

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 397

Première édition — First edition

1972

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

**Test methods for batch furnaces
with metallic heating resistors**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60397:1972

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 397

Première édition — First edition

1972

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

**Test methods for batch furnaces
with metallic heating resistors**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
 SECTION UN — GÉNÉRALITÉS 	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	6
 SECTION DEUX — ESSAIS TECHNIQUES 	
4. Genre et conditions générales des essais	12
 SECTION TROIS — DESCRIPTION DES ESSAIS TECHNIQUES 	
5. Méthodes d'essais et de mesures techniques	12
ANNEXE — Liste des symboles	22
FIGURES	24

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60397:1972

WATERMARK

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE — GENERAL

Clause

1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7

SECTION TWO — TECHNICAL TESTS

4. Types of tests and general test conditions	13
---	----

SECTION THREE — DESCRIPTION OF TECHNICAL TESTS

5. Procedure of tests and technical measurements	13
--	----

APPENDIX—List of symbols	23
--------------------------------	----

FIGURES	24
---------------	----

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60397:1972

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Milan en 1965 et à Téhéran en 1969. A la suite de cette dernière réunion, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1970.

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

Afrique du Sud
Allemagne
Australie
Belgique
Danemark
France
Hongrie
Israël
Italie

Japon
Norvège
Pays-Bas
Pologne
Suède
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TEST METHODS FOR BATCH FURNACES
WITH METALLIC HEATING RESISTORS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No.27, Industrial Electro-heating Equipment.

Drafts were discussed at meetings held in Milan in 1965 and in Tehran in 1969. As a result of this latter meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1970.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Belgium	Netherlands
Czechoslovakia	Norway
Denmark	Poland
France	South Africa
Germany	Sweden
Hungary	Turkey
Israel	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics

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

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux fours industriels à chauffage indirect par éléments chauffants métalliques (par exemple, pour traitement thermique, formage à chaud, etc.) dont l'atmosphère intérieure est constituée par de l'air qui n'a pas été intentionnellement modifié.

Cette recommandation s'applique aux fours discontinus à chambre, fours à cloches, 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 recommandation concerne les fours des classes basse tension et très basse tension (au-dessous de 500 V).

2. Objet

L'objet de la présente recommandation est la normalisation des conditions et des méthodes d'essais pour déterminer les paramètres essentiels et les indices techniques des fours indiqués ci-dessus.

La liste des essais recommandés dans la présente recommandation n'est pas obligatoire, elle n'est pas non plus limitative. On peut choisir, selon les besoins, dans la liste des essais proposés ceux d'entre eux qui sont nécessaires pour la détermination et l'évaluation d'un four.

Au besoin, des essais complémentaires peuvent être effectués, mais de préférence en accord avec les normes en vigueur dans le pays intéressé.

3. Définitions

Les définitions suivantes se rapportent à la présente recommandation.

Pour les définitions des termes fondamentaux et généraux du domaine de l'électrothermie, le lecteur est invité à se reporter au Chapitre 05: Définitions fondamentales, et au Chapitre 40: Applications électrothermiques, de la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).

3.1 Four électrique à chauffage indirect par résistance

Four dans lequel la chaleur développée par effet Joule dans l'élément chauffant est transférée à la matière à chauffer.

TEST METHODS FOR BATCH FURNACES WITH METALLIC HEATING RESISTORS

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This recommendation applies to industrial furnaces heated indirectly with metallic heating elements (e. g., for heat-treatment, hot-forming, etc.) in which the internal atmosphere is composed of air not intentionally modified.

This recommendation applies to batch chamber, bell, elevator, shaft, carriage, or to furnaces of any similar construction. These furnaces may be constructed either with or without forced air circulation.

This recommendation covers furnaces of low and very low voltage categories (below 500 V).

2. Object

The object of this recommendation is the standardization of testing conditions and methods to determine the essential parameters and technical data of the above-mentioned furnaces.

This recommendation 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 among those specified in the suggested list.

When needed, supplementary tests can also be made, though preferably in compliance with the standards in use in the countries concerned.

3. Definitions

The following definitions apply for the purpose of this recommendation.

For definitions of fundamental and general terms in the field of electro-heating, the reader should refer to Chapter 05: Fundamental definitions, and Chapter 40: Electro-heating applications, of IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV).

3.1 *Indirect resistance electric furnace*

Furnace in which the heat evolved by the Joule effect in the heating elements is transferred to the material to be heated.

3.2 Charge

Ensemble des substances à traiter thermiquement à un moment donné dans un four (VEI 40-10-005).

3.3 Élément chauffant

Conducteur électrique résistant qui, connecté à la source d'énergie électrique, permet de transformer, par effet Joule, toute l'énergie électrique en énergie calorifique.

3.4 Groupe chauffant

Ensemble des éléments chauffants réglés par une commande indépendante.

3.5 Température du four θ_i (°C)

Température en un ou en plusieurs points déterminés de l'espace chauffé du four.

3.6 Température nominale maximale du four θ_n (°C)

Température nominale d'utilisation la plus élevée en service normal, pour laquelle le four a été construit. Elle est marquée sur la plaque signalétique du four.

3.7 Température à la surface extérieure du four θ_s (°C)

Température mesurée en un ou plusieurs points déterminés de la surface extérieure du four.

3.8 Température ambiante θ_a (°C)

Température de l'air à l'extérieur du four, mesurée en un point où la radiation thermique et la convection naturelle n'exercent aucune influence.

3.9 Température ambiante de référence θ_r (°C)

Température ambiante à laquelle sont rapportées toutes les données caractéristiques du four. La température de référence est fixée à 20 °C.

3.10 Variation de la température dans le temps (°C)

Variation de la température en un point donné du four en fonction du temps.

3.11 Température de la surface du four en régime thermique permanent θ_{so} (°C)

Température atteinte en régime thermique permanent en un point donné de la surface extérieure du four.

3.12 Tension(s) nominale(s) du four U_n (V)

Tension(s) en vue de laquelle (lesquelles) le four est construit. Elle(s) est (sont) marquée(s) sur la plaque signalétique du four.

3.13 Puissance du four P (kW)

Puissance absorbée à un instant donné par les éléments chauffants du four.

3.14 Puissance nominale du four P_n (kW)

Puissance consommée par le four à la tension nominale, courant nominal, fréquence nominale et température nominale.

3.2 Charge

Total of materials to be heated at the same time in the furnace (IEV 40-10-005).

3.3 Heating element

Electric conductor with ohmic resistance, connected to the source of electric energy, in which the electric energy is transformed to thermal energy by the Joule effect.

3.4 Heating assembly

Assembly of heating elements controlled, regulated or switched jointly.

3.5 Furnace temperature θ_i (°C)

The temperature at one or more specified points in the heated space of the furnace.

3.6 Rated maximum furnace temperature θ_n (°C)

The rated operating temperature in normal service of the furnace for which the furnace is designed. It is indicated on the nameplate of the furnace.

3.7 External surface temperature of the furnace θ_s (°C)

The temperature measured at one or more determined points on the outer surface of the furnace.

3.8 Ambient temperature θ_a (°C)

The temperature of air surrounding the furnace at a point where thermal radiation and natural convection from the furnace do not exert any influence.

3.9 Reference ambient temperature θ_r (°C)

Ambient temperature, to which all furnace characteristic data are referred. The reference ambient temperature is fixed at 20 °C.

3.10 Temperature-time variation (°C)

The temperature variation at a given point in the furnace plotted against time.

3.11 Surface temperature of the furnace at thermal steady-state θ_{so} (°C)

The temperature reached at thermal steady-state at a predetermined point on the external surface of the furnace.

3.12 Rated furnace voltage(s) U_n (V)

The voltage(s) for which the furnace is designed. It (they) is (are) given on the nameplate.

3.13 Furnace power P (kW)

Power consumed by the heating elements of the furnace at a given time.

3.14 Furnace rated power P_n (kW)

Power consumption of the furnace at the rated furnace voltage, rated current, rated frequency and rated temperature.

3.15 *Puissance moyenne de pertes à vide* P_o (kW)

Quantité d'énergie perdue en kWh par unité de temps (en heures) à la température nominale, dans les conditions normales d'emploi sans charge et en régime thermique permanent. Dans ce cas la demande en puissance déterminée pour le groupe chauffant (par exemple, ventilateur) doit être ajoutée à la puissance nominale du four.

3.16 *Puissance à l'enclenchement du four à froid* P_f (kW)

Puissance absorbée par le four à l'état froid à l'instant de l'enclenchement.

3.17 *Temps de mise en température* t_p (h)

Temps nécessaire pour l'échauffement d'un four sec, sans charge et fermé, de 20 °C alimenté à la tension nominale pour que le dispositif de mesure de la température indique la température nominale du four.

3.18 *Puissance enclenchée* P_{tot} (kW, kVA)

Puissance maximale prise par le four, mesurée à la tension nominale.

3.19 *Temps de mise en régime thermique permanent* t_{tr} (min/h)

Temps écoulé à partir de l'enclenchement du four à l'état froid jusqu'à l'instant où le régime thermique permanent est atteint.

3.20 *Régime thermique permanent du four*

Régime thermique dans lequel toute l'énergie transmise au four sert à compenser les pertes calorifiques.

3.21 *Etat froid du four*

Régime thermique dans lequel la température de l'ensemble des éléments de construction du four est égale à la température ambiante.

3.22 *Etat chaud du four*

Régime thermique du four à partir du moment où la température nominale est atteinte.

3.23 *Energie absorbée* E (kWh)

Quantité d'énergie absorbée par le four pendant un temps déterminé sans charge.

3.24 *Energie absorbée mise en température* E_A (kWh)

Quantité d'énergie absorbée par le four vide à partir de l'enclenchement à froid, jusqu'à l'instant où le régime thermique permanent est atteint sans charge.

3.25 *Courant de fuite*

Le courant de fuite est un courant qui en fonctionnement normal s'écoule des parties sous tension de l'installation ou de l'appareil, à travers ou sur l'isolement fonctionnel, à des parties conductrices ne faisant pas partie du circuit de travail quand ces dernières sont couplées électriquement au point central du réseau ou à un point du réseau mis directement à la terre.

3.15 *Mean no-load input loss P_o (kW)*

The energy loss in kWh in unit time (in hours) at the rated temperature of the empty furnace in normal operating conditions in thermal steady-state. In this case, the power demand of auxiliary devices, determined for the heating assembly (e.g. fan), should be added to the furnace rated power.

3.16 *Electric power input of furnace switched on in cold state P_f (kW)*

The input power at the moment of switching on the cold furnace.

3.17 *Heating-up time t_p (h)*

The time necessary to heat a dried, empty, closed furnace from 20 °C at rated voltage so that the temperature measuring equipment indicates the rated furnace temperature.

3.18 *Connected load P_{tot} (kW, kVA)*

Maximum furnace power input measured at rated voltage.

3.19 *Time for attainment of thermal steady-state t_{th} (min/h)*

The time between switching on the furnace in the cold state and attainment of thermal steady-state.

3.20 *Thermal steady-state of furnace*

The thermal condition when all energy input is used to cover heat losses.

3.21 *Cold furnace condition*

The thermal condition in which the temperature of the assembly of constructional elements of the furnace equals the ambient temperature.

3.22 *Hot furnace condition*

The thermal condition when the rated temperature is reached.

3.23 *Energy consumption E (kWh)*

The quantity of energy consumed by the furnace during a given time without charge.

3.24 *Heating-up energy consumption E_A (kWh)*

The quantity of energy absorbed by the empty furnace between switching on the cold furnace and attainment of the thermal steady-state without charge.

3.25 *Leakage current*

Leakage current is the current which in normal operation flows from live parts of the installation or apparatus through or over the functional insulation to conducting parts not forming part of the working circuit when these last-mentioned parts are electrically connected to the middle point of the power system or to a directly earthed point of the network.

SECTION DEUX — ESSAIS TECHNIQUES

4. Genre et conditions générales des essais

4.1 Liste des essais techniques

Pour l'estimation d'une installation électrothermique comportant un four, les essais suivants sont à effectuer:

- a) Essais de tenue d'isolement du four (voir paragraphe 5.1);
- b) Mesure de la puissance à l'enclenchement du four à l'état froid (voir paragraphe 5.2);
- c) Mesure de la température du four (voir paragraphe 5.3);
- d) Mesure de la température à la surface extérieure du four (voir paragraphe 5.4);
- e) Mesure de l'énergie absorbée totale (voir paragraphe 5.5);
- f) Mesure de la puissance nominale de chauffe (voir paragraphe 5.6);
- g) Mesure du temps de mise en température (voir paragraphe 5.7);
- h) Détermination de la puissance moyenne des pertes à vide (voir paragraphe 5.8);
- i) Détermination du temps de mise en régime thermique permanent (voir paragraphe 5.9);
- j) Mesure de la température des parties accessibles du four (voir paragraphe 5.10);
- k) Détermination de la variation de la température nominale pendant le cycle de fonctionnement de la régulation (voir paragraphe 5.11);
- l) Mesure du courant de fuite (voir paragraphe 5.12);
- m) Détermination de la variation de la température pendant le refroidissement du four (voir paragraphe 5.13);
- n) Détermination de la chaleur accumulée (voir paragraphe 5.14).

4.2 Conditions générales de l'exécution des essais techniques

Voir Publication 398 de la CEE: Conditions générales d'essai des installations électrothermiques.

4.3 Conditions particulières des essais techniques

- a) Les essais d'après le paragraphe 4.1 sont effectués sur un four sans charge;
- b) Les essais en charge doivent être fixés en accord entre le constructeur et l'utilisateur;
- c) Lorsque le four a une régulation mécanique ou électrique, des méthodes d'essai appropriées doivent être fixées en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

SECTION TROIS — DESCRIPTION DES ESSAIS TECHNIQUES

5. Méthodes d'essais et de mesures techniques

5.1 Essais de tenue d'isolement du four

Note. — Les essais à effectuer sont à l'étude.

SECTION TWO — TECHNICAL TESTS

4. Types of tests and general test conditions

4.1 List of technical tests

The following tests are to be carried out for the assessment of the electro-heating equipment containing a furnace:

- a) Electric breakdown test of furnace insulation (see Sub-clause 5.1);
- b) Measurement of the power input of furnace switched on in cold-state (see Sub-clause 5.2);
- c) Furnace temperature measurement (see Sub-clause 5.3);
- d) Temperature measurement at the external surface of furnace (see Sub-clause 5.4);
- e) Total energy consumption measurement (see Sub-clause 5.5);
- f) Rated heating input measurement (see Sub-clause 5.6);
- g) Heating-up time measurement (see Sub-clause 5.7);
- h) Mean no-load loss power determination (see Sub-clause 5.8);
- i) Determination of time necessary to reach the thermal steady-state (see Sub-clause 5.9);
- j) Temperature measurement of accessible furnace parts (see Sub-clause 5.10);
- k) Determination of rated temperature change during the control cycle (see Sub-clause 5.11);
- l) Leakage current measurement (see Sub-clause 5.12);
- m) Determination of furnace temperature variation during the cooling period (see Sub-clause 5.13);
- n) Determination of accumulated heat (see Sub-clause 5.14).

4.2 General conditions of test performance

See IEC Publication 398: General test conditions for electro-heating installations.

4.3 Particular conditions of technical tests

- a) Tests according to Sub-clause 4.1 are realized on a furnace without charge;
- b) Tests with charge are to be agreed upon between manufacturer and user;
- c) When the furnace has a mechanical or electric regulation, appropriate test methods should be agreed upon between manufacturer and user.

SECTION THREE — DESCRIPTION OF TECHNICAL TESTS

5. Procedure of tests and technical measurements

5.1 Electric breakdown test of furnace insulation

Note. — Tests to be performed are under consideration.

5.2 Mesure de la puissance à l'enclenchement du four à l'état froid P_f

La puissance à l'enclenchement du four à l'état froid P_f (kW) est mesurée au moyen de wattmètres; cette puissance correspond à la valeur maximale susceptible d'être appelée en exploitation. Au cas où il ne serait pas possible d'utiliser des wattmètres, la puissance à l'état froid peut être déterminée approximativement en mesurant les courants, à tension constante, lorsque les circuits peuvent être pratiquement assimilés à une résistance pure.

Note. — Dans le cas où la valeur de la puissance enclenchée (P_{tot}) est plus grande que la valeur de la puissance à l'enclenchement du four à l'état froid, la méthode de mesure de cette puissance doit être accordée entre le constructeur et l'utilisateur.

5.3 Mesure de la température du four θ_i

La mesure de la température à l'intérieur du four doit être effectuée à l'endroit (ou aux endroits) choisi(s) préalablement en accord avec le constructeur et l'utilisateur, ou encore suivant le diagramme de répartition des températures, fourni par le constructeur.

Les variations de température sont mesurées à l'aide d'un appareil enregistreur ou indicateur, et dans ce dernier cas on lit les valeurs à intervalles réguliers mais pas plus longs que 1 h. Quand la température dans le four s'approche de la température désirée (ou nominale), il est nécessaire de raccourcir les intervalles de temps de manière à pouvoir déterminer l'instant où la température désirée est atteinte pour la première fois. La durée des intervalles ne devra pas dépasser 1 h ou une valeur fixée en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

5.4 Mesure de la température à la surface extérieure du four θ_e

La mesure devra être effectuée au moins en trois points, choisis comme étant ceux où la température la plus élevée et la plus basse sont prévisibles, ainsi qu'au milieu de la paroi latérale du four. Cette mesure est effectuée à intervalles réguliers jusqu'à l'instant où la température atteint une valeur stabilisée. La durée des intervalles ne devra pas dépasser 1 h ou une valeur fixée en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

5.5 Mesure de l'énergie absorbée totale E_A

Cette mesure est effectuée par un compteur d'énergie électrique, relevé à intervalles réguliers jusqu'à ce que soit atteinte la température correspondant à celle du régime permanent. Les mesures doivent être exécutées dans une période de temps ne dépassant pas 0,5 h.

5.6 Mesure de la puissance nominale de chauffe P_n

Cette mesure est effectuée par un wattmètre (des wattmètres) ou par tout autre moyen analogue convenu entre le constructeur et l'utilisateur, à une température fixée en accord entre les deux parties. Cette température est telle que la mesure est effectuée en dehors des périodes de régulation automatique de température et de puissance.

Notes 1. — Au cas où il n'est pas possible d'effectuer cette mesure à l'aide d'un wattmètre, la puissance nominale peut être déterminée comme suit, à partir de l'énergie consommée:

L'énergie consommée est mesurée pendant une période donnée après que le régime a été atteint.

L'énergie consommée est relevée à intervalles fixes. Pour calculer la puissance nominale, on prend en considération le dernier intervalle enregistré avant que la température ait atteint la valeur nominale. Soit Δt (h) l'intervalle pendant lequel la consommation d'énergie est mesurée et E (kWh) l'énergie consommée pendant cet intervalle, la puissance nominale P_n (kW) est égale à

$$P_n = \frac{E}{\Delta t} \quad (\text{kW})$$

5.2 *Measurement of the power input of furnace switched on in cold-state P_f*

The power of a furnace switched on in cold-state P_f (kW) is measured by means of wattmeters; this power corresponds to the maximum value likely to be encountered in operation. In case wattmeters cannot be used, the power input can be determined approximately from current measurement at constant voltage when the circuit may be assumed to have ohmic resistance only.

Note. — In case the connected load (P_{tot}) exceeds the power of furnace switched on in cold-state, the method of measuring this power should be agreed upon between manufacturer and user.

5.3 *Furnace temperature measurement θ_i*

The furnace temperature measurement inside the furnace shall be made at the place (or places) according to either preliminary agreement between manufacturer and user, or in accordance with the diagram of temperature distribution, given by the manufacturer.

The temperature variations are measured using a recording instrument or reading the values of temperature on an indicating instrument at regular time intervals of not longer than 1 h. When the furnace temperature is close to the required one, or close to the rated temperature, the time interval of readout must be reduced so as to allow an accurate determination of the moment of reaching the required temperature for the first time. The intervals should be not longer than 1 h or another value agreed upon between manufacturer and user.

5.4 *Temperature measurement at the external surface of furnace θ_s*

The measurement is made at not less than three points, those being the points at which the highest and the lowest temperatures are expected, and a point in the centre of the side wall of the furnace. The measurement is performed at regular intervals until the temperature reaches a steady value. The time intervals should not be longer than 1 h or another value agreed upon between manufacturer and user.

5.5 *Total energy consumption measurement E_A*

The measurement is made by means of an electric energy meter, values being read out at regular time intervals until the temperature corresponding to that of the steady-state is reached. Measurements must be made during a period not exceeding 0.5 h.

5.6 *Rated heating input measurement P_n*

The measurement is made by means of a wattmeter (wattmeters) or any other analogous device agreed upon by the manufacturer and user at a temperature fixed by these parties. This temperature is such that the measurement is made outside periods of automatic temperature and power regulation.

Notes 1. — In case this measurement cannot be made by means of a wattmeter, the rated input power may be determined from the consumed energy as follows:

The energy consumption should be measured during a given time interval on the attainment of the thermal steady-state.

The consumed energy is read at regular time intervals. The last interval before readout of the rated temperature is used for rated input calculation.

If Δt (h) is the interval during which energy consumption is measured and E (kWh) is the consumed energy in this interval, then the rated input P_n (kW) equals:

$$P_n = \frac{E}{\Delta t} \text{ (kW)}$$

2.— Si l'on constate, en mesurant la puissance, que la tension aux bornes diffère de la tension nominale, on calculera cette puissance en la rapportant à la valeur de la tension nominale, en utilisant la formule:

$$P_n = P'_n \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 \quad (\text{kW})$$

où P_n = puissance nominale à la tension nominale
 P'_n = puissance mesurée à une tension différente de la tension nominale
 U_n = tension nominale du four
 U = tension aux bornes en mesurant la puissance.

La puissance de chauffe nominale est indiquée pour tout le four, à moins d'accord contraire entre le constructeur et l'utilisateur.

5.7 Mesure du temps de mise en température t_p

On mesure le temps écoulé entre l'enclenchement du four à l'état froid à la tension nominale et l'instant où le four atteint la température nominale. Si le four a plusieurs groupes chauffants, le temps de chauffe pratique est celui pendant lequel tout le four (l'ensemble des groupes chauffants étant en service) a atteint la température nominale pour la première fois.

5.8 Détermination de la puissance moyenne des pertes à vide P_o

Pour la détermination des pertes à vide, il est nécessaire de vérifier si le régime thermique permanent est atteint à la température nominale. Pour cela on détermine l'énergie électrique consommée, conformément au paragraphe 5.5. Si l'énergie consommée est E_1 à l'intervalle Δt_1 , E_2 à l'intervalle Δt_2 , et E_3 à l'intervalle Δt_3 , la valeur moyenne est prise égale à:

$$E_{m1} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} \quad (\text{kWh})$$

Les divers intervalles de mesure doivent avoir une durée identique (au moins 30 min):

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = \Delta t_n = \Delta t \quad (\text{h})$$

Si E_{\max} et E_{\min} sont le maximum et le minimum des valeurs E_1 , E_2 et E_3 , on détermine:

$$\Delta_1 = 100 \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{m1}} \quad (\%)$$

De même, on détermine pour les valeurs E_2 , E_3 , E_4 , la valeur moyenne:

$$E_{m2} = \frac{E_2 + E_3 + E_4}{3} \quad (\text{kWh})$$

et

$$\Delta_2 = 100 \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{m2}} \quad (\%)$$

E_{\max} et E_{\min} étant les valeurs extrêmes de E_2 , E_3 et E_4 .

Le procédé se répète jusqu'à ce que les deux valeurs successives Δ_n et Δ_{n-1} soient toutes les deux inférieures ou égales à 3%:

$$\begin{aligned} \Delta_n &\leq 3 \\ \Delta_{n-1} &\leq 3 \end{aligned} \quad (\%)$$

La valeur de 3% a été déterminée à partir d'essais pratiques et est une valeur recommandée.

La puissance des pertes pendant le régime thermique permanent est alors égale à:

$$P_o = \frac{E_{mn}}{\Delta t} \quad (\text{kW})$$

où: E_{mn} = valeur moyenne correspondant au dernier groupe de mesure.

2.— If, during the power measurement, the voltage across terminals differs from the rated voltage, the reduction to rated voltage shall be made using the formula:

$$P_n = P'_n \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 \quad (\text{kW})$$

where: P_n = rated input at rated voltage
 P'_n = input measured at the voltage other than rated
 U_n = rated furnace voltage
 U = voltage across terminals at the moment of input measurement.

The rated input is given for the whole furnace, unless otherwise agreed between manufacturer and user.

5.7 Heating-up time measurement t_p

The time interval between switching-on the cold furnace connected to the rated voltage and the attainment of rated temperature is measured. Should the furnace have more than one heating assembly, the heating-up time is that necessary for the whole furnace (all heating assemblies in operation) to reach the rated temperature for the first time.

5.8 Mean no-load loss power determination P_o

For the determination of no-load losses, it is necessary to make sure that the thermal steady-state is reached at the rated temperature. The energy consumption is measured according to Sub-clause 5.5. If the energy consumption is E_1 in the time interval Δt_1 , E_2 in the time interval Δt_2 , and E_3 in the time interval Δt_3 , then its mean value is:

$$E_{m1} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} \quad (\text{kWh})$$

The time intervals must be of equal duration (at least 30 min):

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = \Delta t_n = \Delta t \quad (\text{h})$$

If E_{\max} or E_{\min} respectively is the highest or lowest value of E_1 , E_2 and E_3 , we find:

$$\Delta_1 = 100 \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{m1}} \quad (\%)$$

Similarly, the mean value from E_2 , E_3 and E_4 is:

$$E_{m2} = \frac{E_2 + E_3 + E_4}{3} \quad (\text{kWh})$$

and

$$\Delta_2 = 100 \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{m2}} \quad (\%)$$

where E_{\max} and E_{\min} are extreme values of E_2 , E_3 and E_4 .

Similar calculations are repeated until the successive values Δ_n and Δ_{n-1} equal to or less than 3% are reached:

$$\begin{aligned} \Delta_n &\leq 3 \\ \Delta_{n-1} &\leq 3 \end{aligned} \quad (\%)$$

The 3% value was derived from the practical measurements, and is a recommended value.

The loss power input in thermal steady-state is then:

$$P_o = \frac{E_{mn}}{\Delta t} \quad (\text{kW})$$

where: E_{mn} = the mean value corresponding to the last measurement.

5.9 Détermination du temps de mise en régime thermique permanent t_h

Le temps de mise en régime thermique permanent est déterminé selon le procédé décrit au paragraphe 5.8.

C'est le temps écoulé depuis l'enclenchement du four jusqu'à l'instant de la dernière mesure d'énergie consommée pendant la détermination de la puissance moyenne des pertes à vide.

5.10 Mesure de la température des parties accessibles du four

La température devra être mesurée sur toutes les parties que le personnel est amené à toucher ou à manœuvrer en exploitation normale.

Cette mesure devra être effectuée en régime thermique permanent du four, lorsque la température nominale est atteinte.

5.11 Détermination de la variation de la température nominale pendant le cycle de fonctionnement de la régulation

Le fonctionnement du ou des appareil(s) de contrôle de la température est déterminé en régime thermique permanent.

On mesure la variation de la température à l'intérieur du four (suivant le paragraphe 5.3) entre deux cycles de fonctionnement des appareils de contrôle en cas de régulation discontinue, ou l'écart entre la température maximale et la température minimale dans un intervalle d'au moins 30 min en cas de régulation continue.

On mesure la variation $\Delta\theta_i$ de la température intérieure. Il est recommandé d'effectuer plusieurs mesures de la grandeur $\Delta\theta_i$.

5.12 Mesure du courant de fuite

Le courant de fuite est mesuré à chaud, lorsque le four a atteint la température nominale et qu'il est en régime permanent.

On mesure le courant de fuite qui peut passer entre un pôle quelconque de la source d'alimentation et les parties métalliques accessibles.

Le circuit de mesure est représenté à la figure 1, page 24, pour les fours monophasés dont la tension nominale ne dépasse pas 250 V et à la figure 2, page 24, pour les fours triphasés.

La résistance du circuit de mesure (entre la masse et les bornes de raccordement) est de 2000 ± 100 ohms. Pour les fours monophasés de tension nominale ne dépassant pas 250 V, le courant de fuite est mesuré en plaçant le commutateur successivement sur les positions 1 et 2 (figure 1).

Pour les autres fours, le courant de fuite est mesuré alors que les interrupteurs a , b et c sont fermés (figure 2). Pour les fours triphasés qui ne peuvent pas fonctionner en monophasé, les mesures sont répétées, chacun des interrupteurs a , b et c étant coupé à tour de rôle, les deux autres interrupteurs étant fermés; pour les fours monophasés, les mesures sont répétées, l'un des interrupteurs étant ouvert.

Il est recommandé d'alimenter le four par l'intermédiaire d'un transformateur d'isolement; sinon, il doit être isolé de la terre.

Lorsqu'il n'est pas possible d'effectuer la mesure selon les dispositions des figures 1 et 2, les courants de fuite sont mesurés par la méthode du courant différentiel résiduel (voir figure 3, page 25).

Pour les fours triphasés, il faut mesurer le cas le plus défavorable de la manière indiquée ci-dessus.

Cette mesure doit être exécutée dans des conditions définies par les prescriptions de sécurité.

5.9 Determination of time necessary to reach the thermal steady-state t_h

The time of reaching the thermal steady-state is found using the procedure described in Sub-clause 5.8.

This time is the interval between the time of switching-on the furnace and the time of the last measurement of consumed energy during the determination of mean no-load loss power.

5.10 Temperature measurement of accessible furnace parts

The temperature is measured on all parts that might be touched or handled by the operators during normal furnace operation.

This measurement is performed in thermal steady-state at the rated furnace temperature attained.

5.11 Determination of rated temperature change during the control cycle

The performance of the temperature control device or devices is determined in thermal steady-state of the furnace.

The variation of the temperature inside the furnace between two control cycles of temperature control devices is measured according to Sub-clause 5.3 in the case of step control, or the deviation between the maximum and minimum temperature is measured at an interval of at least 30 min in the case of continuous control.

The variation of $\Delta\theta_i$ of the internal temperature is measured. It is recommended to make several measurements of the quantity $\Delta\theta_i$.

5.12 Leakage current measurement

Leakage current is measured when the furnace has reached the rated temperature and is in a steady-state.

The leakage current is measured between any mains pole and accessible metallic parts.

The wiring diagram for single-phase furnaces with rated voltage not exceeding 250 V is given in Figure 1, page 24, and for three-phase furnaces in Figure 2, page 24.

The resistance of the measuring circuit between the framework and the mains terminals is 2000 ± 100 ohms. For single-phase furnaces with rated voltage not exceeding 250 V, the leakage current is measured setting the switch successively in positions 1 and 2 (Figure 1).

For all other types of furnaces, the leakage current is measured with contacts *a*, *b* and *c* closed (Figure 2). In three-phase furnaces not connectable as single-phase ones, measurements must be repeated opening in turn each switch *a*, *b* and *c* leaving the other two closed; in single-phase furnaces, the measurements are repeated with one switch open.

It is recommended to supply the furnace through an isolation transformer or, if it is not possible, to insulate the furnace from earth.

If the measurement circuits according to Figures 1 and 2 may not be used, the differential residual current method (Figure 3, page 25) may be adapted for the measurement of leakage currents.

For three-phase furnaces, the most unfavourable case should be measured as stated above.

The measurement shall be made under conditions specified by safety regulations.

5.13 *Détermination de la variation de la température pendant le refroidissement du four*

Il peut être demandé de mesurer la courbe de refroidissement. Lorsque le four a atteint le régime thermique permanent, l'alimentation d'énergie est coupée et la mesure de la température du four s'effectue au(x) point(s) de mesure spécifié(s) au paragraphe 5.3. On relève la courbe de température depuis la valeur θ_n (température nominale) jusqu'à la valeur θ convenue entre le constructeur et l'utilisateur.

5.14 *Détermination de la chaleur accumulée*

Note. — Cette méthode de mesure est à l'étude.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60397:1972
Withdrawn

5.13 *Determination of furnace temperature variation during the cooling period*

The cooling curve may be required. When the furnace reaches the thermal steady-state, it is switched off and the furnace temperature is measured at the point(s) specified in Sub-clause 5.3. The furnace temperature curve is read from the value θ_n (rated temperature) to the value θ agreed between manufacturer and user.

5.14 *Determination of accumulated heat*

Note. — This measuring method is under consideration.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60397:1972
Withdrawn

ANNEXE

LISTE DES SYMBOLES

Symboles	Unités	Indication
P	kW	Puissance du four
P_n	kW	Puissance nominale du four
P'_n	kW	Puissance du four mesurée à une tension différente de la tension nominale
P_o	kW	Pertes à vide
P_{tot}	kW	Puissance enclenchée
P_f	kW	Puissance (à l'état froid du four) à l'enclenchement
E	kWh	Energie absorbée par le four
E_A	kWh	Energie absorbée totale
E_m	kWh	Valeur moyenne de l'énergie absorbée pendant trois intervalles de temps
U	V	Tension du four
U_n	V	Tension nominale du four
θ	°C	Température
θ_i	°C	Température du four
θ_n	°C	Température nominale du four
θ_s	°C	Température à la surface extérieure du four
θ_a	°C	Température ambiante
θ_r	°C	Température de référence
θ_o	°C	Température de travail
θ_{so}	°C	Température de la surface d'un four en régime thermique permanent
t	h	Temps
t_p	h	Temps de mise en température
t_{th}	h	Temps de mise en régime thermique permanent
Δ_t	h	Intervalle de mesure
I_l	A	Courant de fuite

