

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62076

Première édition
First edition
2006-07

**Installations électrothermiques industrielles –
Méthodes d'essai pour fours à induction
à canal et pour fours à induction à creuset**

**Industrial electroheating installations –
Test methods for induction channel
and induction crucible furnaces**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62076:2006

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

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

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62076

Première édition
First edition
2006-07

**Installations électrothermiques industrielles –
Méthodes d'essai pour fours à induction
à canal et pour fours à induction à creuset**

**Industrial electroheating installations –
Test methods for induction channel
and induction crucible furnaces**

© IEC 2006 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



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*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	8
3 Termes et définitions.....	8
4 Types et conditions générales des essais.....	20
4.1 Conditions générales de déroulement des essais.....	20
4.2 Liste des essais.....	20
4.3 Conditions pour la réalisation des essais.....	20
5 Méthodes d'essais et de mesures.....	22
5.1 Essai de tenue diélectrique de l'ensemble inducteur.....	22
5.2 Essai de tenue à la pression des circuits de refroidissement par eau.....	24
5.3 Essai de débit des circuits de refroidissement par eau.....	24
5.4 Mesure de l'élévation de température du fluide de refroidissement.....	24
5.5 Détermination de la puissance d'entrée P et du facteur de puissance λ du circuit de puissance du four.....	24
5.6 Détermination de la puissance de maintien P_h	26
5.7 Détermination de la consommation d'énergie massique e , et de la vitesse de fusion ou la vitesse de surchauffe g	26
5.8 Détermination de la charge utile assignée G_{nu}	28
5.9 Mesure de la température de la carcasse du four.....	28
Annexe A (normative) Schémas explicatifs pour les symboles et définitions relatifs au circuit de puissance d'un four.....	30
Annexe B (informative) Liste des symboles utilisés dans le document.....	34
Figure A.1 – Circuit de puissance d'un four.....	30
Figure A.2 – Exemples de circuits compensés.....	32

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
4 Type of tests and general conditions of tests	21
4.1 General conditions for performance of tests	21
4.2 List of tests	21
4.3 Conditions for performing the tests	21
5 Methods for tests and measurements	23
5.1 Electrical withstand test of the inductor assembly.....	23
5.2 Tightness test of cooling water circuits	25
5.3 Flow test of cooling water circuits.....	25
5.4 Measurement of temperature rise of the coolant.....	25
5.5 Determination of the input power P and power factor λ of the furnace power circuit.....	25
5.6 Determination of holding power P_h	27
5.7 Determination of specific energy consumption e , melting rate or super-heating rate g	27
5.8 Determination of the rated useful charge G_{nu}	29
5.9 Measurement of the temperature of the furnace casing	29
Annex A (normative) Explanatory diagrams for symbols and definitions relating to the furnace power circuit.....	31
Annex B (informative) List of symbols used in the document.....	35
Figure A.1 – Furnace power circuit	31
Figure A.2 – Examples of compensated circuits	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES INDUSTRIELLES –
MÉTHODES D'ESSAI POUR FOURS À INDUCTION À CANAL
ET POUR FOURS À INDUCTION À CREUSET**

AVANT-PROPOS

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

La Norme Internationale CEI 62076 a été établie par le Comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

La CEI 62076 annule et remplace la deuxième édition de la CEI 60396 (1991) et la deuxième édition de la CEI 60646 (1992) et constitue une révision technique de l'ensemble de ces deux normes.

Les modifications significatives par rapport à ces normes sont les suivantes:

- la dernière édition de la CEI 60519-1 (2003) a été prise en compte;
- les définitions ont été alignées sur la deuxième édition de la CEI 60050-841;
- un essai complémentaire (5.8 Détermination de la charge utile assignée G_{nu}) a été introduit;
- l'Annexe B informative, qui comprend la liste des symboles utilisés dans la présente norme, a été ajoutée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL ELECTROHEATING INSTALLATIONS –
TEST METHODS FOR INDUCTION CHANNEL AND
INDUCTION CRUCIBLE FURNACES**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62076 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating equipment.

IEC 62076 cancels and replaces the second edition of IEC 60396 (1991) and the second edition of IEC 60646 (1992) and constitutes a combined technical revision thereof.

The significant changes with respect to these standards are as follows:

- the latest edition of IEC 60519-1 (2003) has been taken into account;
- definitions have been brought into line with the second edition of IEC 60050-841;
- one additional test (5.8 Determination of the rated useful charge G_{nu}) has been introduced;
- informative Annex B with the list of symbols used in the standard has been added.

Le texte de cette norme est basé sur les documents suivants :

FDIS	Rapport de vote
27/523/FDIS	27/539/FDIS

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

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

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

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

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

FDIS	Report on voting
27/523/FDIS	27/539/RVD

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

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

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

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

INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES INDUSTRIELLES – MÉTHODES D'ESSAI POUR FOURS À INDUCTION À CANAL ET POUR FOURS À INDUCTION À CREUSET

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux installations électriques comportant des fours industriels à induction à canal et des fours industriels à induction à creuset pour la fusion, le maintien et la surchauffe.

Elle a pour objet de normaliser des méthodes d'essai permettant de déterminer les paramètres essentiels et les caractéristiques techniques des installations électrothermiques comportant les fours indiqués ci-dessus.

Exception faite des essais de sécurité des points a), b) et c) de 4.2.1, la liste des essais donnés dans la présente norme n'est ni obligatoire ni limitative. On peut choisir dans cette liste les essais qui seront nécessaires à la détermination et à l'évaluation d'un four. Des essais complémentaires peuvent être effectués, de préférence après accord entre le fabricant et l'utilisateur des fours concernés.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. En ce qui concerne les références non datées, la dernière édition du document référencé (y compris tout amendement) s'applique.

CEI 60050-151, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-841:2004, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 841: Electrothermie industrielle*

CEI 60398:1999, *Chauffage électrique industriel – Méthodes générales d'essai*

CEI 60519-1, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 1: Exigences générales*

CEI 60519-3, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 3: Règles particulières pour les installations de chauffage par induction et par conduction et pour les installations de fusion par induction*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-151, la CEI 60050-841 (dont certains sont répétés ci-dessous), la CEI 60519-1 et la CEI 60519-3 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE Pour les définitions des termes 3.12 à 3.24, voir également les diagrammes explicatifs de l'Annexe A. La liste des symboles est aussi donnée à l'Annexe B.

INDUSTRIAL ELECTROHEATING INSTALLATIONS – TEST METHODS FOR INDUCTION CHANNEL AND INDUCTION CRUCIBLE FURNACES

1 Scope and object

This International Standard applies to electrical installations comprising industrial induction channel furnaces and induction crucible furnaces for melting, holding and superheating.

Its object is the standardization of test methods to determine the essential parameters and technical characteristics of electroheat installations comprising furnaces of the type indicated above.

With the exception of the safety tests given in items a), b) and c) of 4.2.1, the list of tests given in this standard is neither mandatory nor restrictive. Tests may be selected from this list as required for the characterization and evaluation of a furnace. Additional tests may be carried out, preferably in agreement between the manufacturer and the user of the furnaces concerned.

2 Normative references

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

IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-841:2004, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 841: Industrial electroheat*

IEC 60398:1999, *Industrial electroheating installations – General test methods*

IEC 60519-1, *Safety in electroheat installations – Part 1: General requirements*

IEC 60519-3, *Safety in electroheat installations – Part 3: Particular requirements for induction and conduction heating and induction melting installations*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-151, IEC 60050-841 (some of which are repeated below), IEC 60519-1 and IEC 60519-3, as well as the following, apply.

NOTE For definitions of terms from 3.12 to 3.24, see also the explanatory diagrams in Annex A. The symbols are also listed in Annex B.

3.1

installation électrothermique avec un four à induction à canal ou un four à induction à creuset

installation comprenant un ou des fours à induction à canal ou un ou des fours à induction à creuset ainsi que les équipements électriques et mécaniques nécessaires à la manœuvre et à l'exploitation du ou des fours

NOTE L'équipement électrique comprend les circuits auxiliaires, le système de commande et tous les composants électriques, y compris les conducteurs et les appareillages des circuits de puissance du four situés en aval de l'appareil de coupure de l'alimentation.

3.2

four à induction à creuset

four de fusion, de maintien ou de surchauffe à induction dans lequel la chaleur est générée directement dans la charge ou dans le creuset la contenant, au moyen d'une ou plusieurs bobines d'induction arrangées autour du creuset

[VEI 841-27-32, modifié]

3.3

creuset

récipient destiné à contenir la charge à soumettre à la fusion, constitué de matériaux réfractaires ou conducteurs de l'électricité, par exemple l'acier, le cuivre ou le graphite

[VEI 841-22-50]

3.4

inducteur d'un four à creuset

élément de base d'un four à induction à creuset, comprenant une ou des bobines d'inducteurs entourant un creuset selon un même axe et utilisant normalement des noyaux ou écrans magnétiques portés par le châssis environnant ou la carcasse du four

[VEI 841-27-59, modifié]

3.5

bobine d'inducteur creuset

bobine d'un équipement de fusion à induction, transportant un courant alternatif et conçue pour générer le champ magnétique qui engendre des courants induits dans la charge ou dans un creuset en matériau conducteur

3.6

four à induction à canal

four de fusion, de maintien ou de surchauffe à induction comportant une ou plusieurs enceintes recouvertes de matériau réfractaire dans laquelle (lesquelles) la charge à chauffer ou à fondre est placée et à laquelle (auxquelles) un ou plusieurs inducteurs canal sont attachés

[VEI 841-27-30, modifié]

3.7

inducteur canal

élément remplaçable ou fixe d'un four à induction à canal, constitué d'un inducteur à noyau associé à la chambre du four, comprenant les bobines des inducteurs canal, le noyau magnétique, les écrans, la carcasse et le canal fait de matériaux réfractaires

[VEI 841-27-57, modifié]

3.1

electroheat installation with an induction channel furnace or induction crucible furnace
installation comprising induction channel furnace(s) or induction crucible furnace(s) and the electrical and mechanical equipment necessary for the operation and utilization of the furnace(s)

NOTE The electrical equipment comprises the auxiliary circuits, the control system and all electrical components including conductors and switchgear in the furnace power circuit situated after the supply disconnecting device.

3.2**induction crucible furnace**

induction melting, holding or superheating furnace, in which the heat is generated directly in the charge, or in the crucible containing it, by means of one or more inductor coils arranged around the crucible

[IEV 841-27-32, modified]

3.3**crucible**

container for the charge to be melted, made of refractory or electrical conducting materials, e.g. steel, copper or graphite

[IEV 841-22-50]

3.4**crucible furnace inductor**

basic element of the induction crucible furnace, consisting of inductor coil(s) coaxially enclosing a crucible and usually of magnetic yokes or screens supported by a surrounding framework or metal casing

[IEV 841-27-59, modified]

3.5**crucible inductor coil**

coil of induction melting equipment, carrying an alternating current and designed to create the magnetic field which induces currents in the charge or in a crucible of conductive material

3.6**induction channel furnace**

induction melting, holding or superheating furnace consisting of one or more refractory lined chambers into which the charge to be heated or melted is placed and to which one or more channel inductors are attached

[IEV 841-27-30, modified]

3.7**channel inductor****channel furnace inductor**

replaceable or fixed element of an induction channel furnace consisting of a core type inductor attached to the furnace chamber, comprising the channel inductor coils, the magnetic core, the shields, the casing and the channel made of refractory material

[IEV 841-27-57, modified]

3.8**bobine d'inducteur canal**

enroulement électrique sur un noyau magnétique fermé devant être raccordé à une alimentation en courant alternatif et destiné à générer un flux magnétique alternatif dans le noyau

3.9**inducteur à noyau**

inducteur de chauffage comportant un noyau magnétique fermé qui traverse sa bobine inducteur canal et la charge à chauffer (principe de transformation)

[VEI 841-27-58, modifié]

3.10**noyau magnétique fermé**

noyau fermé en fer laminé, créant un cheminement de faible reluctance pour le flux magnétique

3.11**écran de refroidissement et de protection de l'inducteur canal**

écran refroidi par air ou par eau, placé entre le revêtement réfractaire et la bobine d'inducteur canal d'un four à induction à canal

NOTE L'écran de refroidissement et de protection sert aussi d'écran pour la bobine d'inducteur canal en cas de fuite de métal liquide.

[VEI 841-27-60, modifié]

3.12**circuit de puissance du four**

circuit comprenant la source d'énergie et le circuit compensé du four, y compris les conducteurs raccordant les deux

3.13**source d'énergie**

équipement destiné à l'alimentation de puissance du circuit compensé du four et disposant des caractéristiques principales spécifiées suivantes:

- fréquence f_2 ou domaine de fréquences $f_{21} \dots f_{22}$
- tension U_2 (valeur efficace)
- courant I_2 (valeur efficace)
- puissance active P_2

3.14**circuit compensé du four**

circuit électrique comprenant l'inducteur, un banc de capacités de compensation ainsi qu'un transformateur adapté à la charge (le cas échéant)

NOTE Voir l'Annexe A.

3.15**puissance d'entrée du circuit de puissance du four
(puissance apparente S ou puissance active P)**

puissance électrique à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four

3.8**channel inductor coil**

electrical winding on a closed magnetic core to be connected to an a.c. supply for generating an alternating magnetic flux in the core

3.9**core type inductor**

heating inductor with a closed magnetic core passing through its channel inductor coil and the charge to be heated (transformer principle)

[IEV 841-27-58, modified]

3.10**closed magnetic core**

closed laminated iron core, creating a low reluctance path for the magnetic flux

3.11**cooling and protection shield for the channel inductor**

air or water cooled shield, placed between the refractory lining and the channel inductor coil of the induction channel furnace

NOTE The cooling and protection shield also serves as a screen for the channel inductor coil in case of any leak of liquid metal.

[IEV 841-27-60, modified]

3.12**furnace power circuit**

circuit consisting of the power source and compensated circuit of the furnace, including the conductors connecting both

3.13**power source**

equipment for the supply of power to the compensated circuit of furnace and having the following main specified characteristics:

- frequency f_2 or frequency band $f_{21} \dots f_{22}$
- voltage U_2 (r.m.s. value)
- current I_2 (r.m.s. value)
- active power P_2

3.14**compensated circuit of the furnace**

electric circuit comprising the inductor, a compensating capacitor bank and a load-matching transformer (if applies)

NOTE See Annex A.

3.15**input power of the furnace power circuit
(apparent power S or active power P)**

electric power at the supply line to the furnace power circuit

3.16**facteur de puissance du circuit de puissance du four** λ rapport de la puissance active P à la puissance apparente S NOTE En conditions sinusoïdales, le facteur de puissance est $\cos \varphi$ (facteur actif).[VEI 131-11-46, modifié]¹**3.17****valeurs électriques assignées de l'installation ou d'une partie de l'installation**

valeurs électriques assignées pour lesquelles l'installation ou une partie de l'installation est conçue et qui sont marquées sur la plaque signalétique, par exemple:

- fréquence f_n ou domaine de fréquences $f_{n1} \dots f_{n2}$
- tension U_n
- courant I_n
- puissance active P_n

3.18**tension d'entrée du circuit compensé** U_c

tension à travers les bornes d'entrée du circuit compensé

3.19**courant d'entrée du circuit compensé** I_c

courant circulant à travers le circuit compensé

3.20**puissance du circuit compensé** P_c

puissance active à l'entrée du circuit compensé

3.21**tension** U_F

tension à travers les bornes de la bobine d'inducteur ou du système de bobines d'inducteurs

3.22**courant du four** I_F

courant circulant à travers la bobine d'inducteur ou le système de bobines d'inducteurs

3.23**fréquence du four** f_F fréquence du courant du four I_F **3.24****puissance du four** P_F

puissance active aux bornes de la bobine d'inducteur ou du système de bobines d'inducteurs

¹ CEI 60050-131:2002, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 131: Théorie des circuits*

3.16**power factor of the furnace power circuit** λ ratio of the active power P to the apparent power S NOTE Under sinusoidal conditions, the power factor is $\cos \varphi$ (active factor).[IEV 131-11-46, modified]¹**3.17****rated electrical values of the installation or a part thereof**

rated electrical values of the installation or a part of it are those, for which it is designed and marked on the rating plate, for example:

- frequency f_n or frequency band $f_{n1} \dots f_{n2}$
- voltage U_n
- current I_n
- active power P_n

3.18**input voltage of the compensated circuit** U_c

voltage across the input terminals of the compensated circuit

3.19**input current of the compensated circuit** I_c

current absorbed by the compensated circuit

3.20**power of the compensated circuit** P_c

active power at the input of the compensated circuit

3.21**voltage** U_F

voltage across the terminals of the inductor coil or system of inductor coils

3.22**furnace current** I_F

current absorbed by the inductor coil or the system of inductor coils

3.23**furnace frequency** f_F frequency of the furnace current I_F **3.24****furnace power** P_F

active power at the terminals of the inductor coil or system of inductor coils

¹ IEC 60050-131:2002, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 131: Circuit theory*

3.25

charge assignée/charge d'un four à induction à creuset

G_n

masse de charge fondue spécifiée que le four peut contenir dans un creuset de dimensions spécifiées en conditions normales d'exploitation

3.26

capacité utile assignée/charge d'un four à induction à canal

G_{nu}

masse de la charge fondue nominale spécifiée qui peut être retirée du four en conditions normales d'exploitation, spécifiée par le fournisseur

3.27

capacité/charge minimale

G_{min}

masse minimale de métal fondu dans le four spécifiée par le fournisseur

3.28

capacité/charge totale d'un four

G_t

masse de la somme de la charge utile assignée et de la charge minimale

3.29

charge d'essai

G_{essai}

masse du métal à fondre ou à surchauffer permettant d'établir la consommation d'énergie spécifique et la vitesse de fusion ou la vitesse de surchauffe

3.30

température de la charge

θ_{ch}

température de la charge à un instant donné du cycle de chauffage

3.31

température initiale de la charge

θ_{chs}

température de la charge au début du cycle de chauffage

3.32

température finale de la charge

θ_{chf}

température atteinte par la charge à la fin du cycle de chauffage immédiatement avant la coulée

3.33

température d'entrée du fluide de refroidissement

θ_{ci}

température du fluide de refroidissement à l'entrée du circuit de refroidissement de l'ensemble inducteur

3.34

température de sortie du fluide de refroidissement

θ_{co}

température du fluide de refroidissement à la sortie du circuit de refroidissement de l'ensemble inducteur, le four étant en fonctionnement aux conditions assignées

3.25**rated capacity/charge of an induction crucible furnace** G_n

mass of the specified molten charge which the furnace may contain with the specified crucible dimensions under normal operating conditions

3.26**rated useful capacity/charge of an induction channel furnace** G_{nu}

mass of the specified nominal molten charge which can be withdrawn from the furnace under operating conditions specified by the supplier

3.27**minimum capacity/charge** G_{min}

minimum mass of molten metal in the furnace specified by the supplier

3.28**total capacity/charge of a furnace** G_t

mass of the sum of the rated useful charge and the minimum charge

3.29**test charge** G_{test}

mass of the metal to be melted or superheated to establish specific energy consumption and melting rate or superheating rate

3.30**charge temperature** θ_{ch}

temperature of the charge at a given time of the heating cycle

3.31**charge starting temperature** θ_{chs}

temperature of the charge at the beginning of the heating cycle

3.32**charge final temperature** θ_{chf}

temperature of the charge attained at the end of the heating cycle immediately before tapping

3.33**inlet temperature of the coolant** θ_{ci}

temperature of the coolant when entering the cooling circuit of the inductor assembly

3.34**outlet temperature of the coolant** θ_{co}

temperature of the coolant when leaving the cooling circuit of the inductor assembly, with the furnace operating at rated conditions

3.35**régime du four aux conditions assignées (régime du four assigné)**

fonctionnement du four avec un creuset aux dimensions assignées ou avec un ou des canaux de dimensions spécifiées, avec une charge assignée, une puissance assignée et un domaine de fréquences assigné sans que soient dépassées les valeurs maximales de la tension et du courant définies par le fournisseur

3.36**régime thermique permanent du four**

régime thermique dans lequel toute l'énergie fournie au four sert à compenser les pertes calorifiques

3.37**état chaud du four**

régime thermique permanent du four à la température finale de la charge

3.38**état froid du four**

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

3.39**fonctionnement intermittent (discontinu) d'un four**

fonctionnement pendant lequel un nouveau cycle de fusion n'est démarré qu'après coulée de la charge précédente

3.40**fonctionnement continu d'un four**

fonctionnement pendant lequel on retire la charge fondue au fur et à mesure que la charge à fondre est ajoutée

3.41**puissance de maintien**

P_h

puissance active délivrée au circuit de puissance du four pour maintenir la charge assignée à une température spécifiée

3.42**consommation d'énergie**

(consommation d'énergie active E_a ou consommation d'énergie réactive E_r)

énergie électrique délivrée au circuit de puissance du four

3.43**consommation d'énergie massique**

e

rapport de la quantité totale d'énergie électrique E_a délivrée au circuit de puissance du four pour le chauffage, la fusion et la surchauffe ou la surchauffe d'une charge, de sa température initiale θ_{chs} à sa température finale θ_{chf} , à la masse de la charge

3.44**vitesse de fusion ou vitesse de surchauffe**

g

rapport de la masse d'une charge portée de la température initiale θ_{chs} à sa température finale θ_{chf} , à la durée totale nécessaire pour le chauffage, la fusion et la surchauffe ou la surchauffe de la charge

3.35**furnace duty at rated conditions (rated furnace duty)**

furnace operation with rated crucible dimensions or with new channel(s) of specified dimensions, with rated charge, rated power and rated frequency range without exceeding maximum voltage and current defined by the supplier

3.36**thermal steady state of a furnace**

thermal state in which the whole energy input into the furnace is used for the compensation of thermal losses

3.37**hot state of a furnace**

thermal steady state of the furnace at charge final temperature

3.38**cold state of a furnace**

thermal state in which the constructional component parts of the furnace are at ambient temperature

3.39**intermittent (batch) operation of a furnace**

operation in which a new melting cycle is started only after the tapping of the preceding charge

3.40**continuous operation of a furnace**

operation during which the molten charge is continually withdrawn, and a charge is continually added

3.41**holding power**

P_h

active power supplied to the furnace power circuit, in order to maintain the rated charge at a specified temperature

3.42**energy consumption**

(active energy consumption E_a or reactive energy consumption E_r)

electrical energy supplied to the furnace power circuit

3.43**specific energy consumption**

e

ratio of the total amount of electrical energy E_a supplied to the furnace power circuit for heating, melting and superheating or superheating of a charge from its starting temperature θ_{chs} to its final temperature θ_{chf} , to the mass of the charge

3.44**melting rate or superheating rate**

g

ratio of mass of a charge brought from the starting temperature θ_{chs} to its final temperature θ_{chf} to the total time necessary for heating, melting and superheating or superheating the charge

4 Types et conditions générales des essais

4.1 Conditions générales de déroulement des essais

Les conditions générales concernant les essais à l'état chaud et à l'état froid, la température ambiante et la tension d'alimentation spécifiées à l'Article 4 de la CEI 60398 s'appliquent. En complément, les éléments constituant des installations électrothermiques doivent être conformes à leurs spécifications appropriées.

NOTE Il convient de porter attention aux différents paramètres à considérer en ce qui concerne les valeurs assignées des fours à induction à creuset et four à induction canal ainsi qu'aux essais destinés à les vérifier; quelle que soit la dimension du four, ses performances dépendent:

- de la conception du four lui-même,
- du type et de l'utilisation d'un couvercle,
- du type et de l'utilisation de l'extraction de fumées,
- du matériau constituant la charge, c'est-à-dire de la nature du matériau et des dimensions des pièces chargées,
- du type et de la fréquence de la source d'énergie servant à l'alimentation électrique du four,
- du type de système de commande et de régulation de la source d'énergie alimentant le four,
- de l'aptitude de la source d'énergie alimentant le four à réagir aux variations rapides de la puissance réactive.

4.2 Liste des essais

4.2.1 Essais à l'état froid (obligatoires)

Les essais à l'état froid suivants sont obligatoires:

- a) essai de tenue diélectrique d'un inducteur de four à creuset ou d'un inducteur de four canal avant installation du revêtement réfractaire (voir 5.1);
- b) essai de tenue à la pression des circuits de refroidissement par eau (voir 5.2);
- c) essai de débit des circuits de refroidissement par eau (voir 5.3).

4.2.2 Essais à l'état chaud

Les essais à l'état chaud suivants sont optionnels et peuvent être choisis tels que le nécessitent la caractérisation et l'évaluation d'un four:

- a) mesure de l'élévation de température du fluide de refroidissement (voir 5.4);
- b) détermination de la puissance et du facteur de puissance du circuit de puissance du four (voir 5.5);
- c) détermination de la puissance de maintien (voir 5.6);
- d) détermination de la consommation d'énergie massique, de la vitesse de fusion ou la vitesse de surchauffe (voir 5.7);
- e) détermination de la charge utile assignée dans un four canal (voir 5.8);
- f) mesure de la température des parties constitutives du four (voir 5.9).

4.3 Conditions pour la réalisation des essais

Les essais à l'état froid doivent être réalisés après la construction ou après la réparation du four.

Les essais à l'état chaud doivent être réalisés avec un creuset neuf ou un ou des canaux neufs de dimensions spécifiées et avec des matériaux selon accord établi entre le fabricant et l'utilisateur.

4 Type of tests and general conditions of tests

4.1 General conditions for performance of tests

The general conditions concerning hot and cold state tests, ambient temperature and supply voltage specified in Clause 4 of IEC 60398 apply. In addition, components of the electroheat installations shall comply with their relevant specifications.

NOTE Attention should be drawn to the different parameters to be considered as regards the rated values of an induction crucible and channel furnace and to the tests intended for their verification; irrespective of the size of furnace, its performance depends on:

- the design of the furnace itself,
- type and use of a cover,
- type and use of fume extraction,
- the material constituting the charge, i.e. the nature of the material and the size of the charge pieces,
- the type and frequency of the power supply unit used to feed the furnace,
- the type of control and regulating system of the power supply unit for the furnace,
- the ability of the power supply unit of the furnace to react to rapid variations of reactive power.

4.2 List of tests

4.2.1 Cold-state tests (mandatory)

The following cold state tests are mandatory:

- a) electrical withstand test of crucible furnace inductor or channel furnace inductor before installation of refractory lining (see 5.1);
- b) tightness test of cooling water circuits (see 5.2);
- c) flow test of cooling water circuits (see 5.3).

4.2.2 Hot-state tests

The following hot state tests are optional and may be selected as required for the characterization and evaluation of a furnace:

- a) measurement of temperature rise of the coolant (see 5.4);
- b) determination of power and power factor of the furnace power circuit (see 5.5);
- c) determination of holding power (see 5.6);
- d) determination of specific energy consumption, melting rate or superheating rate (see 5.7);
- e) determination of the rated useful charge in channel furnaces (see 5.8);
- f) measurement of temperature of the furnace structural components (see 5.9).

4.3 Conditions for performing the tests

The cold-state tests shall be undertaken after manufacture or repair.

The hot-state tests are to be undertaken with a new crucible or new channel(s) of specified dimensions and materials as agreed between the manufacturer and the user.

La masse et le type de la charge d'essai, qu'il convient de prendre sèche et propre, ainsi que le processus technologique de fusion et de maintien doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur. Par type de charge, on entend la composition du matériau, la forme et les dimensions des pièces ainsi que le taux d'impuretés. Les processus technologiques englobent le chargement, le décrassage, l'échantillonnage, l'analyse métallurgique et le mesurage de la température. Les travaux sur les alliages peuvent influencer les résultats des essais et il convient normalement de les éviter pour les essais.

Dans le cas d'installations de fours (par exemple des installations distributrices), comportant des dispositifs de production qui peuvent avoir une influence sur un ou plusieurs des essais cités (voir 4.2), des essais complémentaires appropriés peuvent être prévus après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Les données électriques à déterminer à l'entrée du réseau d'alimentation par les essais des points b), c) et d) de 4.2.2 se rapportent à la tension assignée U_n et à la fréquence assignée f_n . Les écarts admissibles de la tension assignée et de la fréquence assignée doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur. Si, au cours de l'essai, ces écarts sont dépassés, on doit en tenir compte dans l'évaluation des essais.

Lorsque le transformateur du réseau est utilisé uniquement pour l'alimentation de l'installation électrothermique, les valeurs électriques à l'entrée de la ligne d'alimentation peuvent être déterminées à partir des valeurs correspondantes mesurées côté secondaire du transformateur en tenant compte de sa caractéristique.

Toutes les mesures doivent être effectuées avec soin, en utilisant les dispositifs appropriés et en suivant avec précision les instructions d'utilisation. Les tolérances dans la précision de tous les dispositifs de mesure (pour les valeurs électriques, les valeurs de température et de masse) doivent être établies après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Lorsque un essai doit être effectué à l'état chaud, le four doit être en fonctionnement depuis au moins 24 h au début de l'essai et s'il est mis en route avec un revêtement réfractaire neuf, il doit être en fonctionnement depuis au moins trois jours au début de l'essai.

5 Méthodes d'essais et de mesures

5.1 Essai de tenue diélectrique de l'ensemble inducteur

Cet essai doit être réalisé à la fréquence du réseau, avec une tension pratiquement sinusoïdale et de valeur égale à $2U_n + 1\,000\text{ V}$ (avec un minimum de $2\,000\text{ V}$), U_n étant la tension assignée de la bobine inductrice. La tension doit être appliquée entre les éléments qui se trouvent sous tension pendant le fonctionnement normal du four et la totalité des autres éléments métalliques de l'ensemble inducteur, lesquels, pour cet essai, sont raccordés les uns aux autres et mis à la terre. La tension doit être élevée progressivement pendant 10 s jusqu'à sa valeur d'essai, puis il convient qu'elle soit maintenue à cette valeur pendant 1 min.

L'essai de tenue diélectrique des ensembles inducteurs est réalisé avant la mise en place du revêtement réfractaire. Dans le cas de bobines refroidies par eau, la canalisation d'eau est débranchée pour que les éléments normalement sous tension pendant le fonctionnement du four ne soient pas reliés électriquement à la carcasse métallique du four par l'intermédiaire de l'eau.

Il ne doit y avoir au cours de ces essais ni amorçage ni contournement de l'isolation.

The mass and type of the test charge, which should be dry and clean, and the technological process for melting and holding are to be agreed between the manufacturer and the user. Type of charge means material composition, shape and size of pieces and the content of impurities. The technological processes include charging, deslagging, sampling, metallurgical analysis, and temperature measurement. Alloying work may influence the test results and should normally be avoided during the tests.

In the case of furnace installations, for example dispensing units, where production facilities may affect one or more of the listed tests (see 4.2), additional appropriate tests may be arranged as agreed between the manufacturer and the user.

The electrical data at the input of the supply line to be established by the tests of items b), c) and d) of 4.2.2 are related to the rated voltage U_n and the rated frequency f_n . Admissible deviations from the rated voltage and frequency shall be agreed on between the manufacturer and the user. If during the test these deviations are exceeded, this shall be taken into account in the evaluation.

In the case where a mains transformer is used solely for the electroheat installation the electrical values at the input of the supply line may be determined from the corresponding values on the secondary side of the transformer taking into account its characteristic.

All measurements are to be taken using appropriate devices and following accurately the instructions for their use. The tolerances of accuracy of all measuring devices (for values of electrical data, temperature and mass) are to be established and agreed between the manufacturer and the user.

Where a test is to be performed in the hot state, the furnace shall have been in operation for at least 24 h prior to the test and, in the case where it starts with a new lining, it shall have been in operation for at least three days prior to the test.

5 Methods for tests and measurements

5.1 Electrical withstand test of the inductor assembly

This test shall be performed at mains frequency with a substantially sine-wave voltage of $2U_n + 1\,000$ V (with a minimum of 2 000 V) where U_n is the rated voltage of the inductor coil. The voltage shall be applied between components which are live when the furnace is in normal operation and all other metal parts of the inductor assembly which are to be connected together and earthed for this test. The voltage shall be raised progressively within 10 s to its test value, which then should be maintained for 1 min.

The electrical withstand test for inductor assemblies is performed before the refractory lining is fitted. In the case of water-cooled coils, the cooling water hoses are disconnected so that the components which are normally live during the service of the furnace are not connected electrically to the metal casing of the furnace via the water.

No breakdown or flashover of the insulation shall occur during these tests.

5.2 Essai de tenue à la pression des circuits de refroidissement par eau

Cet essai consiste à vérifier l'étanchéité des circuits de refroidissement par eau. Après avoir obturé la sortie des circuits d'eau, on augmente à l'aide d'une pompe la pression de l'eau jusqu'à une valeur égale à 150 % de la pression spécifiée par le fabricant du four. Cette pression est maintenue dans les circuits d'eau fermés pendant au moins 5 min. On ne doit au cours de ces essais constater ni fuite d'eau ni baisse de pression dans le circuit de refroidissement.

Les pics de pression sont à éviter pendant l'essai.

5.3 Essai de débit des circuits de refroidissement par eau

L'essai consiste à vérifier que les circuits de refroidissement par eau permettent le passage du débit d'eau spécifié sans dépasser une chute de pression spécifiée.

Le débit d'eau du circuit de refroidissement doit être mesuré au moyen d'un débitmètre ou déterminé par le volume d'eau débité pendant une période d'une certaine durée divisé par la durée de cette période.

5.4 Mesure de l'élévation de température du fluide de refroidissement

Cet essai doit être réalisé à l'état chaud du four (voir 3.37) en fonctionnement au régime assigné du four (voir 3.35), avec le débit spécifié par le fabricant, à la fin de l'essai défini en 5.7. La température du fluide de refroidissement doit être mesurée au moyen de thermomètres, ou surveillée par des capteurs disposés à l'entrée et à la sortie des circuits de refroidissement du four. La différence entre les températures à l'entrée et à la sortie du circuit de refroidissement donnera l'élévation de la température du fluide de refroidissement. Au cours de l'essai, la température de sortie et l'élévation de température de ce fluide doivent se situer dans les limites fixées par le fabricant.

NOTE Il est recommandé que plusieurs lectures soient relevées, par exemple toutes les 5 min vers la fin de la période d'essai indiquée en 5.7, pour s'assurer que le four a atteint un régime thermique stable à l'état chaud.

5.5 Détermination de la puissance d'entrée P et du facteur de puissance λ du circuit de puissance du four

La puissance active P doit être mesurée et la puissance apparente S peut être déterminée à partir des mesures du courant I et de la tension U en régime assigné (voir 3.35) et à l'état chaud du four (voir 3.37). Le facteur de puissance λ (voir 3.16) peut être calculé en faisant le rapport de la puissance active à la puissance apparente.

La classe de précision des instruments de mesure doit être inférieure ou égale à 1,5. Les instruments doivent mesurer des valeurs réelles efficaces.

NOTE 1 Un taux d'harmoniques de tension et/ou de courant suffisamment réduit n'altère pas le résultat de l'essai; dans ces conditions, le facteur de puissance λ devient pratiquement égal au $\cos \varphi$ mesuré au moyen d'un $\cos \varphi$ - mètre. En cas d'alimentation triphasée, il convient de s'assurer que, pendant ces mesures, les courants sur les trois phases ne présentent pas de déséquilibre notable. A titre indicatif, on peut considérer que cette exigence est satisfaite quand l'écart entre les valeurs des courants et leur valeur moyenne ne dépasse pas ± 10 %. Lorsque le déséquilibre entre les trois phases dépasse ± 10 %, il convient d'utiliser une méthode appropriée donnant des résultats plus précis.

NOTE 2 Du fait que les puissances active et réactive demeurent relativement constantes pendant cet essai, on peut aussi déterminer la puissance active à partir de l'énergie active (mesurée par un compteur d'énergie) consommée pendant une durée donnée et divisée par cette durée. De même, le facteur de puissance λ peut être déterminé en mesurant, au moyen de compteurs d'énergie appropriés, les énergies actives et réactives consommées durant la même période.

5.2 Tightness test of cooling water circuits

The test is to verify the tightness of the cooling water circuits. After closing the outlet of water circuits, the water pressure is raised by a pump to 150 % of the pressure specified by the furnace manufacturer. This pressure is to be maintained in the closed water circuits for at least 5 min. Neither water leakage nor pressure decrease shall occur during this test.

Pressure surges are to be avoided during the test.

5.3 Flow test of cooling water circuits

The test is to verify that the cooling water circuits will carry the specified flow without exceeding a specified pressure drop.

The water flow of the circuit shall be measured by use of a flowmeter or determined by the volume of flowing-out water during a certain time period divided by the time.

5.4 Measurement of temperature rise of the coolant

This test shall be carried out in the hot state (see 3.37) of the furnace operating at rated furnace duty (see 3.35), with the flow rate specified by the manufacturer, at the end of the test given in 5.7. The temperature of the coolant shall be measured by thermometers or monitored by sensors at the inlet and outlet of the cooling circuits of the furnace. The difference between the inlet and outlet temperatures will give the value of the temperature rise of the coolant. During the test the outlet temperature and the temperature rise shall be within the manufacturer's specification.

NOTE It is recommended that several readings be taken, for example, every 5 min towards the end of the test period given in 5.7, to ascertain that the furnace has attained a stable hot state condition.

5.5 Determination of the input power P and power factor λ of the furnace power circuit

The active power P is to be measured and the apparent power S can be determined by the measurement of the current I and voltage U at rated duty (see 3.35) and at the hot state of the furnace (see 3.37). The power factor λ (see 3.16) can be calculated as the ratio of the active power and the apparent power.

The accuracy class of the measuring instruments shall be lower than, or equal to, 1,5. The instruments shall measure true r.m.s. values.

NOTE 1 A low content of voltage and/or current harmonics does not significantly affect the test result; in these conditions, the power factor λ becomes practically equal to the $\cos \varphi$ measured by means of a $\cos \varphi$ -meter. In the case of a three-phase supply, it should be ensured that, during these measurements, currents in the three phases show no significant unbalance. It should be considered as a guideline that this requirement is met when the deviation of the current values from their mean value does not exceed $\pm 10\%$. Where the out-of-balance of the three-phase line currents exceeds $\pm 10\%$, an appropriate and more accurate method should be employed.

NOTE 2 Active and reactive power remaining relatively constant during this test, active power may also be determined by the active energy (measured by an energy-meter) consumed in a given time divided by this time. Similarly, power factor λ may be determined by measuring the active and reactive energy consumed in the same time period by means of adequate energy-meters.

5.6 Détermination de la puissance de maintien P_h

Le four, contenant la charge assignée, doit avoir fonctionné en service normal pendant une durée suffisante pour être à l'état chaud (voir 3.37). Pendant toute la durée de l'essai, la température finale de la charge doit être maintenue aussi constante que possible.

Outre la température de la charge, on mesure la consommation d'énergie du four ainsi que la durée de la période d'essai. L'énergie doit être mesurée à l'entrée du circuit de puissance du four. On calcule la puissance de maintien en faisant le quotient de l'énergie par la durée de la période d'essai.

La classe de précision des instruments de mesure doit être inférieure ou égale à 1,5.

5.7 Détermination de la consommation d'énergie massique e , et de la vitesse de fusion ou la vitesse de surchauffe g

La mesure est débutée après que le four a fonctionné pendant une durée suffisante pour être à l'état chaud (voir 3.37).

Avant que l'essai ne commence, une charge de masse égale à celle de la charge d'essai (voir 3.29) doit être coulée, le plus rapidement possible en une seule fois, à partir du four contenant sa charge totale (voir 3.28). Si la charge d'essai est inférieure à la charge totale, le métal fondu demeurant dans le four (charge résiduelle) doit être à la température finale (voir 3.32). Dans tous les cas, il convient que le chargement commence immédiatement après la coulée ou après que la charge résiduelle a été portée à la température finale.

Immédiatement après le chargement de tout ou partie de la charge d'essai, le four est mis sous tension et la période d'essai est démarrée, au cours de laquelle le four est chargé de façon continue jusqu'à atteindre la charge d'essai. Dès que la charge a atteint sa température finale, le four est mis hors tension et la période d'essai est terminée.

L'énergie électrique consommée pendant la période d'essai doit être mesurée à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four. On doit également noter le temps au cours de la période d'essai pendant lequel le four est resté sous tension ainsi que la température de la charge au début de l'essai et au moment de la coulée. Afin d'empêcher une surchauffe excessive de la charge, il convient de réaliser plusieurs mesures de température avant que la charge n'ait atteint la température finale.

La consommation d'énergie spécifique est calculée en faisant le quotient de l'énergie mesurée comme indiqué dans l'alinéa précédent de ce paragraphe (déduction faite de la consommation d'énergie supplémentaire destinée à compenser les pertes thermiques résultant de la mise hors tension de l'alimentation pendant la période d'essai) par la masse de la charge d'essai.

La vitesse de fusion ou la vitesse de surchauffe du four est calculée en faisant le quotient de la masse de la charge d'essai par la durée pendant laquelle le four est resté sous tension au cours de la période d'essai (déduction faite de la durée utilisée pour compenser les pertes thermiques résultant de la mise hors tension de l'alimentation pendant la période d'essai).

Il est recommandé de répéter l'essai ci-dessus pendant plusieurs cycles successifs de fusion ou de surchauffe (par exemple trois) et de prendre la moyenne des résultats pour la consommation d'énergie massique et pour la vitesse de fusion ou la vitesse de surchauffe.

NOTE Les pertes thermiques dues à l'ouverture des couvercles et aux périodes hors tension pendant les essais peuvent avoir une influence sur les résultats. Il convient que les pertes thermiques soient réduites au minimum et prises en compte lors de l'évaluation des résultats. La quantité de pied de bain peut influencer les résultats des essais et il convient qu'elle fasse l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5.6 Determination of holding power P_h

The measurement is started after the furnace containing the rated charge has been in normal operation for a sufficient time to ensure that it is in the hot state (see 3.37). Throughout the test period, the final temperature of the charge shall be maintained as constant as practicable.

In addition to the temperature of the charge, the energy consumption of the furnace and the time of the test period are measured. The energy shall be measured at the input to the furnace power circuit. The holding power is calculated by dividing the energy by the time of the test period.

The accuracy class of the measuring instruments shall be lower than, or equal to, 1,5.

5.7 Determination of specific energy consumption e , melting rate or superheating rate g

The measurement is started after the furnace has been in operation for a sufficient time to ensure that it is in the hot state (see 3.37).

Before the test starts, a charge equal to the mass of the test charge (see 3.29) has to be poured as quickly as possible in one delivery from the furnace containing its total charge (see 3.28). If the test charge is less than the total charge, the molten metal remaining in the furnace (remaining charge) shall be at the final temperature (see 3.32). In any case, charging should be started immediately after tapping or after the remaining charge has been heated up to the final temperature.

Immediately after loading the test charge or part of it, the power is switched on and the test period begins, during which charging continues until the test charge has been completely introduced into the furnace. As soon as the charge has been heated up to the final temperature, the furnace is switched off and the test period is over.

The electrical energy consumed during the test period shall be measured at the supply line to the furnace power circuit. The power-on time shall also be noted for the test period, as well as the charge temperature at the start and at tapping. In order to prevent overheating of the charge, several temperature measurements should be made before the final temperature is attained.

The specific energy consumption is calculated by dividing the energy measured as stated in the previous paragraph of this subclause (reduced by the additional energy consumption that compensates the thermal losses occurring by switching-off power during the test period) by the mass of the test charge.

The melting rate or superheating rate of the furnace is calculated by dividing the mass of the test charge by the power-on time for the test period (reduced by the time used to compensate for the thermal losses occurring when power has been switched off during the test period).

It is recommended that the above test be repeated for several successive melts or superheating cycles (for example three) and to take the average of the results for specific energy consumption and melting rate or superheating rate.

NOTE Thermal losses due to opening of lids and power-off-times during the tests may influence the results. They should be kept to a minimum and taken into consideration when evaluating the results. The amount of the hot heel may influence the test results and should be agreed between the manufacturer and the user.

5.8 Détermination de la charge utile assignée G_{nu}

Le four doit être rempli avec la masse de la charge totale conformément à la documentation du fabricant. La charge utile assignée doit être ensuite coulée et on peut la vérifier en pesant le métal fondu. La valeur de la charge utile assignée est déterminée lorsque le prochain cycle de production avec une autre charge utile peut être exécuté dans un mode de fonctionnement normal.

5.9 Mesure de la température de la carcasse du four

Cet essai doit être réalisé à l'état chaud du four en fonctionnement aux conditions assignées (par exemple immédiatement après l'essai défini en 5.7). On doit mesurer, au moyen d'un couple thermoélectrique de contact, d'un thermomètre ou de capteurs équivalents, la température de la surface extérieure de la carcasse du four.

5.8 Determination of the rated useful charge G_{nu}

The furnace is to be filled up to the total charge mass according to the manufacturer's documentation. Then the rated useful charge shall be poured and may be verified by weighing the metal poured. The value of the rated useful charge is determined if the next production cycle with another useful charge can be executed in normal operation mode.

5.9 Measurement of the temperature of the furnace casing

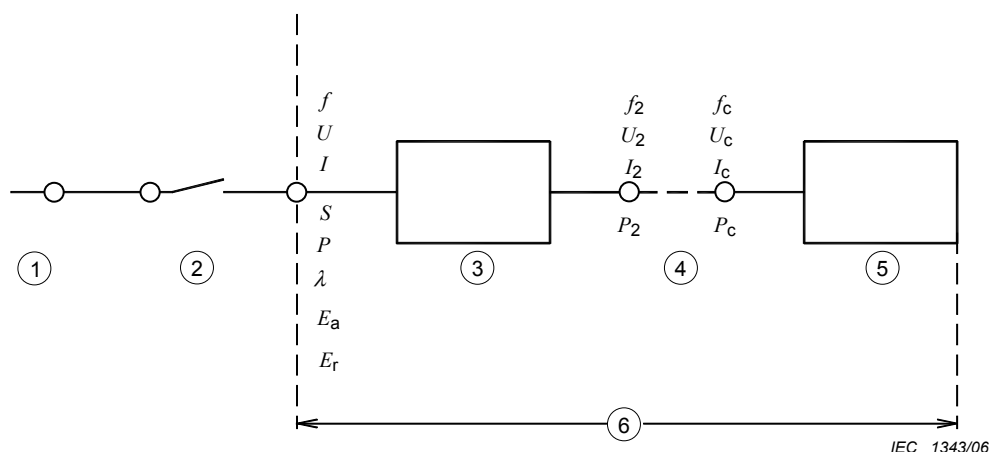
This test shall be carried out in the hot state of the furnace operating at rated conditions (for example, immediately after the test described in 5.7). The temperature at the external surface of the furnace casing shall be measured by means of a contact thermocouple, thermometer, or equivalent sensor.

Annexe A (normative)

Schémas explicatifs pour les symboles et définitions relatifs au circuit de puissance d'un four

A.1 Circuit de puissance du four (voir Figure A.1)

NOTE Pour la liste des symboles, voir l'Annexe B.



Composants

- ① ligne d'alimentation
 - ② interrupteur-sectionneur
 - ③ source d'énergie
 - ④ jeux de barres, câbles souples de raccordement (impédances actives et/ou réactives)
 - ⑤ circuit compensé/charge
- NOTE Dans certains cas particuliers, on peut faire fonctionner l'inducteur du four à creuset ou du four canal sans compensation.
- ⑥ circuit de puissance du four

Figure A.1 – Circuit de puissance d'un four

A.2 Exemples de sources de puissance

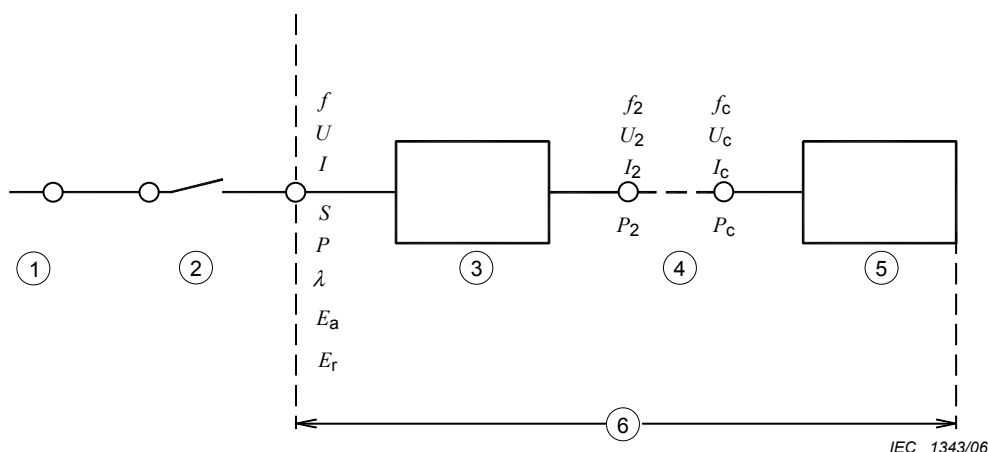
- I Alimentation monophasée. Transformateur à changeur de prises en charge ou autre système de régulation de tension + appareils de commutation en charge pour un four monophasé à la fréquence du réseau.
- II Alimentation triphasée. Transformateur à changeur de prises en charge ou autre système de régulation de tension + appareils de commutation en charge + équipement d'équilibrage de phases pour un four monophasé à la fréquence du réseau.
- III Alimentation triphasée. Equipement convertisseur de fréquence, y compris les appareils de commutation et éventuellement transformateur-abaisseur de tension réseau, pour un four monophasé fonctionnant à d'autres fréquences que la fréquence du réseau.
- IV Alimentation triphasée. Transformateur à changeur de prises en charge ou autre système de régulation de tension + appareils de commutation en charge + équipement d'équilibrage de phases mais en utilisant plus d'un inducteur par four.

Annex A (normative)

Explanatory diagrams for symbols and definitions relating to the furnace power circuit

A.1 Furnace power circuit (see Figure A.1)

NOTE For the list of symbols, see Annex B.



Components

- ① supply line
- ② supply disconnecting device
- ③ power source
- ④ connection, for example, busbars, flexible cables (active or/and reactive impedances)
- ⑤ compensated circuit/load
- ⑥ furnace power circuit

NOTE In special cases, the crucible/channel furnace inductor may be operated without compensation.

Figure A.1 – Furnace power circuit

A.2 Examples of power sources

- I Single-phase supply. Tap-changing transformer or other voltage-regulating device + load-switching contactors for mains-frequency single-phase furnace.
- II Three-phase supply. Tap-changing transformer or other voltage-regulating device, load-switching contactors + phase-balancing equipment for mains-frequency single-phase furnace.
- III Three-phase supply. Frequency converter equipment, including switching devices, possibly with mains supply step-down transformer, for single-phase furnace operating at other than mains-frequency.
- IV Three-phase supply. Tap-changing transformer or other voltage-regulating device, load-switching contactors + phase-balancing equipment by using more than one inductor per furnace.

A.3 Exemples de circuits compensés (voir Figure A.2)

NOTE Pour la liste des symboles, voir l'Annexe B.

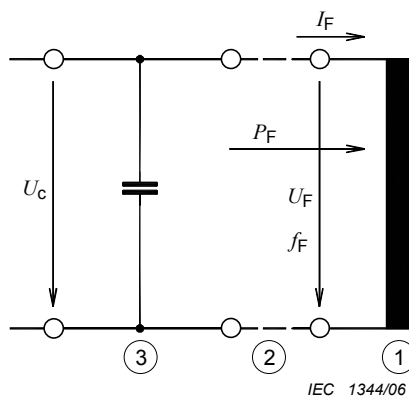


Figure A.2 a – Circuit compensé parallèle

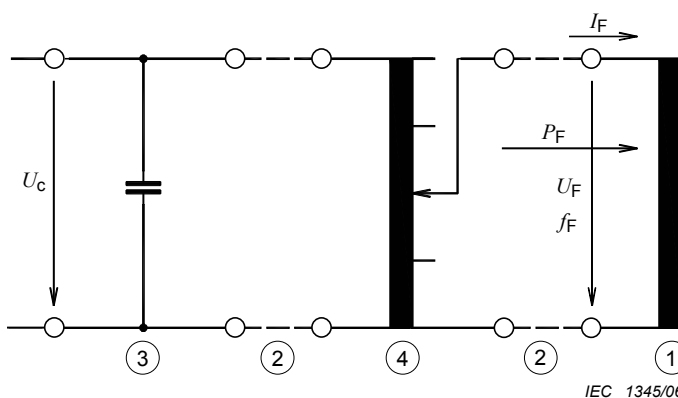


Figure A.2 b – Circuit compensé parallèle avec transformateur s'adaptant à la charge

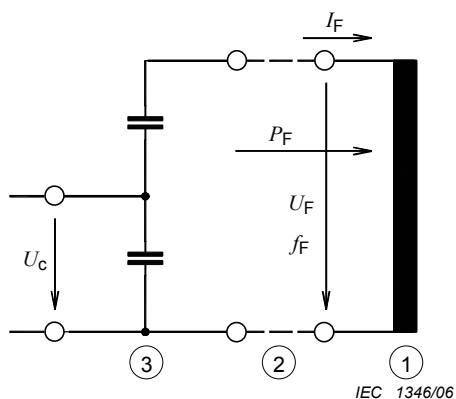


Figure A.2 c – Circuit parallèle compensé avec transformation de tension capacitive

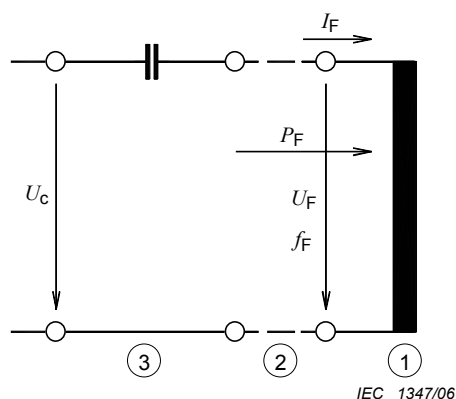


Figure A.2 d – Circuit compensé série

Composants

- ① inducteur d'un four à creuset ou d'un four canal pouvant être constitué de plusieurs bobines en série ou en parallèle (charge inductive prédominante avec composant actif)
- ② jeux de barres, câbles souples de raccordement (impédances actives et/ou réactives)
- ③ capacités de compensation
- ④ transformateur s'adaptant à la charge

Figure A.2 – Exemples de circuits compensés

A.3 Examples of compensated circuits (see Figure A.2)

NOTE For the list of symbols, see Annex B.

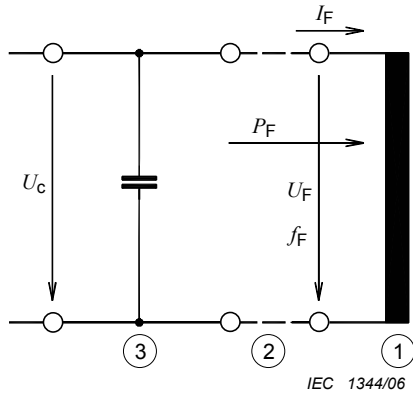


Figure A.2 a – Parallel compensated circuit

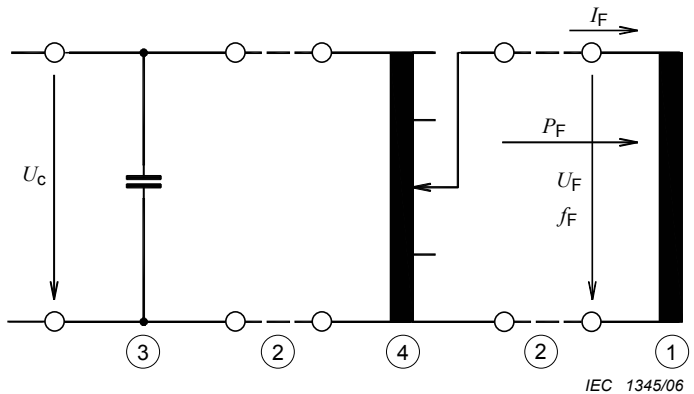


Figure A.2 b – Parallel compensated circuit with load matching transformer

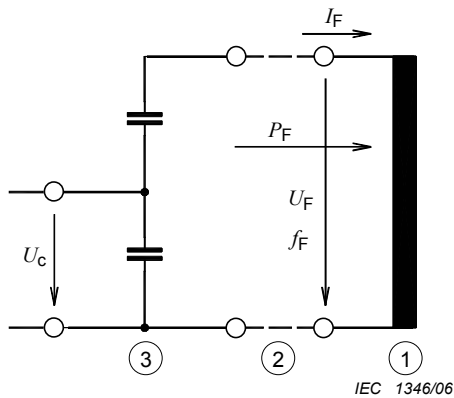


Figure A.2 c – Parallel compensated circuit with capacitive voltage transformation

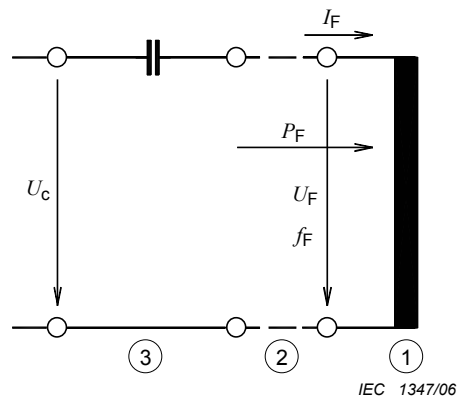


Figure A.2 d – Series compensated circuit

Components

- ① crucible/channel furnace inductor, which may consist of several coils in series or in parallel (predominantly inductive load with active component)
- ② connection (for example, busbars, flexible cables) representing active or/and reactive impedances
- ③ compensating capacitors
- ④ load matching transformer

Figure A.2 – Examples of compensated circuits

Annexe B (informative)

Liste des symboles utilisés dans le document

Symbole	Termes
$\cos \varphi$	facteur de puissance du circuit de puissance du four
e	consommation d'énergie massique du circuit de puissance du four
E_a	consommation d'énergie active du circuit de puissance du four
E_r	consommation d'énergie réactive du circuit de puissance du four
f	fréquence à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four
f_2	fréquence à la sortie de la source d'énergie
f_c	fréquence à l'entrée du circuit compensé (= f_2)
f_F	fréquence aux bornes de l'inducteur du four
g	vitesse de fusion ou vitesse de surchauffe du circuit de puissance du four
G_{\min}	charge minimale d'un four
G_n	charge assignée d'un four à induction à creuset
G_{nu}	charge utile assignée d'un four à induction à canal
G_t	charge totale d'un four
G_{essai}	charge d'essai d'un four
I	courant à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four
I_2	courant à la sortie de la source d'énergie
I_c	courant à l'entrée du circuit compensé (= I_2)
I_F	courant consommé par l'inducteur du four
P	puissance active à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four
P_2	puissance active à la sortie de la source d'énergie
P_c	puissance active à l'entrée du circuit compensé
P_F	puissance consommée par l'inducteur du four
P_h	puissance de maintien du circuit de puissance du four
S	puissance apparente à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four
U	tension à la ligne d'alimentation du circuit de puissance du four
U_2	tension à la sortie de la source d'énergie
U_c	tension à l'entrée du circuit compensé
U_F	tension aux bornes de l'inducteur du four
V_{\min}	volume de la capacité de charge minimale
V_n	capacité assignée d'un four à induction à creuset
V_{nu}	capacité utile assignée d'un four à induction à canal
V_t	capacité totale d'un four
θ_{ch}	température de la charge
θ_{chf}	température finale de la charge
θ_{chs}	température initiale de la charge
θ_{ci}	température d'entrée du fluide de refroidissement
θ_{co}	température de sortie du fluide de refroidissement
λ	facteur de puissance du circuit de puissance du four

Annex B (informative)

List of symbols used in the document

Symbol	Terms
$\cos \varphi$	active factor of the furnace power circuit
e	specific energy consumption of the furnace power circuit
E_a	active energy consumption of the furnace power circuit
E_r	reactive energy consumption of the furnace power circuit
f	frequency at the supply line to the furnace power circuit
f_2	frequency at the output of the power source
f_c	frequency at the input of the compensated circuit (= f_2)
f_F	frequency across the terminals of the furnace inductor
g	melting rate or superheating rate of the furnace power circuit
G_{\min}	minimum charge of a furnace
G_n	rated charge of an induction crucible furnace
G_{nu}	rated useful charge of an induction channel furnace
G_t	total charge of a furnace
G_{test}	test charge of a furnace
I	current at the supply line to the furnace power circuit
I_2	current at the output of the power source
I_c	current at the input of the compensated circuit (= I_2)
I_F	current absorbed by the furnace inductor
P	active power at the supply line to the furnace power circuit
P_2	active power at the output of the power source
P_c	active power at the input of the compensated circuit
P_F	power absorbed by the furnace inductor
P_h	holding power of the furnace power circuit
S	apparent power at the supply line to the furnace power circuit
U	voltage at the supply line to the furnace power circuit
U_2	voltage at the output of the power source
U_c	voltage at the input of the compensated circuit
U_F	voltage across the terminals of the furnace inductor
V_{\min}	capacity volume of the minimum charge
V_n	rated capacity of an induction crucible furnace
V_{nu}	rated useful capacity of an induction channel furnace
V_t	total capacity of a furnace
θ_{ch}	temperature of the charge
θ_{chf}	final temperature of the charge
θ_{chs}	starting temperature of the charge
θ_{ci}	inlet temperature of the coolant
θ_{co}	outlet temperature of the coolant
λ	power factor of the furnace power circuit

.....



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

Q3 I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

Q4 This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

Q5 This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents
- tables, charts, graphs, figures.....
- other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (ex. 60601-1-1)
.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction? (cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

Q3 Je travaille: (cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme (cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins: (une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes: (cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres (1) inacceptable, (2) au-dessous de la moyenne, (3) moyen, (4) au-dessus de la moyenne, (5) exceptionnel, (6) sans objet

- publication en temps opportun
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique
- disposition logique du contenu
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures
- autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....



.....

ISBN 2-8318-8745-3



9 782831 887456

ICS 25.180.10

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND