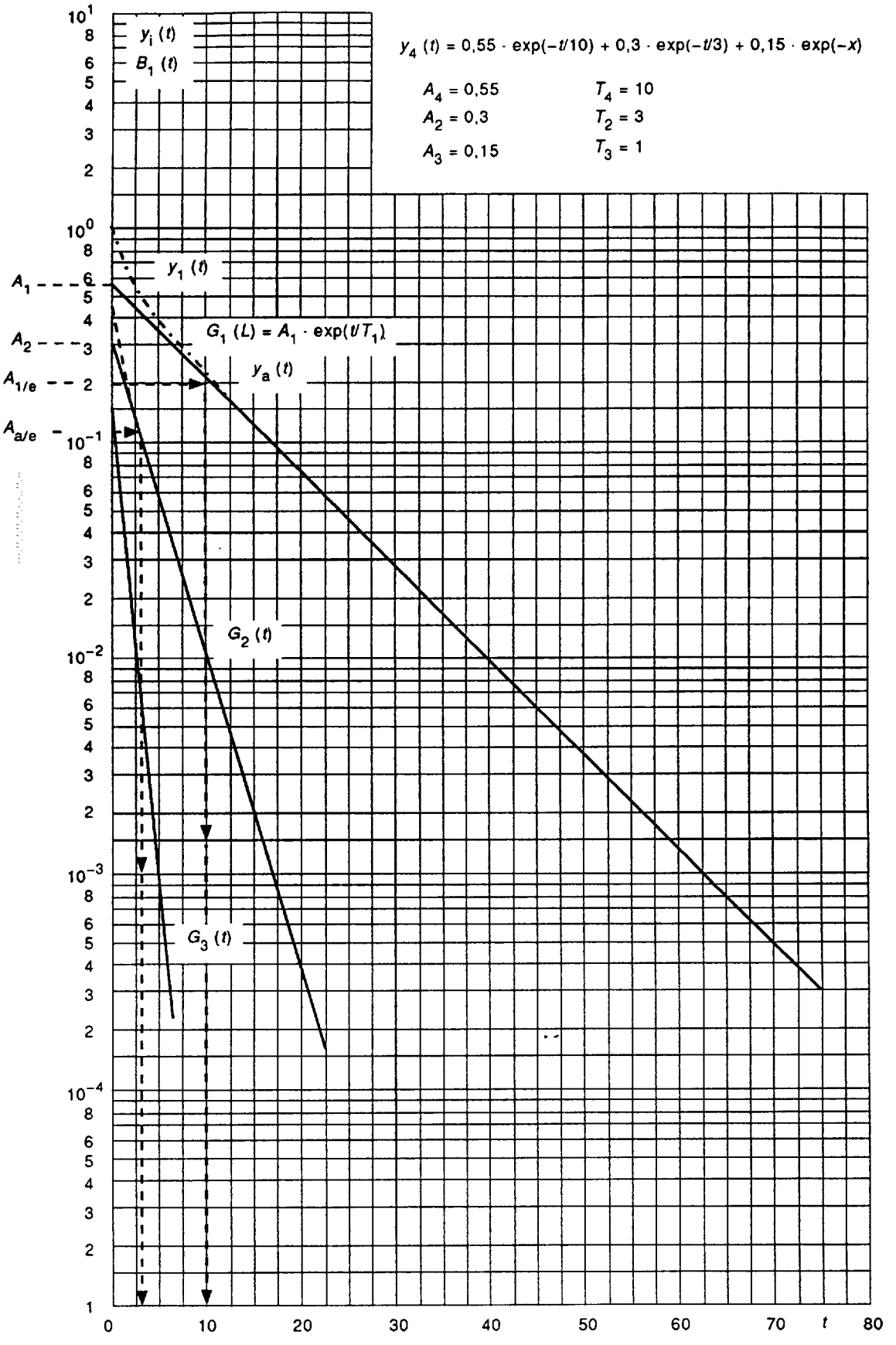


Figure 2

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes n° 27

239 (1987) Dimensions nominales des électrodes cylindriques tournées avec logements et nipples filetés en graphite pour les fours à arc.

240: – Caractéristiques des émetteurs électriques d'infrarouge pour chauffage industriel.

240-1 (1992) Partie 1: Emetteurs d'infrarouge court.

396 (1991) Méthodes d'essai des fours à induction à canal.

397 (1994) Méthodes d'essai des fours à chargement discontinu à résistances chauffantes métalliques.

398 (1972) Conditions générales d'essai des installations électrothermiques industrielles.

519: – Sécurité dans les installations électrothermiques.

519-1 (1984) Première partie: Règles générales.

519-2 (1992) Deuxième partie: Règles particulières pour les installations de chauffage par résistance.

519-3 (1988) Troisième partie: Règles particulières pour les installations des fours à induction à fréquence industrielle du réseau et à moyenne fréquence.

519-4 (1977) Quatrième partie: Règles particulières pour les installations des fours à arc.

519-5 (1980) Cinquième partie: Spécifications pour la sécurité dans les installations au plasma.

519-6 (1982) Sixième partie: Spécifications pour la sécurité dans les installations électrothermiques industrielles à hyperfréquences.

519-7 (1983) Septième partie: Règles particulières pour 'les installations comportant des canons à électrons.

519-8 (1983) Huitième partie: Règles particulières pour fours de refusion sous laitier électroconducteur.

519-9 (1987) Neuvième partie: Règles particulières pour les installations de chauffage diélectrique à haute fréquence.

646 (1992) Méthodes d'essai des fours à induction à creuset.

676 (1980) Méthodes d'essai des fours à arc direct.

680 (1980) Méthodes d'essai des installations à plasma pour applications électrothermiques.

683 (1980) Méthodes d'essai des fours à arc submergé.

703 (1981) Méthodes d'essai des installations électrothermiques comportant des canons à électrons.

779 (1983) Méthodes d'essai pour fours de refusion sous laitier électroconducteur.

1307 (1994) Installations industrielles de chauffage à hyperfréquence – Méthodes d'essais pour la détermination de la puissance de sortie.

1308 (1994) Installations de chauffage diélectrique haute fréquence – Méthodes d'essais pour la détermination de la puissance de sortie.

IEC publications prepared by Technical Committee No. 27

239 (1987) Nominal dimensions of cylindrical machined graphite electrodes with threaded sockets and connecting pins for use in electric arc furnaces.

240: – Characteristics of electric infra-red emitters for industrial heating.

240-1 (1992) Part 1: Short wave infra-red emitters.

396 (1991) Test methods for induction channel furnaces.

397 (1994) Test methods for batch furnaces with metallic heating resistors.

398 (1972) General test conditions for industrial electroheating equipment.

519: – Safety in electroheat installations.

519-1 (1984) Part 1: General requirements.

519-2 (1992) Part 2: Particular requirements for resistance heating equipment.

519-3 (1988) Part 3: Particular requirements for mains and medium frequency induction furnace installations.

519-4 (1977) Part 4: Particular requirements for arc furnace installations.

519-5 (1980) Part 5: Specifications for safety in plasma installations.

519-6 (1982) Part 6: Specifications for safety in industrial microwave heating equipment.

519-7 (1983) Part 7: Particular requirements for installations with electron guns.

519-8 (1983) Part 8: Particular requirements for electro-slag remelting furnaces.

519-9 (1987) Part 9: Particular requirements for high-frequency dielectric heating installations.

646 (1992) Test methods for crucible induction furnaces.

676 (1980) Test methods for direct arc furnaces.

680 (1980) Test methods of plasma equipment for electroheat applications.

683 (1980) Test methods for submerged arc furnaces.

703 (1981) Test methods for electroheating installations with electron guns.

779 (1983) Test methods for electro-slag remelting furnaces.

1307 (1994) Industrial microwave heating installations – Test methods for the determination of power output

1308 (1994) High-frequency dielectric heating installations – Test methods for the determination of power output.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4844891 0575420 511

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale