IEC 61307

Edition 3.0 2011-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial microwave heating installations – Test methods for the determination of power output

Installations industrielles de chauffage à hyperfréquence – Méthodes d'essai pour la determination de la puissance de sortie

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.
If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.
Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:
Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:
Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

IEC 61307

Edition 3.0 2011-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial microwave heating installations – Test methods for the determination of power output

Installations industrielles de chauffage à hyperfréquence – Méthodes d'essai pour la determination de la puissance de sortie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

N

ICS 25.180.10

ISBN 978-2-88912-499-2

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

CONTENTS

1 FOREWORD 3
1 Scope 5
2 Normative references 5
3 Terms and definitions 5
4 Methods of microwave power measurements 8
4.1 General 8
4.2 Available microwave power output 8
4.3 Microwave workload power 8
4.4 Effective microwave power and efficiency 9
5 Calorimetric power measurements 9
5.1 General 9
5.2 Direct water power measurements 9
5.3 Dummy load power measurements 10
6 Determination of microwave workload power 10
7 Determination of effective microwave power 11
7.1 General 11
7.2 The open container water test 11
7.3 Tests using other liquids 12
8 Electrical efficiency 12
8.1 Available microwave power output 12
8.2 Electric input 13
9 Standby power consumption 13
Bibliography 14

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL MICROWAVE HEATING INSTALLATIONS – TEST METHODS FOR THE DETERMINATION OF POWER OUTPUT

FOREWORD

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

International Standard IEC 61307 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2006. It constitutes a technical revision .

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:-

a) it covers how to measure not only the microwave power output of all typical equipment designs, but also the system efficiency, including the standby and hibernation modes;
b) the handling of the former A and B types of equipment is replaced by measurements of the available microwave power output and microwave workload power, respectively.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

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

CDV	Report on voting
27/761/CDV	27/782/RVC

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

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

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

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

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

INDUSTRIAL MICROWAVE HEATING INSTALLATIONS – TEST METHODS FOR THE DETERMINATION OF POWER OUTPUT

1 Scope

This International Standard specifies test methods for the determination of the available microwave output power and the efficiency of frequency conversion from the electrical input in industrial microwave heating installations.

This standard also specifies test methods for assessing the microwave power deposition in the microwave workload – the microwave workload power, in microwave-only installations.

This standard is applicable to industrial microwave heating equipment and installations in the frequency range from 300 MHz to 300 GHz.

This standard relates to industrial microwave heating equipment operating under normal load.

This standard does not apply to appliances for household and similar use (covered by IEC 60335-2-25), commercial use (covered by IEC 60335-2-90) or laboratory use (covered by IEC 61010-2-010).

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 60050-221:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 221: Magnetic materials and components*
Amendment 1(1993)
Amendment 2 (1999)
Amendment 3 (2007)

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

IEC 60050-726:1982, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 726: Transmission lines and waveguides*

IEC 60519-6, *Safety in electroheat installations – Part 6: Specifications for safety in industrial microwave heating equipmen*t

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions of IEC 60519-6 and IEC 60050-841 as well as the following apply.

3.1
calorimetric power meter
calorimeter power meter
power meter which uses temperature rise in a medium as a means of measuring absorbed power

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE The medium, typically water, is either the power-absorbing agent or has heat transferred to it from a power-absorbing element.

[IEC 60050-726:1982, 726-21-10]

3.2
circulator
passive device having three or more ports in which the power entering any port is transmitted to the next port according to a given order of sequence

NOTE The typical forms are junction circulators [IEC 60050-221:1990, 221-05-14] of the T junction [IEC 60050-726:1982, 726-17-12] or Y junction [IEC 60050-726:1982, 726-17-13].

[IEC 60050-221:1990, 221-05-11, modified]

3.3
cross coupling (between generators)
appearance of undesired microwave energy in a microwave generator or the transmission line output port of a microwave generator assembly caused by one or several other microwave generators or microwave generator assemblies

3.4
electrical efficiency of microwave heating equipment
quotient between the available microwave power output and the electric input to the mains frequency power supply or microwave generator assembly, at power settings for normal operation

3.5
insertion loss
loss resulting from the insertion of a network into a transmission system, the ratio of the power delivered to that part of the system following the network, before insertion of the network, to the power delivered to that same part after insertion of the network

NOTE The insertion loss is generally expressed in decibels.

[IEC 60050-726:1982, 726-06-07]

3.6
isolation (of a three-port circulator)
reverse attenuation between the main output port and main input port, with all ports being impedance matched

NOTE 1 The isolation should not be confused with the reverse loss occurring between adjacent ports.

NOTE 2 This is a special case of cross coupling of a circulator [IEC 60050-726:1982, 726-16-06].

3.7
means of access
all structural features of the microwave heating equipment which can be opened or removed without the use of a tool to provide access to the interior of the microwave applicator or microwave cavity

3.8
microwave applicator
structure which applies the microwave energy to the load

[IEC 60050-841:2004, 841-29-11]

3.9
microwave cavity
space enclosed by inner metal walls and a door or an access opening and in which the microwave load is placed

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

[IEC 60050-841:2004, 841-29-19, modified]

3.10
microwave enclosure
structure which is intended to confine the microwave energy to a defined region

NOTE Examples are a cavity, door seals and waveguides.

[IEC 60050-841:2004, 841-29-20]

3.11
microwave generator
source used to produce electromagnetic energy in the frequency range from 300 MHz to 300 GHz

[IEC 60050-841:2004, 841-29-16]

NOTE In the context of this standard, the microwave generator is only the component where the frequency conversion takes place. See 3.2.

3.12
microwave generator assembly
part of the microwave heating equipment comprising an apparatus producing microwave energy and its associated transmission line output port

NOTE 1 The assembly includes the microwave generator, the power supply of the microwave generator and its ancillary and control circuits. If a circulator is used, it is also included.

NOTE 2 Microwave heating equipment containing a microwave generator assembly was classified as Type A in earlier editions of this standard; equipment where a transmission line output port is not available was classified as Type B.

3.13
microwave heating equipment
assembly of electric and mechanical devices intended for the transfer of microwave energy to the microwave load and comprising in general power supplies, microwave generators or microwave generator assemblies with cooling arrangements and circulators if used, microwave applicators or cavities with ventilation arrangements if used, interconnecting cables and waveguides, control circuitry, and means for transporting the microwave load if used

[IEC 60050-841:2004, 841-29-06, modified]

3.14
microwave load
objects introduced into the applicator or cavity, or put in the intended position near an open applicator

[IEC 60050-841:2004, 841-29-12]

3.15
microwave transparency
property of a material having negligible absorption and reflection of microwaves

NOTE The relative permittivity of a microwave transparent material is usually less than 7 and the loss factor is usually less than 0,015. However, if the microwave workload has a low loss factor, more stringent requirements apply.

[IEC 60050-841:2004, 841-29-14, modified]

3.16
microwave workload
object to be treated by microwaves

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

[IEC 60050-841:2004, 841-29-13]

NOTE Workload containers are not a part of the microwave workload but of the microwave load.

3.17
normal load
nominal microwave load at full microwave output power as specified by the manufacturer's documentation

3.18
normal operation
range of microwave output power with the normal loads in allowable working conditions of the microwave heating equipment, as specified by the manufacturer's documentation

3.19
standby (mode of) operation
condition allowing immediate normal operation

NOTE 1 This mode typically occurs immediately before and after normal operation.

NOTE 2 If the treatment of the workload requires non-ambient conditions such as elevated temperature, this is maintained.

NOTE 3 By "immediate" is meant a time period consistent with normal loading, unloading or replacement of the workload.

NOTE 4 The magnetron cathode heater circuit may be switched on in this mode of operation.

4 Methods of microwave power measurements

4.1 General

Three different methods are described. Their applicability depends on the microwave frequency and power level, and if the equipment comprises a microwave generator assembly.

NOTE 1 Since the wavelength of frequencies above about 20 GHz is very short, the power deposition may be of the irradiation type with a short penetration depth. Water may not be useable with the calorimetric method, and some of the methods of measuring microwave power deposition in this standard may not be applicable. In the low end of the microwave band at 300 MHz, the microwave absorption capability of loads may be highly variable during the heating process, large load masses may be needed, and representative artificial liquid loads for calorimetry may be difficult to use.

NOTE 2 There are variabilities of the microwave absorption capability of microwave loads, and in particular the unevenness of heating of these. Therefore, the microwave workload power data or the effective microwave power data with a substitute liquid load obtained according to this standard should be treated with care. Power data is, however, important and objective factors related to the overall energy utilisation efficiency are by that also a performance factor.

NOTE 3 A method for measuring the microwave power output in household microwave ovens is specified in IEC 60705. It uses a large water load, with compensation of heat capacity of the container and of heat exchange with ambient. Technically, the method gives what is defined as the available microwave power output in this standard.

4.2 Available microwave power output

Measurements at the microwave generator assembly output port give the available microwave power output (see Clause 5).

4.3 Microwave workload power

Calorimetric measurements in a normal load, including the power losses in any containers for the microwave workload, give the microwave workload power (see Clause 6).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

This is the amount of power required to achieve an aimed enthalpy change in the microwave workload within a fixed period of time. It depends on the type of microwave workload, the change of its complex permittivity with temperature, as well as any workload containers or supports, and the design of the microwave applicator or cavity.

The available microwave power output is always larger than the microwave workload power, due to some or all of the following power loss mechanisms:

– impedance mismatching of the microwave generator;
– microwave enclosure metal surface losses;
– absorption by imperfect microwave transparency of containers for the workload and any other ancillary objects in the microwave enclosure;
– microwave leakage out of the microwave enclosure;
– power losses due to cross coupling.

4.4 Effective microwave power and efficiency

Typically, actual microwave workloads are not well suited for calorimetric measurements. Liquid substitutes are then used in calorimetric measurements, and give the effective microwave power (see Clause 7 and Clause 8).

5 Calorimetric power measurements

5.1 General

Only the principles are outlined in this standard. The applied measurement instrumentation and use shall conform to known engineering techniques. Water is the directly or indirectly power-absorbing substance.

5.2 Direct water power measurements

It is important that any directly power-absorbing water has a microwave absorption capability and load geometry which provides a good and essentially temperature independent impedance matching over the actually used temperature interval. A sodium chloride solution with specific conductivity between 200 µS/cm and 600 µS/cm shall be used for the direct absorption at frequencies below 900 MHz.

The power meter typically consists of a waveguide section, equipped with a microwave transparent tube through which the water can flow. The water shall be thoroughly mixed. The recommended water flow rate is about 1 l/min for each kilowatt but not less than 0,5 l/min. The difference between the outlet and inlet temperature shall be at least 10 K.

The inlet temperature of the water shall not exceed 35 °C, and the outlet temperature shall not exceed 60 °C. However, for microwave power levels less than 3 kW, these temperatures should be on both sides of the ambient temperature, to reduce heat loss errors.

Under operating conditions, the voltage standing wave ratio (VSWR) as measured by a network analyser with a matched waveguide transition or an equivalent measurement device replacing the microwave generator assembly and within the water temperature interval specified above, shall not exceed 1,25.

If a circulator is used, its isolation shall be greater than 20 dB and the impedance matching of the circulator with dissipative termination is to comply with this subclause.

The water flow shall be monitored, for instance by means of flow interlock switches, to avoid the formation of steam which may lead to eruption.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The power dissipated in the water is measured directly or compared with a calibrated heated water standard.

The measurement shall be carried out only when the flow rate is stable, and both the microwave generator and load operate under stable conditions. It is necessary to use high-accuracy thermometers and flowmeters to ensure that the inaccuracy of power output measurement is less than 5 %.

The available microwave power output P is calculated from the following equation:

$$P = \frac{4187 \cdot Q \cdot \Delta T}{60} \quad (1)$$

where

P is the available microwave power output, in W;

Q is the water flow rate, in kg/min; the factor 4187 is its specific heat in J/(kg · K) and 60 is a factor resulting from units applied;

ΔT is the temperature difference in K between the water outlet and inlet temperature.

NOTE If the microwave generator assembly contains a circulator with a dissipative termination protecting the microwave generator, this may be used as power meter by short-circuiting the load port. It is then to be noted that twice the insertion loss applies for this measurement, but not in the evaluation for determination of the available microwave power output.

5.3 Dummy load power measurements

The dummy load is a matched low-reactance resistor, cooled by natural air convection, by forced air or by water. It is generally connected to the microwave generator or generator assembly by a 50 W coaxial feeder, or by a TE10 waveguide. At low power levels, natural air convection is applied and at higher power levels up to about 2 kW, forced air cooling can be applied.

NOTE Applicable dummy loads in two-port design are commercially available, providing a calibrated insertion loss at levels of -30 dB to -60 dB, suitable for the use of a commercially available power meter at its output port.

It is necessary to use high-accuracy components and instruments, to ensure that the inaccuracy of power output measurement is less than 5 %.

6 Determination of microwave workload power

This test is applicable only if the normal load is well specified with regard to specific heat and temperature rise in the process. Furthermore, it shall be possible to accurately measure the average temperature rise after processing. If the set-up is suspected to provide an inaccuracy of more than 5 % of the final result, the method described in Clause 5 or Clause 7 is instead used.

NOTE Typically, accurate tests according to this clause can be made only in continuous processing of pumpable workloads. These loads are representative only if their microwave properties are similar to those of the normal load.

The input temperature T_{in} (°C) of the microwave workload is measured. During steady-state processing, a suitable length of processed microwave workload exiting the microwave heating equipment during a predetermined time t (s) is quickly taken out as sample and thermal insulation is provided. Temperature equilibration is then accomplished by either forced convection (stirring or kneading of the sample) or by internal heat conduction, after which the output temperature T_{out} and the mass m of the sample are measured. Its specific heat c has been pre-determined.

The microwave workload power P_w is then calculated from the following equation:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

$$P_{\mathrm{W}} = \frac{(T_{\mathrm{out}} - T_{\mathrm{in}}) \cdot c \cdot m}{t} \qquad (2)$$

where

P_{W} is the microwave workload power, in W;

T_{out} is the output temperature, in °C;

T_{in} is the input temperature, in °C;

c is the specific heat of the workload, in J/(kg · K);

m is the mass of the sample in kg;

t is the sampling time, in s, during which the mass m of the sample is taken out from the microwave heating equipment.

7 Determination of effective microwave power

7.1 General

The tests in this clause are applicable in cases where the normal load cannot be well specified with regard to specific heat, consists of individual items, or the process is for other reasons not suitable for power determinations according to Clause 6. The normal load is replaced by an artificial load, intended to have dielectric properties and geometries which result in reasonably similar microwave absorption properties as in the normal load.

In the case of uncertainties with regard to the representativity of the chosen artificial load, a network analyser is to be used to determine the impedance mismatches with the normal load or a suitable substitute used as microwave workload and the artificial load, respectively. The resulting calculated deviation in reflected power should not exceed 10 % of the transmitted power, unless the microwave absorption capability of the normal load is very difficult to characterise or varies significantly during processing. The estimated inaccuracy shall be presented with the calculated effective microwave power.

Measuring devices including workload containers shall not be affected by electromagnetic fields, unless explicitly specified or accepted by the manufacturer. The choice of measurement method and the results shall be described in a document, with a reference to this standard. An indication shall also be given that changes in the loading conditions during the intended use typically have an influence on the efficiency of the microwave heating equipment.

7.2 The open container water test

The water shall be placed in thin wall open containers, manufactured from a microwave transparent material.

The amount of water shall be at least 0,5 l for each kilowatt of microwave generator power to which it is exposed, and the height of the water column shall be at least 25 mm. Containers should be distributed with a spacing such that at least 40 % of the available area within the microwave enclosure is covered, unless specific patterns are specified by the manufacturer.

Due to possible effects of cross coupling between multiple microwave generators or microwave generator assemblies, the test shall be made with a number of simultaneously operating microwave generators or microwave generator assemblies and such large areas covered by the containers that any such influence is included in the test result.

NOTE Batch equipment and equipment considered to be of multimode or irradiation character and intended for processing of loads significantly higher than 50 mm, may be tested with single or multiple containers each taking several litres.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

As water temperature increases approximately 14 K per minute per litre of water for each kilowatt of dissipated power in it, the processing time for the test is typically significantly shorter than with the normal load. This is for avoiding heat losses to ambient, in particular by evaporation. It shall be observed that stable conditions may not be obtained; any possibly resulting errors by this are to be recorded.

The heat capacity of those parts of the containers which are heated by the water shall be used for corrections in the calculations of effective microwave power, using the energy deposited in both.

7.3 Tests using other liquids

If the microwave heating equipment is intended for processing normal loads with a low moisture content such as wood, some types of ceramics, resins or paper, or normal loads having a small or inhomogeneous particulate structure, the dielectric properties of water may not be sufficiently representative.

NOTE 1 The real permittivity of water is very high and its loss factor may be too low at frequencies below or even at the ISM frequency 2 450 MHz, to be representative for the power absorption characteristics of the normal load. Adding sodium chloride may result in edge overheating and subsequent power losses by evaporation at 2 450 MHz. Additionally, the high real permittivity of water may result in a reduction of power absorption by stronger wave reflections at the surface than for microwave workloads with lower real permittivity and a more uneven top surface.

Particularly in microwave heating equipment with separated multiple microwave applicators each having one or some few microwave generators or microwave generator assemblies delivering some few kilowatts of available microwave power output, and intended for drying or similar treatment of small microwave workloads, it is recommended to use liquids having a low real permittivity and good microwave absorption capability.

NOTE 2 Glycerol may be used. Technical glycerol contains about 15 % water and may be acceptable, but its thermal data should then be checked.

Isopropanol has favourable microwave properties (low real permittivity, high microwave absorptivity) up to 50 °C for all ISM frequencies from 434 MHz to 5 800 MHz. Its boiling temperature at atmospheric pressure is 82 °C and its specific heat c is 2 560 J/(kg · K). It is to be used with care due to its low flashpoint.

Instead of open containers, reasonably flat, thin-walled and sealed plastic bags, each containing a suitable amount of a lossy dielectric liquid, are used. The recommended average height of the liquid is 15 mm to 30 mm and there is to be as little air as possible in the bag. The liquid volume in each bag is to be at least about 200 ml at 2 450 MHz; less for the generator frequency 5 800 MHz and more for frequencies below 1 000 MHz.

The bags shall be cooled to a temperature between 5 °C and 10 °C. Immediately before placing them in the microwave enclosure, they are kneaded and the input temperature T_{in} is measured by a small sensor covered by the folded bag.

The microwave heating is to a maximum temperature of about 40 °C; pre-testing is recommended. Bags are then taken out of the microwave enclosure, kneaded again and the output temperature T_{out} is measured as before.

The effective microwave power P_{e} is then calculated using the Equation (2) of Clause 6.

8 Electrical efficiency

8.1 Available microwave power output

If the microwave heating equipment has no transmission line output port from the microwave generator, the generator shall be tested separately, according to Clause 5.

NOTE 1 The measurement result in Clause 5 will not include any significant microwave losses by impedance mismatching of the generator and by wall losses in the applicator or cavity. Therefore, microwave workload power (Clause 6) and in particular the effective microwave power (Clause 7) will be lower.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE 2 There are some magnetron manufacturer procedures for magnetron testing and performance evaluation purposes, using a particular standardised waveguide transition. However, the power supply specified in such manufacturer procedures may not have the same output current curveform as the power supply of the actual microwave heating equipment. This may result in a different magnetron efficiency.

8.2 Electric input

The following equipment circuits are to be included in the measurement of the electric input, at specified available microwave power output(s):

– the main power circuit, with its particular curveform supplied to the microwave generator;
– the cathode filament heating circuit (the power may vary with output power setting);
– any other immediate circuits necessary for generator operation, such as electromagnets;
– all control circuits, including contactors;
– additional electric power consumption, e.g. illumination, water pumps, air cooling fans and valves.

Other consumption is described separately and is not included in the efficiency value.

9 Standby power consumption

This clause applies to microwave heating equipment for:

– batch operation, where opening of the means of access stops the microwave generator(s) or the microwave generator assembly and the microwave heating equipment enters standby operation;
– continuous operation where load flow interruptions automatically stop the microwave generator(s) or microwave generator assembly and the microwave heating equipment enters standby operation.

Standby operation may be automatically followed by a secondary switch-off of additional electric power and other consumption after a pre-programmed time period, then requiring manual restart or causing a delayed restart of the microwave heating equipment. This secondary mode is labelled hibernation mode.

The power consumption in the standby mode is measured. The measurements shall include all items of Clause 8. In addition, the power consumption of conveyor motors and load pumps are also included, if operating.

If the equipment automatically shuts off or enters a hibernation mode after a pre-determined time, this is also recorded. The electric power in this mode is measured, as above.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Bibliography

[1] IEC 60335-2-25, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-25: Particular requirements for microwave ovens, including combination microwave ovens*

[2] IEC 60335-2-90, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-90: Particular requirements for commercial microwave ovens*

[3] IEC 60705, *Household microwave ovens – Methods for measuring performance*

[4] IEC 61010-2-010, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use – Part 2-010: Particular requirements for laboratory equipment for the heating of materials*

_____

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 17
1 Domaine d'application 19
2 Références normatives 19
3 Termes et définitions 19
4 Méthodes de mesure de la puissance hyperfréquence 22
4.1 Généralités 22
4.2 Puissance hyperfréquence de sortie disponible 23
4.3 Puissance hyperfréquence de la charge de travail 23
4.4 Puissance effective et rendement effectif en hyperfréquence 23
5 Mesures de puissance calorimétrique 23
5.1 Généralités 23
5.2 Mesures de puissance directe dans l'eau 23
5.3 Mesures de puissance de charge fictive 24
6 Détermination de la puissance hyperfréquence de la charge de travail 25
7 Détermination de la puissance hyperfréquence effective 25
7.1 Généralités 25
7.2 Essai à l'eau dans un récipient ouvert 26
7.3 Essais utilisant d'autres liquides 26
8 Rendement électrique 27
8.1 Puissance hyperfréquence de sortie disponible 27
8.2 Entrée électrique 27
9 Consommation de puissance en veille 28
Bibliographie 29

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

INSTALLATIONS INDUSTRIELLES DE CHAUFFAGE À HYPERFRÉQUENCE – MÉTHODES D'ESSAI POUR LA DETERMINATION DE LA PUISSANCE DE SORTIE

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61307 a été établie par le comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2006. Elle constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) elle couvre la manière de mesurer non seulement la puissance hyperfréquence de sortie de toutes les conceptions types d'équipement, mais aussi le rendement des systèmes, en incluant les modes de veille et d'hibernation;

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

b) le traitement des types antérieurs d'équipement A et B est respectivement remplacé par des mesures de la puissance hyperfréquence de sortie disponible et de la puissance hyperfréquence de la charge de travail.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
27/761/CDV	27/782/RVC

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

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

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

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

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

INSTALLATIONS INDUSTRIELLES DE CHAUFFAGE À HYPERFRÉQUENCE – MÉTHODES D'ESSAI POUR LA DETERMINATION DE LA PUISSANCE DE SORTIE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les méthodes d'essai permettant de déterminer la puissance hyperfréquence de sortie disponible et le rendement de la conversion de fréquence à partir de l'entrée électrique dans les installations industrielles de chauffage à hyperfréquence.

La présente norme spécifie également des méthodes d'essai permettant d'évaluer l'apport de puissance hyperfréquence dans la charge de travail micro-onde, la puissance hyperfréquence de la charge de travail dans les installations uniquement à hyperfréquence.

La présente norme est applicable aux équipements et aux installations industrielles de chauffage à hyperfréquence dans la gamme de fréquences allant de 300 MHz à 300 GHz.

La présente norme s'applique aux équipements industriels de chauffage à hyperfréquence fonctionnant sous une charge normale.

La présente norme ne s'applique pas aux appareils domestiques et à usage analogue (couverts par la CEI 60335-2-25), à usage commercial (couverts par la CEI 60335-2-90) ou à usage de laboratoire (couverts par la CEI 61010-2-010).

2 Références normatives

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

CEI 60050-221:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 221: Matériaux et composants magnétiques*
Amendement 1(1993)
Amendement 2 (1999)
Amendement 3 (2007)

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

CEI 60050-726:1982, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 726: Lignes de transmission et guides d'ondes*

CEI 60519-6, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 6: Spécifications pour les installations de chauffage industriel à hyperfréquences*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60519-6 et la CEI 60050-841, ainsi que les suivants, s'appliquent.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.1
wattmètre calorimétrique
wattmètre à calorimètre
wattmètre avec lequel on emploie l'élévation de température d'un milieu comme moyen de mesure de la puissance absorbée

NOTE Le milieu, souvent de l'eau, peut lui-même absorber l'énergie électromagnétique, ou recevoir la chaleur produite dans un élément absorbant distinct.

[CEI 60050-726:1982, 726-21-10]

3.2
circulateur
dispositif passif ayant au moins trois accès, dans lequel la puissance incidente à chaque accès est transmise à l'accès qui le suit dans un ordre déterminé

NOTE Les formes types sont les circulateurs jonction [CEI 60050-221:1990, 221-05-14], jonction en T [CEI 60050-726:1982, 726-17-12] ou jonction en Y [CEI 60050-726:1982, 726-17-13.].

[CEI 60050-221:1990, 221-05-11 modifié]

3.3
couplage mutuel (entre générateurs)
apparition d'énergie hyperfréquence non désirée dans un générateur d'hyperfréquences ou à l'accès de sortie de la ligne de transmission d'un ensemble générateur d'hyperfréquences, produite par un ou plusieurs autres générateurs d'hyperfréquences ou ensembles générateurs d'hyperfréquences

3.4
rendement électrique d'un équipement de chauffage à hyperfréquence
quotient entre la puissance hyperfréquence de sortie disponible et l'entrée électrique de l'alimentation à la fréquence du réseau ou de l'ensemble générateur d'hyperfréquences, au réglage de puissance pour un fonctionnement normal

3.5
perte d'insertion
rapport de la puissance fournie à un dispositif avant insertion d'un réseau électrique entre la source et ce dispositif, à la puissance fournie au même dispositif après insertion de ce réseau

NOTE La perte d'insertion s'exprime généralement en décibels.

[CEI 60050-726:1982, 726-06-07]

3.6
isolation (d'un circulateur à trois accès)
atténuation inverse entre l'accès de sortie principal et l'accès d'entrée principal, tous les accès étant adaptés en impédance

NOTE 1 Il convient de ne pas confondre l'isolation avec l'affaiblissement inverse entre accès adjacents.

NOTE 2 Ceci constitue un cas particulier du couplage mutuel d'un circulateur [CEI 60050-726:1982, 726-16-06].

3.7
moyen d'accès
tout élément structurel de l'équipement de chauffage à hyperfréquence pouvant être ouvert ou enlevé sans utiliser d'outil pour donner accès à l'intérieur de l'applicateur d'hyperfréquences ou de la cavité à hyperfréquences

3.8
applicateur d'hyperfréquences
dispositif qui permet l'application de l'énergie hyperfréquence à la charge

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

[CEI 60050-841:2004, 841-29-11]

3.9
cavité à hyperfréquences
espace clos par des parois internes métalliques et une porte ou une ouverture d'accès, et dans lequel la charge est placée

[CEI 60050-841:2004, 841-29-19 modifié]

3.10
enceinte hyperfréquence
dispositif qui est conçu pour confiner l'énergie hyperfréquence dans une région définie

NOTE Une cavité, les joints d'étanchéité d'une porte et les guides d'ondes sont des exemples d'enceintes hyperfréquences.

[CEI 60050-841:2004, 841-29-20]

3.11
générateur d'hyperfréquences
source utilisée pour produire de l'énergie électromagnétique dans la bande de fréquences 300 MHz à 300 GHz

[CEI 60050-841:2004, 841-29-16]

NOTE Dans le contexte de la présente norme, le générateur d'hyperfréquences est constitué uniquement du composant où s'effectue la conversion de fréquence. Voir 3.2.

3.12
ensemble générateur d'hyperfréquences
partie de l'équipement de chauffage à hyperfréquences comprenant un dispositif produisant de l'énergie hyperfréquence et son accès de sortie de la ligne de transmission associée

NOTE 1 L'ensemble comporte le générateur d'hyperfréquences, l'alimentation du générateur d'hyperfréquences et ses circuits annexes et de commande. Si un circulateur est utilisé, celui-ci est également inclus.

NOTE 2 Dans les éditions antérieures de la présente norme, un équipement de chauffage à hyperfréquence contenant un ensemble générateur d'hyperfréquences était classé dans le Type A; un équipement dans lequel aucun accès de sortie de ligne de transmission n'est disponible était classé dans le Type B.

3.13
équipement de chauffage par hyperfréquences
ensemble de dispositifs électriques et mécaniques destinés au transfert de l'énergie hyperfréquence à la charge hyperfréquence et comprenant en général les alimentations électriques, les générateurs d'hyperfréquences ou les ensembles générateurs d'hyperfréquences, éventuellement avec des dispositifs de refroidissement et des circulateurs, les applicateurs d'hyperfréquences ou les cavités à hyperfréquences avec éventuellement des dispositifs de ventilation, les câbles d'interconnexion et les guides d'ondes, les circuits de commande et le dispositif de transport de la charge le cas échéant

[CEI 60050-841:2004, 841-29-06 modifié]

3.14
charge micro-onde
ensemble des objets introduits dans l'applicateur ou la cavité ou placés dans la position désirée à côté d'un applicateur ouvert

[CEI 60050-841:2004, 841-29-12]

3.15
transparence aux hyperfréquences
propriété d'un matériau qui absorbe de manière négligeable et réfléchit les hyperfréquences

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE La valeur de la permittivité relative d'un matériau transparent aux hyperfréquences est habituellement inférieure à 7 et la valeur du facteur de pertes est habituellement inférieure à 0,015. Toutefois, si la charge de travail micro-onde possède un faible facteur de pertes, des exigences plus strictes s'appliquent.

[CEI 60050-841:2004, 841-29-14 modifié]

3.16
charge de travail micro-onde
objet devant être traité par hyperfréquences

[CEI 60050-841:2004, 841-29-13]

NOTE Les récipients de charge de travail ne font pas partie de la charge de travail micro-onde mais de la charge micro-onde.

3.17
charge normale
charge micro-onde nominale à pleine puissance hyperfréquence de sortie, telle que spécifiée par la documentation du fabricant

3.18
fonctionnement normal
plage de puissance hyperfréquence de sortie avec les charges normales dans les conditions de travail admissibles de l'équipement de chauffage à hyperfréquences, comme spécifié par la documentation du fabricant

3.19
(mode de) fonctionnement en veille
état permettant une reprise immédiate d'un fonctionnement normal

NOTE 1 Ce mode apparaît généralement immédiatement avant et après un fonctionnement normal.

NOTE 2 Si le traitement de la charge de travail nécessite des conditions différentes des conditions ambiantes, par exemple une température élevée, ceci est maintenu.

NOTE 3 « Immédiat » signifie une durée cohérente avec un chargement, un déchargement normal ou un remplacement de la charge de travail.

NOTE 4 Le circuit de chauffage de la cathode d'un magnétron peut être en service dans ce mode de fonctionnement.

4 Méthodes de mesure de la puissance hyperfréquence

4.1 Généralités

Trois méthodes différentes sont décrites. Leur applicabilité dépend de la fréquence et du niveau de puissance hyperfréquence et du fait que l'équipement comprend un ensemble générateur d'hyperfréquences.

NOTE 1 Puisque la longueur d'onde des fréquences supérieures à 20 GHz environ est très courte, l'apport de puissance peut être du type par irradiation avec une courte profondeur de pénétration. L'eau peut ne pas être utilisable avec la méthode calorimétrique et certaines des méthodes de mesure de l'apport de puissance hyperfréquence de la présente norme peuvent ne pas être applicables. À l'extrémité inférieure de la bande des hyperfréquences, à 300 MHz, la capacité d'absorption des hyperfréquences par les charges peut être fortement variable pendant le processus de chauffage, des masses de charge importante peuvent être nécessaires et des charges liquides artificielles représentatives pour la calorimétrie peuvent être difficiles à utiliser.

NOTE 2 Il existe des variabilités de la capacité d'absorption des hyperfréquences par les charges micro-onde et en particulier, l'irrégularité de leur chauffage. En conséquence, il convient de traiter avec précaution les données de puissance hyperfréquence de la charge de travail ou les données de puissance hyperfréquence effective avec une charge liquide de remplacement obtenue selon la présente norme. Toutefois, les données de puissance sont importantes et des facteurs objectifs associés au rendement d'utilisation global de l'énergie constituent également ainsi un facteur de performance.

NOTE 3 Une méthode de mesure de la puissance hyperfréquence de sortie des fours micro-ondes domestiques est spécifiée dans la CEI 60705. Elle utilise une charge d'eau importante avec compensation de la capacité

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

thermique du récipient et de l'échange thermique avec l'environnement. La méthode fournit techniquement ce qui est défini comme la puissance hyperfréquence de sortie disponible dans la présente norme.

4.2 Puissance hyperfréquence de sortie disponible

Les mesures au niveau de l'accès de sortie de l'ensemble générateur d'hyperfréquences fournissent la puissance hyperfréquence de sortie disponible (voir Article 5).

4.3 Puissance hyperfréquence de la charge de travail

Des mesures calorimétriques, sous une charge normale, incluant les pertes de puissance dans tous les récipients pour la charge de travail micro-onde fournissent la puissance hyperfréquence de la charge de travail (voir Article 6).

Celle-ci constitue la quantité de puissance requise pour obtenir une variation d'enthalpie visée dans la charge de travail micro-onde en une durée fixe. Elle dépend du type de charge de travail micro-onde, de la variation de sa permittivité complexe avec la température, ainsi que de tous les récipients ou supports de la charge de travail et de la conception de l'applicateur d'hyperfréquences ou de la cavité à hyperfréquences.

La puissance hyperfréquence de sortie disponible est toujours supérieure à la puissance hyperfréquence de la charge de travail, en raison de certains des mécanismes de perte de puissance suivants ou de leur totalité:

– désadaptation d'impédance du générateur d'hyperfréquences;
– pertes de la surface métallique de l'enceinte hyperfréquence;
– absorption par transparence imparfaite aux hyperfréquences des récipients pour la charge de travail et tous les autres objets auxiliaires dans l'enceinte hyperfréquence;
– fuite d'hyperfréquence de l'enceinte hyperfréquence;
– pertes de puissance dues au couplage mutuel.

4.4 Puissance effective et rendement effectif en hyperfréquence

Les charges de travail hyperfréquence réelles ne sont généralement pas bien adaptées à des mesures calorimétriques. Des substituts liquides sont alors utilisés dans les mesures calorimétriques et fournissent la puissance hyperfréquence effective (voir Article 7 et Article 8).

5 Mesures de puissance calorimétrique

5.1 Généralités

Seuls les principes sont décrits dans la présente norme. Les appareils de mesures appliqués et leur utilisation doivent être conformes aux techniques d'ingénierie connues. L'eau constitue la substance d'absorption de puissance directe ou indirecte.

5.2 Mesures de puissance directe dans l'eau

Il est important que toute l'eau absorbant directement la puissance ait une capacité d'absorption des hyperfréquences et une géométrie de charge fournissant une bonne adaptation d'impédance et essentiellement indépendante de la température sur l'intervalle de température réellement utilisé. Une solution de chlorure de sodium ayant une conductivité spécifique comprise entre 200 µS/cm et 600 µS/cm doit être utilisée pour l'absorption directe aux fréquences inférieures à 900 MHz.

Le wattmètre comprend généralement une section de guide d'ondes, équipée d'un tube transparent aux hyperfréquences, dans lequel peut circuler un courant d'eau. L'eau doit être bien mélangée. Un débit d'eau d'environ 1 l/min par kilowatt et au moins égal à 0,5 l/min est

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

recommandé. La différence entre les températures de sortie et d'entrée doit être d'au moins 10 K.

La température de l'eau à l'entrée ne doit pas dépasser 35 °C et la température de l'eau à la sortie ne doit pas dépasser 60 °C. Toutefois, pour les niveaux de puissance hyperfréquence inférieurs à 3 kW, il convient que ces températures soient situées de part et d'autre de la température ambiante afin de diminuer les erreurs de perte de chaleur.

Dans les conditions de fonctionnement, le rapport d'ondes stationnaires en tension (VSWR) mesuré par un analyseur de réseau avec une transition à guide d'onde adaptée ou un dispositif de mesure équivalent remplaçant l'ensemble générateur d'hyperfréquences et dans l'intervalle de température de l'eau spécifié ci-dessus, ne doit pas dépasser 1,25.

Si l'on utilise un circulateur, son isolation doit être supérieure à 20 dB et l'adaptation d'impédance du circulateur avec la terminaison dissipative doit satisfaire à ce paragraphe.

Pour éviter la formation de vapeur, pouvant entraîner une éruption, le débit d'eau doit être surveillé, par exemple au moyen de contrôleurs de débit.

L'énergie dissipée dans l'eau est soit mesurée directement, soit comparée à une norme de valeurs étalonnées pour l'eau chaude.

La mesure ne doit être effectuée que lorsque le débit est stable et qu'à la fois le générateur d'hyperfréquences et la charge fonctionnent dans des conditions stables. Il est nécessaire d'utiliser des thermomètres et des débitmètres de haute précision pour garantir que l'imprécision de la mesure de la puissance de sortie est inférieure à 5 %.

La puissance hyperfréquence de sortie disponible P est calculée à partir de l'équation suivante:

$$P = \frac{4187 \cdot Q \cdot \Delta T}{60} \qquad (1)$$

où

P est la puissance hyperfréquence disponible, en W;

Q est le débit d'eau, en kg/min; le facteur 4187 est sa chaleur spécifique en J/(kg · K) et 60 est un facteur dû aux unités appliquées;

ΔT est la différence de température, en K, de l'eau à l'entrée et à la sortie.

NOTE Si l'ensemble générateur d'hyperfréquences contient un circulateur avec une terminaison dissipative protégeant le générateur d'hyperfréquences, celle-ci peut être utilisée comme wattmètre en court-circuitant l'accès de charge. On notera alors qu'une perte d'insertion double s'applique à cette mesure mais pas à l'évaluation en vue de la détermination de la puissance hyperfréquence de sortie disponible.

5.3 Mesures de puissance de charge fictive

La charge fictive est une résistance adaptée de faible réactance refroidie par convection d'air naturel par de l'air forcé ou par de l'eau. Elle est généralement connectée au générateur ou à l'ensemble générateur d'hyperfréquences par un câble coaxial de 50 W ou par un guide d'onde TE10. Aux niveaux de faible puissance, la convection d'air naturel est appliquée et aux niveaux des puissances supérieures jusqu'à environ 2 kW, le refroidissement à air forcé peut être appliqué.

NOTE Des charges fictives applicables dans la conception à deux accès sont disponibles dans le commerce, fournissant une perte d'insertion étalonnée à des niveaux de -30 dB à -60 dB, adaptés à l'utilisation d'un wattmètre disponible dans le commerce sur son accès de sortie.

Il est nécessaire d'utiliser des composants et des instruments de haute précision pour garantir que l'imprécision de la mesure de la puissance de sortie est inférieure à 5 %.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6 Détermination de la puissance hyperfréquence de la charge de travail

Cet essai n'est applicable que si la charge normale est bien spécifiée vis-à-vis de la chaleur spécifique et de l'augmentation de température dans le processus. De plus, il doit être possible de mesurer précisément l'augmentation moyenne de température après traitement. Si l'on soupçonne le paramétrage d'apporter une imprécision supérieure à 5 % du résultat final, on utilise en remplacement la méthode décrite à l'Article 5 ou à l'Article 7.

NOTE Généralement des essais précis conformes à cet article ne peuvent être effectués que lors du traitement continu de charges de travail pouvant être pompées. Ces charges ne sont représentatives que si leurs propriétés en hyperfréquences sont similaires à celles de la charge normale.

On mesure la température d'entrée T_{in} (°C) de la charge de travail micro-onde. Au cours du traitement en régime permanent, une longueur appropriée de charge de travail micro-onde traitée sortant de l'équipement de chauffage à hyperfréquence pendant une durée prédéterminée t (s) est extraite rapidement comme échantillon et une isolation thermique est prévue. L'équilibre de température est alors atteint, soit par convection forcée (par agitation ou pétrissage de l'échantillon) soit par conduction thermique interne, après quoi la température de sortie T_{out} et la masse m de l'échantillon sont mesurées. Sa chaleur spécifique c a été prédéterminée.

La puissance de la charge hyperfréquence utile P_w est ensuite calculée à partir de l'équation suivante:

$$P_{W} = \frac{(T_{out} - T_{in}) \cdot c \cdot m}{t} \qquad (2)$$

où

P_W est la puissance hyperfréquence disponible, en W;

T_{out} est la température de sortie, en °C;

T_{in} est la température d'entrée, en °C;

c est la chaleur spécifique de la charge de travail, en J/(kg, K);

m est la masse de l'échantillon, en kg;

t est la durée d'échantillonnage, en s, pendant laquelle la masse m de l'échantillon est extraite de l'équipement de chauffage à hyperfréquence.

7 Détermination de la puissance hyperfréquence effective

7.1 Généralités

Les essais de cet article sont applicables lorsque la charge normale ne peut pas être bien spécifiée vis-à-vis de la chaleur spécifique, est constituée d'éléments individuels ou que pour d'autres raisons, le processus ne convient pas pour les déterminations de puissance selon l'Article 6. La charge normale est remplacée par une charge artificielle, destinée à avoir des propriétés diélectriques et des géométries produisant des propriétés d'absorption des hyperfréquences raisonnablement similaires comme dans la charge normale.

En cas d'incertitudes vis-à-vis de la représentativité de la charge artificielle choisie, un analyseur de réseau doit être utilisé pour déterminer les désadaptations d'impédance avec la charge normale ou un substitut approprié utilisé respectivement en tant que charge de travail micro-onde et charge artificielle. Il convient que l'écart de puissance réfléchie résultant calculé ne dépasse pas 10 % de la puissance émise, sauf si la capacité d'absorption des hyperfréquences de la charge normale est très difficile à caractériser ou qu'elle varie de manière significative pendant le traitement. L'imprécision estimée doit être présentée avec la puissance hyperfréquence effective calculée.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Les dispositifs de mesure incluant les récipients de charge de travail ne doivent pas être affectés par les champs électromagnétiques, sauf si cela est explicitement spécifié ou accepté par le fabricant. Le choix de la méthode de mesure et les résultats doivent être décrits dans un document avec une référence à la présente norme. Une indication doit être également donnée selon laquelle les variations de la condition de charge au cours de l'utilisation prévue influent généralement sur le rendement des équipements de chauffage à hyperfréquence.

7.2 Essai à l'eau dans un récipient ouvert

L'eau doit être placée dans des récipients ouverts à parois minces fabriqués à partir d'un matériau transparent aux hyperfréquences.

La quantité d'eau doit être au moins de 0,5 l par kilowatt de puissance du générateur d'hyperfréquences à laquelle elle est exposée et la hauteur de la colonne d'eau doit être au moins de 25 mm. Il convient de répartir les récipients avec un espacement tel qu'au moins 40 % de la surface disponible dans l'enceinte hyperfréquence est couverte, sauf si des configurations spécifiques sont précisées par le fabricant.

En raison des effets possibles de couplage mutuel entre des générateurs d'hyperfréquences ou des ensembles générateurs d'hyperfréquences multiples, l'essai doit être effectué avec un certain nombre de générateurs d'hyperfréquences ou d'ensembles générateurs d'hyperfréquences fonctionnant simultanément et des surfaces couvertes par les récipients suffisamment importantes pour que ces influences soient incluses dans le résultat de l'essai.

NOTE Un lot d'équipement et un équipement considérés comme étant de caractère multimode ou d'irradiation et destinés au traitement de charges significativement plus hautes que 50 mm, peut être soumis à essai avec des récipients simples ou multiples, contenant chacun plusieurs litres.

Lorsque la température de l'eau augmente approximativement de 14 K par minute par litre d'eau par kilowatt de puissance dissipée dans celle-ci, le temps de traitement pour l'essai est généralement significativement plus court qu'avec la charge normale. Ceci est destiné à éviter les pertes de chaleur vers l'environnement, en particulier par évaporation. On doit observer que des conditions stables peuvent ne pas être obtenues, toute erreur pouvant en résulter doit être enregistrée.

La capacité thermique des éléments des récipients qui sont chauffés par l'eau doit être utilisée pour les corrections des calculs de la puissance hyperfréquence effective en utilisant l'apport d'énergie dans les deux.

7.3 Essais utilisant d'autres liquides

Si l'équipement de chauffage à hyperfréquence est destiné à traiter des charges normales avec une teneur faible en humidité, par exemple en bois, de certains types de céramiques, de résines ou de papier ou des charges normales ayant une structure particulaire petite ou inhomogène, les propriétés diélectriques de l'eau peuvent ne pas être suffisamment représentatives.

NOTE 1 La permittivité relative de l'eau est très élevée et son facteur de pertes peut être trop faible aux fréquences inférieures à la fréquence ISM de 2 450 MHz ou même à celle-ci, pour être représentative pour les caractéristiques d'absorption de puissance de la charge normale. L'ajout de chlorure de sodium peut produire une surchauffe des bords et des pertes de puissance consécutives par évaporation à 2 450 MHz. De plus, la forte permittivité réelle de l'eau peut produire une réduction d'absorption de puissance par des réflexions plus importantes des ondes à la surface par rapport aux charges de travail hyperfréquence avec une permittivité réelle inférieure et une surface supérieure plus irrégulière.

En particulier, dans un équipement de chauffage à hyperfréquence avec des applicateurs d'hyperfréquences multiples séparés comportant chacun un ou quelques générateurs d'hyperfréquences ou ensembles générateurs d'hyperfréquences délivrant quelques kilowatts de puissance hyperfréquence de sortie disponible et destinés au séchage ou à un traitement similaire de petites charges de travail hyperfréquence, il est recommandé d'utiliser des liquides ayant une faible permittivité réelle et une bonne capacité d'absorption des hyperfréquences.

NOTE 2 Le glycérol peut être utilisé. Le glycérol technique contient environ 15 % d'eau et peut être acceptable, mais il convient de vérifier ses données thermiques.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

L'isopropanol possède des propriétés favorables en hyperfréquence (faible permittivité réelle, forte absorptivité des hyperfréquences) jusqu'à 50 °C pour toutes les fréquences ISM de 434 MHz à 5 800 MHz. Sa température d'ébullition à la pression atmosphérique est de 82 °C et sa chaleur spécifique *c* est de 2 560 J/(kg, K) Il est à utiliser avec soin en raison de son faible poids d'éclair.

À la place des récipients ouverts, des sacs en plastique raisonnablement plats, à parois minces et scellés, contenant chacun une quantité appropriée de liquide diélectrique avec perte, sont utilisés. La hauteur moyenne recommandée du liquide est de 15 mm à 30 mm et il doit y avoir aussi peu d'air que possible dans le sac. Le volume de liquide dans chaque sac doit être au moins de 200 ml à 2 450 MHz; moins pour la fréquence du générateur de 5 800 MHz et plus pour les fréquences inférieures à 1 000 MHz.

Les sacs doivent être refroidis à une température comprise entre 5 °C et 10 °C. Juste avant de les mettre dans l'enceinte hyperfréquence, ils sont mélangés et la température d'entrée T_{in} est mesurée par un petit capteur recouvert par le sac replié.

Le chauffage par hyperfréquence s'effectue à une température maximale d'environ 40 °C, un essai préalable est recommandé. Les sacs sont ensuite retirés de l'enceinte hyperfréquence, mélangés à nouveau et la température de sortie T_{out} est mesurée comme auparavant.

La puissance hyperfréquence effective P_{e} est ensuite calculée en utilisant l'Equation (2) de l'Article 6.

8 Rendement électrique

8.1 Puissance hyperfréquence de sortie disponible

Si l'équipement de chauffage à hyperfréquence ne comporte pas d'accès de sortie de ligne de transmission provenant du générateur d'hyperfréquences, le générateur doit être essayé séparément, conformément à l'Article 5.

NOTE 1 Le résultat de mesure de l'Article 5 ne comporte aucune perte significative en hyperfréquence par désadaptation d'impédance du générateur et par pertes par les parois dans l'applicateur ou la cavité. En conséquence, la puissance hyperfréquence de la charge de travail (Article 6) et en particulier la puissance hyperfréquence effective (Article 7) seront inférieures.

NOTE 2 Il existe certaines procédures des fabricants de magnétrons pour l'essai des magnétrons et pour l'évaluation des performances, utilisant une transition de guide d'onde normalisée particulière. Toutefois, l'alimentation spécifiée dans ces procédures de fabricant peut ne pas avoir la même forme de courbe de courant de sortie que l'alimentation de l'équipement de chauffage à hyperfréquence réel. Ceci peut avoir pour conséquence un rendement différent du magnétron.

8.2 Entrée électrique

Les circuits suivants de l'équipement doivent être inclus dans la mesure de l'entrée électrique pour une ou plusieurs puissances hyperfréquence de sortie spécifiées disponibles:

– le circuit d'alimentation principal avec sa forme de courbe particulière fournie au générateur d'hyperfréquences;
– le circuit de chauffage du filament de la cathode (la puissance peut varier avec le réglage de la puissance de sortie);
– tous les autres circuits intermédiaires nécessaires au fonctionnement du générateur, tels que les électroaimants;
– tous les circuits de commande, incluant les contacteurs;
– la consommation supplémentaire d'énergie électrique, par exemple l'illumination, les pompes à eau, les ventilateurs de refroidissement par air et les tubes électroniques.

Le reste de la consommation est décrit séparément et n'est pas inclus dans la valeur du rendement.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

9 Consommation de puissance en veille

Cet article s'applique à l'équipement de chauffage à hyperfréquence pour:

– un fonctionnement par lots, où l'ouverture du moyen d'accès arrête le ou les générateurs d'hyperfréquences ou l'assemblage de générateur d'hyperfréquences et l'équipement de chauffage à hyperfréquence entre dans un fonctionnement en veille;

– un fonctionnement continu où des interruptions de flux de charge arrêtent automatiquement le ou les générateurs d'hyperfréquences ou l'assemblage de générateur d'hyperfréquences et l'équipement de chauffage à hyperfréquence entre dans un fonctionnement en veille.

Le fonctionnement en veille peut être suivi automatiquement d'une désactivation secondaire de puissance électrique supplémentaire et autre consommation après une durée programmée à l'avance, nécessitant alors un redémarrage manuel ou provoquant un redémarrage retardé de l'équipement de chauffage à hyperfréquence. Ce mode secondaire est appelé mode d'hibernation.

La consommation de puissance dans le mode de veille est mesurée. Les mesures doivent inclure tous les points de l'Article 8. De plus, la consommation de puissance des moteurs de convoyeurs et des pompes de charge est également incluse, s'ils fonctionnent.

Si l'équipement s'arrête automatiquement ou entre en mode d'hibernation au bout d'un temps prédéterminé, ceci est également enregistré. La puissance électrique dans ce mode est mesurée comme ci-dessus.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Bibliographie

[1] CEI 60335-2-25, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-25: Règles particulières pour les fours à micro-ondes, y compris les fours à micro-ondes combinés*

[2] CEI 60335-2-90, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-90: Règles particulières pour les fours à micro-ondes à usage commercial*

[3] CEI 60705, *Fours à micro-ondes à usage domestique – Méthodes de mesure de l'aptitude à la fonction*

[4] CEI 61010-2-010, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 2-010: Exigences particulières pour appareils de laboratoire utilisés pour l'échauffement des matières*

_____

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-28-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe