

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1307**

Première édition
First edition
1994-07

**Installations industrielles de chauffage
à hyperfréquence –
Méthodes d'essais pour la détermination
de la puissance de sortie**

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1307: 1994

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1307**

Première édition
First edition
1994-07

**Installations industrielles de chauffage
à hyperfréquence –
Méthodes d'essais pour la détermination
de la puissance de sortie**

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

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

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIS
PRICE CODE

H

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1.1 Domaine d'application et objet	6
1.2 Références normatives	8
1.3 Définitions	8
SECTION 2: ESSAIS	
2.1 Charges d'essai de puissance de sortie	10
2.1.1 Charges à eau calorimétrique	10
2.1.2 Charge fictive	10
2.1.3 Charge à récipient ouvert	10
SECTION 3: DESCRIPTION DES ESSAIS	
3.1 Méthodes d'essais et mesures	12
3.1.1 Charge à eau calorimétrique	12
3.1.2 Charges fictives	14
3.1.3 Charges à récipients ouverts	14

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
SECTION 1: GENERAL	
Clause	
1.1 Scope and object	7
1.2 Normative references	9
1.3 Definitions	9
SECTION 2: TESTS	
2.1 Power output test loads	11
2.1.1 Calorimeter load	11
2.1.2 Dummy load	11
2.1.3 Open-dish load	11
SECTION 3: DESCRIPTION OF TESTS	
3.1 Methods of test and measurements	13
3.1.1 Calorimeter load	13
3.1.2 Dummy loads	15
3.1.3 Open-dish load	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS INDUSTRIELLES DE CHAUFFAGE À HYPERFRÉQUENCE – MÉTHODES D'ESSAIS POUR LA DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DE SORTIE

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 1307 a été établie par le comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 519-1 et la CEI 519-6.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote	Amendement au DIS	Rapport de vote
27(BC)101	27(BC)106	27(BC)111	27(BC)113

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

FOREWORD

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

International Standard IEC 1307 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating equipment.

This standard shall be read in conjunction with IEC 519-1 and IEC 519-6.

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

DIS	Report on voting	Amendment to DIS	Report on voting
27(CO)101	27(CO)106	27(CO)111	27(CO)113

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

INSTALLATIONS INDUSTRIELLES DE CHAUFFAGE À HYPERFRÉQUENCE – MÉTHODES D'ESSAIS POUR LA DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DE SORTIE

Section 1: Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux installations industrielles de chauffage à hyperfréquence utilisées dans le cadre d'applications thermiques telles que le chauffage et le séchage de matériaux partiellement conducteurs ou non conducteurs tels que le bois, les textiles, le papier, les denrées alimentaires, etc., sous atmosphère normale ou protégée, utilisant par exemple un gaz inerte ou le vide. Pour le traitement des charges en matières différentes (par exemple les matières plastiques) les méthodes d'essai sont à l'étude.

Cette norme concerne les générateurs hyperfréquence de puissance fonctionnant dans la gamme de 300 MHz à 6 GHz, constitués d'un ensemble de dispositifs électriques et mécaniques destiné à transférer l'énergie hyperfréquence aux matériaux à traiter.

Le matériel fonctionnant à l'extrémité inférieure du spectre d'hyperfréquences (c'est-à-dire entre 300 MHz et environ 600 MHz) peut utiliser des tubes à vide ou des émetteurs d'hyperfréquences. Dans le cas où les systèmes de mesure de la puissance de sortie indiqués dans la présente norme ne conviendraient pas à certaines applications dans cette gamme de fréquences, il conviendra d'utiliser le système de remplacement proposé par la CEI 1308.

La présente norme a pour principal objet de donner des méthodes d'essais pour les générateurs à micro-ondes. Compte tenu du large éventail d'applications du chauffage par micro-ondes, tous les chiffres de puissance de sortie obtenus au cours de ces essais ne sont pas considérés comme une valeur de la puissance susceptible d'être dissipée dans un produit particulier dans une installation donnée de chauffage par micro-ondes. Cependant, dans certains cas, ces chiffres de puissance peuvent être utilisés à titre indicatif pour juger les performances.

La puissance nécessaire pour obtenir dans un produit un changement d'enthalpie recherchée sur une période de temps déterminée dépendra, par exemple, de la nature du produit, de l'évolution de son facteur de pertes avec la température de la construction du système de l'applicateur, du mode d'adaptation du générateur au produit à travers l'applicateur, et du nombre de couplages entre générateurs s'il y en a plusieurs.

Deux types de matériel hyperfréquences sont utilisés pour le chauffage industriel:

Type A

Matériels équipés de générateurs hyperfréquence de puissance (par exemple, alimentation plus magnétrons ou klystrons), indépendants ou dissociables des applicateurs qu'ils alimentent en courant hyperfréquence, par exemple par l'intermédiaire d'un guide d'ondes ou d'un câble coaxial. C'est notamment le cas lorsque l'on utilise des magnétrons ou des klystrons à haute puissance. En règle générale, un circulateur est installé entre le magnétron ou le klystron et l'applicateur pour les protéger de la puissance réfléchie.

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

Section 1: General

1.1 Scope and object

This International Standard is applicable to industrial microwave heating installations used for the purpose of thermal applications of loads containing water or moisture such as heating, drying of partially conductive or non-conductive materials, such as wood, textiles, paper, foodstuffs, etc., in both normal and protective atmospheres, using for example, inert gas or vacuum. For other loads (for example, plastics) the test methods are under consideration.

This standard relates to microwave power generators in the frequency range 300 MHz to 6 GHz comprising an assembly of electrical and mechanical devices intended for the transfer of microwave power to the material to be treated.

Equipment operating at the lower end of the microwave frequency spectrum (i.e. between 300 MHz and about 600 MHz) may use vacuum tubes or alternative microwave emitters. If the power output measurement systems specified in this standard cannot be applied for particular applications within this frequency range, then the alternative systems would be those of IEC 1308.

The main purpose of this standard is to give test methods for industrial microwave energy generators. Due to the large variety of microwave heating applications, any output power figures obtained as a result of these tests should not be taken as representing the amount of power that can be dissipated into a particular product within a particular microwave heating installation, but in certain instances, the output figures could be used as an indication of performance.

The amount of power required to achieve an aim for enthalpy change in a product within a fixed period of time will be dependent, for example, on the product's composition, the evolution of its loss factor with temperature, as well as the construction of the applicator system, the way the generator is matched to the product within the applicator and the amount of coupling between generators when more than one is used.

Two types of microwave industrial heating equipment exist:

Type A

Equipment with microwave power generators (for example, power supplies plus magnetrons or klystrons), independent of or separable from the applicators, to which they provide the microwave power, for example via a waveguide or a coaxial feeder. This is mostly the case when high-power magnetrons or klystrons are used. Usually, a circulator is mounted between the magnetrons or klystrons and the applicator to protect them from reflected power.

Type B

Matériels équipés de générateurs hyperfréquence directement couplés à l'applicateur, c'est-à-dire dans lesquels il est matériellement impossible d'insérer un circulateur ou une charge à eau entre le ou les générateurs et l'applicateur lui-même.

La présente norme concerne des matériels fonctionnant normalement en régime nominal permanent.

1.2 Références normatives

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

CEI 50(726): 1982, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 726: Lignes de transmission et guides d'ondes*

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

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

CEI 519-6: 1982, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Sixième partie: Spécifications pour la sécurité dans les installations électrothermiques industrielles à hyperfréquences*

CEI 519-9: 1987, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Neuvième partie: Règles particulières pour les installations de chauffage diélectrique à haute fréquence*

CEI 1308: 1994, *Installations de chauffage diélectrique haute fréquence – Méthodes d'essais pour la détermination de la puissance de sortie*

1.3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions de base sont données dans les CEI 50(726), CEI 50(841), CEI 519-6, CEI 519-9 et sont complétées par les définitions suivantes.

1.3.1 circulateur: Dispositif à triple accès, assurant la transmission intégrale de la puissance incidente, mais déviant (à l'aide de ferrites et du champ magnétique) la puissance réfléchie vers un troisième accès équipé d'une charge à eau. Pour obtenir une description complète du circulateur, se reporter au VEI 726-17-08.

1.3.2 puissance de sortie des matériels hyperfréquences – matériel de type A: Puissance mesurée par la charge à eau calorimétrique qui est définie dans la présente norme.

Type B

Equipment with microwave power generators directly coupled to the applicator, i.e. inserting a circulator or a water load between the generator or generators and the applicator itself, becomes structurally impossible.

This standard relates to equipment normally operating under continuous rated conditions.

1.2 Normative references

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

IEC 50(726): 1982, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 726: Transmission lines and waveguides*

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

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

IEC 519-6: 1982, *Safety in electroheat installations – Part 6: Specifications for safety in industrial microwave heating equipment*

IEC 519-9: 1987, *Safety in electroheat installations – Part 9: Particular requirements for high-frequency dielectric heating installations*

IEC 1308: 1994, *High-frequency dielectric heating installations – Test methods for the determination of power output*

1.3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the basic definitions are defined in IEC 50(726), IEC 50(841), IEC 519-6, IEC 519-9 and supplemented by the following definitions.

1.3.1 circulator: Three-port device, allowing incident power transmission, but deflecting (with the help of ferrites and magnetic field), reflected power to a third port equipped with a water load. See IEC 726-17-08 for full description of a circulator.

1.3.2 microwave output power – type A equipment: Power measured in a calorimeter load defined in this standard.

Dans le cas d'installations utilisant plusieurs générateurs d'hyperfréquences, la puissance de sortie hyperfréquence de l'installation sera égale à la somme des puissances de sortie des différents générateurs d'hyperfréquence, mesurées par la charge à eau calorimétrique définie dans cette norme.

1.3.3 puissance de sortie des matériels hyperfréquences – matériel de type B:

La puissance de sortie ne peut pas être mesurée sur le matériel de type B dont la structure ne permet pas d'interposer un circulateur ou une charge à eau entre le générateur et l'applicateur. Par conséquent, seule une puissance de sortie calculée peut être spécifiée.

Dans le cas d'installations utilisant plusieurs générateurs d'hyperfréquences, la puissance de sortie calculée du matériel ne peut pas dépasser la somme des puissances de sortie calculées des différents générateurs.

13.4 puissance de sortie calculée: La puissance de sortie calculée, exprimée en watts, s'écrit:

$$P = U \times I \times \eta$$

où

U est la tension appliquée à l'anode, en volts;

I est l'intensité du courant anodique traversant le magnétron ou le klystron, en ampères;

η est le rendement indiqué par le fabricant du magnétron ou du klystron, ou de tout autre émetteur hyperfréquence, correspondant aux conditions de fonctionnement du générateur d'hyperfréquences.

Section 2: Essais

2.1 Charges d'essai de puissance de sortie

Trois types différents de charges d'essai de puissance de sortie peuvent être utilisés pour les installations de chauffage par hyperfréquences. Seules les principales sont décrites. Les configurations de détail doivent être réalisées dans les règles de l'art.

2.1.1 Charges à eau calorimétrique

Utilisées sur des générateurs d'hyperfréquences isolés ou sur les équipements de type A. Conviennent aux applications visant à déterminer la puissance de sortie d'un générateur d'hyperfréquences lorsque la charge normale est remplacée par cette charge d'essai.

2.1.2 Charge fictive

Une charge fictive est utilisée dans le cadre d'applications où il n'est nécessaire que de dissiper et non de mesurer la puissance de sortie utile du générateur d'hyperfréquences. La charge normale est alors remplacée par la charge d'essai.

2.1.3 Charge à récipient ouvert

Elle est utilisée dans le cadre d'applications où il n'est nécessaire que de dissiper et non de mesurer la puissance de sortie utile d'un matériel de chauffage à hyperfréquences.

When more than one microwave power generator is used in one installation, then the microwave output power of the installation will be the sum of the output of the individual microwave power generators as measured into the calorimeter load defined in this standard.

1.3.3 microwave output power – type B equipment: Microwave output power cannot be measured on type B equipment because its construction does not allow a circulator or water load to be interposed between the generator and the applicator. Therefore, only a calculated microwave output power can be specified.

When more than one microwave power generator is used in one installation, then the calculated microwave output power of the equipment cannot exceed the sum of the individual calculated microwave output powers.

1.3.4 calculated microwave output power: The calculated microwave output power in watts

$$P = U \times I \times \eta$$

where

U is the applied anode voltage, in volts;

I is the anode current through the magnetron or klystron, in amperes;

η is the efficiency quoted by the manufacturer of the magnetron or klystron or alternative microwave emitter for the operating conditions of the microwave power generator.

Section 2: Tests

2.1 Power output test loads

There are three different types of output power test loads for use in microwave heating installations. Only the principals are outlined. Detailed constructions shall conform to known engineering techniques.

2.1.1 Calorimeter load

A calorimeter load is used on independent microwave power generators or on type A equipment. It is used to determine the microwave output power of a microwave power generator where the normal load is replaced by this test load.

2.1.2 Dummy load

A dummy load is used for applications where it is required only to dissipate the load power of a microwave power generator and not to measure the load power. The normal load is replaced by this test load.

2.1.3 Open-dish load

An open-dish load is used for applications where it is required only to dissipate the load power in a microwave heating equipment and not to measure the load power.

Section 3: Description des essais

3.1 Méthodes d'essais et mesures

Il convient que les appareils de mesure ne soient pas perturbés par les champs électromagnétiques.

3.1.1 Charge à eau calorimétrique

La charge à eau calorimétrique comprend une section de guide d'ondes, équipée d'un tube transparent aux hyperfréquences, dans lequel circule un courant d'eau. L'eau doit être complètement mélangée dans l'emplacement des mesures de température.

L'énergie dissipée dans l'eau est soit mesurée directement, soit comparée à une norme de valeurs calibrées. Ces charges sont commercialisées. Dans les conditions d'utilisation, le taux d'ondes stationnaires (TOS) vu par le magnétron ou le klystron ne doit pas dépasser 1,2 ou la valeur recommandée par le fabricant du magnétron ou du klystron.

Un débit d'eau d'environ 1 l/min par kW et au moins égal à 0,5 l/min est recommandé.

Pour éviter l'apparition de vapeur pouvant entraîner une explosion, le débit d'eau doit être continuellement surveillé, par exemple au moyen de contrôleurs de débit.

La température de l'eau à l'entrée ne doit pas dépasser 35 °C.

La température de l'eau à la sortie ne doit pas dépasser 60 °C.

La différence entre la température de l'eau à l'entrée et à la sortie doit être d'au moins 10 K, si l'on veut obtenir des résultats d'une précision acceptable.

La conductivité spécifique de l'eau doit être comprise entre 200 µs/cm et 600 µs/cm pour des fréquences inférieures à 900 MHz. Pour les fréquences supérieures, n'importe quelle eau du réseau d'eau peut être utilisée.

Dans le cas de générateurs équipés d'un circulateur, capable de dévier 100 % de la puissance incidente, ce dernier peut être utilisé comme charge à eau en court-circuitant l'accès de sortie de la puissance incidente.

La mesure ne doit être réalisée que dans des conditions de débit stable et d'équilibre thermique de la charge. Pour mesurer la puissance de sortie avec une précision de ±5 %, il est nécessaire d'utiliser des thermomètres et des débitmètres de haute précision.

La puissance de sortie est calculée par la formule suivante:

$$P = \frac{4,1868 \times Q \times \Delta T}{60} \approx 0,07 \times Q \times \Delta T$$

où

P est la puissance de sortie, en kW;

Q est le débit d'eau, en l/min;

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

NOTE – 1 cal = 4,1868 J.

La précision de la mesure de la puissance de sortie doit être de ±5 %.

Section 3: Description of tests

3.1 Methods of test and measurements

Measuring devices should not be affected by electromagnetic fields.

3.1.1 Calorimeter load

The calorimeter load consists of a waveguide section, equipped with a microwave transparent tube, through which water can flow. The water should be thoroughly mixed at the temperature measurement position.

The power dissipated in the water is measured directly or compared with a calibrated heated water standard. These loads are commercially available. When in use, the Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) seen by the magnetron or klystron shall not exceed 1,2, or the value recommended by the magnetron or klystron manufacturer.

A recommended water flow would be about 1 l/min per kW, but not less than 0,5 l/min.

To avoid the formation of steam, which may lead to explosion, the water flow shall be monitored, for instance by means of flow interlocking switches.

The water inlet temperature shall not exceed 35 °C.

The water outlet temperature shall not exceed 60 °C.

The difference between the outlet temperature and the inlet temperature shall be at least 10 K, to obtain results of an acceptable accuracy.

The specific conductivity of the water shall lie between 200 µS/cm and 600 µS/cm, for frequencies below 900 MHz. For higher frequencies, any tap water can be used.

When the microwave power generators are equipped with a circulator, capable of deflecting 100 % of the incident power, the latter can be used as a water load by short-circuiting the incident power exit port.

The measurement shall be carried out only when the flow rate is stable and the load is in thermal equilibrium. It is necessary to use high-precision thermometers and flowmeters to ensure that the accuracy of power output measurement shall be within ±5 %.

The power output is calculated from the following equation:

$$P = \frac{4,1868 \times Q \times \Delta T}{60} \approx 0,07 \times Q \times \Delta T$$

where

P is the power output, in kW;

Q is the water flow rate, in l/min;

ΔT is the temperature difference, in kelvins, between water inlet and outlet temperatures.

NOTE – 1 cal = 4,1868 J.

The accuracy of power output measurement shall be within ±5 %.

3.1.2 Charges fictives

Des charges fictives peuvent être faites sous forme de coins en ciment à forte teneur d'alumine et chargés en graphite pour obturer l'extrémité d'un guide d'ondes. Ces coins sont effilés pour assurer une absorption uniforme de la puissance.

La charge résistive adaptée se présente sous forme d'une résistance à faible réactance, pouvant être refroidie par convection d'air naturel, par air pulsé ou par eau. Elle est généralement connectée au générateur par un câble coaxial ayant une impédance de 50Ω ou un guide d'onde. Il est possible d'opter pour d'autres valeurs d'impédance et de choisir d'autres câbles d'alimentation. Ces charges sont commercialisées et, aux niveaux de puissance inférieurs, on a recours au refroidissement par convection d'air naturel. Pour les puissances supérieures, de l'ordre de 2 kW, on utilise l'air pulsé.

3.1.3 Charges à récipients ouverts

Chaque récipient est constitué d'un matériau à faibles pertes diélectriques. Ce récipient rempli d'eau est placé à l'intérieur de l'applicateur. L'eau sert de milieu d'absorption d'énergie. La quantité d'eau utilisée doit être d'au moins 1 l par kilowatt de puissance de sortie assignée. Il convient de répartir les récipients uniformément à l'intérieur de l'applicateur.

La température de l'eau augmentant d'environ 14°C par minute par litre pour chaque kilowatt de puissance absorbée, il convient d'éviter toute ébullition, ainsi que toute déformation ou fusion du récipient. La formation de condensats peut également poser des problèmes.