

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61922

Première édition
First edition
2002-06

**Installations de chauffage par induction
haute fréquence –
Méthodes d'essai pour la détermination
de la puissance de sortie du générateur**

**High-frequency induction heating installations –
Test methods for the determination of power
output of the generator**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61922:2002

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Service clients**

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- **IEC Just Published**

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

- **Customer Service Centre**

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61922

Première édition
First edition
2002-06

**Installations de chauffage par induction
haute fréquence –
Méthodes d'essai pour la détermination
de la puissance de sortie du générateur**

**High-frequency induction heating installations –
Test methods for the determination of power
output of the generator**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application et objet	6
2 Références normatives	6
3 Définitions	8
4 Charges d'essai	8
4.1 Charge par calorimètre conique	10
4.2 Méthode de la température du filament	10
4.3 Charges résistives adaptées	10
5 Description des essais	10
5.1 Charge par calorimètre conique	10
5.2 Méthode de la température du filament	14
5.3 Charges résistives adaptées	16
Annexe A (informative) Calcul de l'inductance de l'élément inductif d'essai	30
Figure 1 – Définition de la puissance de sortie	18
Figure 2 – Exemple de calorimètre	20
Figure 3 – Exemple de résistance à eau pour la mesure de la puissance	22
Figure 4 – Exemple d'élément inductif d'essai à une spire	24
Figure 5 – Exemple d'inductance réglable	26
Figure 6 – Exemple du circuit pour la mesure par la méthode de la température du filament	28
Figure A.1 – Dimensions principales des éléments inductifs d'essai pour le calorimètre conique	32

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope and object.....	7
2 Normative references.....	7
3 Definitions	9
4 Tests loads.....	9
4.1 Conical calorimeter load	11
4.2 Lamp load temperature method	11
4.3 Matched resistive loads	11
5 Description of tests	11
5.1 Conical calorimeter load	11
5.2 Lamp load temperature method	15
5.3 Matched resistive loads	17
Annex A (informative) Calculation of the test inductor inductance	31
Figure 1 – Definition of the output power	19
Figure 2 – Example of the calorimeter	21
Figure 3 – Example of the water resistor for the power measurement.....	23
Figure 4 – Example of the one-turn test inductor.....	25
Figure 5 – Example of the adjustable inductance	27
Figure 6 – Example of the circuit for the measurement by the lamp load temperature method	29
Figure A.1 – Main dimensions of test inductors for the conical calorimeter	33

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION HAUTE FRÉQUENCE – MÉTHODES D'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DE SORTIE DU GÉNÉRATEUR

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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61922 a été établie par le comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
27/314/FDIS	27/325/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2008. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-FREQUENCY INDUCTION HEATING INSTALLATIONS –
TEST METHODS FOR THE DETERMINATION
OF POWER OUTPUT OF THE GENERATOR**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61922 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating equipment.

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

FDIS	Report on voting
27/314/FDIS	27/325/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex A is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION HAUTE FRÉQUENCE – MÉTHODES D'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DE SORTIE DU GÉNÉRATEUR

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux installations industrielles de chauffage par induction radiofréquence ou haute fréquence utilisées dans les applications thermiques (par exemple pour le durcissement des surfaces, le soudage, le brasage, la fusion, le forgeage, la rectification des zones des semiconducteurs, etc.).

Cette norme concerne les installations de chauffage par induction haute fréquence dans la gamme de fréquences jusqu'à 300 MHz à des niveaux de puissance de valeur supérieure ou égale à 500 W, comprenant des générateurs haute fréquence et des inducteurs avec les dispositifs mécaniques nécessaires pour le traitement de charge (par exemple machines de durcissement).

Cette norme a pour principal objet de fournir des méthodes d'essai pour la détermination de la puissance de sortie des sources d'énergie pour le chauffage industriel par induction haute fréquence.

Les charges telles qu'elles sont décrites dans cette norme peuvent être utilisées pour l'évaluation de la conformité de la compatibilité électromagnétique au CISPR 11.

Cette norme concerne la capacité de fonctionnement du générateur en régime assigné permanent telle qu'elle est spécifiée par le constructeur.

Les méthodes de mesure de la puissance de sortie des générateurs fonctionnant en mode d'impulsions avec des cycles de service courts (par exemple calorimètre adiabatique) sont à l'étude.

Des systèmes électroniques de mesure de la puissance sont disponibles sur le marché, mais il faut prendre des précautions lorsqu'on les utilise car leur précision ne peut pas être garantie, en particulier aux fréquences élevées. Ces appareils exigent des transformateurs de courants élevés et des transformateurs de tension pour les mesures de la puissance de sortie et ils donnent également des résultats qui peuvent être erronés aux fréquences élevées. Ces méthodes exigent des connaissances approfondies pour pouvoir être appliquées avec succès et, par conséquent, elles ne sont pas détaillées dans la présente norme.

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

CEI 60519-1, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Première partie: Règles générales*

HIGH-FREQUENCY INDUCTION HEATING INSTALLATIONS – TEST METHODS FOR THE DETERMINATION OF POWER OUTPUT OF THE GENERATOR

1 Scope and object

This International Standard is applicable to industrial radio- or high-frequency induction heating installations used for the purpose of thermal applications (e.g. for surface hardening, welding, soldering, melting, forging, zone refining of semiconductors, etc.).

This standard relates to high-frequency induction heating installations in the frequency range up to 300 MHz for power levels of 500 W and above, comprising high-frequency generators and inductors together with necessary mechanical devices for charge handling (e.g. hardening machines).

The main purpose of this standard is to provide the test methods for the determination of output power of industrial high-frequency induction heating power sources.

Loads as described in this standard may be used in compliance assessment of electromagnetic compatibility according to CISPR 11.

This standard relates to generator capacity of operation under continuous rated conditions as specified by the manufacturer.

The methods of measurement of power output of generators operating in pulse mode with short duty cycles (e.g. the adiabatic calorimeter) are under consideration.

Electronic systems of power measurement are commercially available, but care must be taken in their application because accuracy can not be guaranteed, particularly at higher frequencies. These instruments require high current transformers and voltage transformers for the output power measurements and they also are subject to errors at higher frequencies. These methods require expert knowledge for successful application and therefore are not detailed in this standard.

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 60050-841, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 841: Industrial electroheating*

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

CEI 60519-3:1988, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Troisième partie: Règles particulières pour les installations des fours à induction à fréquence industrielle du réseau et à moyenne fréquence*

CEI 61308:1994, *Installations de chauffage diélectrique haute fréquence – Méthodes d'essai pour la détermination de la puissance de sortie*

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans la CEI 60050-841, CEI 60519-1 et la CEI 60519-3 ainsi que les suivantes, s'appliquent.

3.1

puissance de sortie haute fréquence

puissance mesurée aux bornes de sortie du générateur, alimentant la charge d'essai telle qu'elle est définie dans la présente norme

NOTE Cette définition est explicitée à la figure 1. La partie gauche du croquis contient le générateur et elle se termine à ses deux bornes de sortie. La charge est connectée à ces bornes. Toute la puissance qui apparaît à l'extérieur de l'enveloppe du générateur est définie comme la puissance de sortie de celui-ci. Elle englobe la puissance dissipée dans l'élément inductif, les fils d'énergie, le calorimètre, etc.

3.2

calorimètre

dispositif pour la mesure de la puissance haute fréquence, composé d'une partie refroidie à l'eau, dans un flux contrôlé et avec mesure de la différence de température de l'eau en entrée et en sortie

NOTE Cette partie est réalisée en acier ou dans un autre matériau conducteur et reçoit des courants à haute fréquence.

3.3

densité de puissance surfacique

quotient de la puissance sur la surface active du calorimètre

3.4

inductance en boucle

inductance ayant la forme d'une boucle placée près de la charge sans former de cercle complet autour de celle-ci

3.5

charge d'essai

équipement constitué des fils de connexion, de l'élément inductif et du calorimètre. Si une résistance sans éléments réactifs est utilisée comme charge, un circuit résonnant auxiliaire est utilisé pour l'élimination de la puissance harmonique. Si ce circuit auxiliaire ne fait pas partie du générateur, les pertes de ce circuit sont mesurées avec les pertes dans les autres parties de la charge d'essai

4 Charges d'essai

Il existe trois types différents de charges d'essai de puissance de sortie pouvant être utilisés dans les installations de chauffage haute fréquence par induction. Seules les principaux sont décrits ici. Les constructions détaillées doivent être conformes aux règles de l'art.

IEC 60519-3:1988, *Safety in electroheat installations – Part 3: Particular requirements for induction and conduction heating and induction melting installations*

IEC 61308:1994, *High-frequency dielectric heating installations – Test methods for the determination of power output*

CISPR 11, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electro-magnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Definitions

For the purposes of this International Standard, the definitions given in IEC 60050-841, IEC 60519-1 and IEC 60519-3 as well as the following, apply.

3.1

high-frequency output power

power measured at the power output terminals of the generator, feeding to the test load as defined in this standard

NOTE This definition is explained in figure 1. The left side of the drawing contains the generator and is limited by its two output terminals. The load is connected to these terminals. All power that appears outside of the generator case is defined as the output power of the generator. It comprises the power dissipated in the inductor, power leads, calorimeter, etc.

3.2

calorimeter

device for the measurement of high-frequency power, which consists of a part cooled by water, under controlled flow and measured temperature difference between water inlet and outlet temperatures

NOTE This part is made of steel or other conductive material into which high-frequency currents are induced.

3.3

surface power density

quotient of the power and the active surface of the calorimeter

3.4

loop inductor

inductor in the shape of a loop brought close to the load without forming a full circle around it

3.5

test load

equipment consisting of the connection leads, the inductor and the calorimeter. If a resistor without reactive elements is used as a load, an auxiliary resonant circuit is used for the elimination of the harmonic power. If this auxiliary circuit is not part of the generator, the losses in this circuit are measured with the losses in the other parts of the test load

4 Tests loads

There are three different types of output power test loads for use in high-frequency induction heating installations. Only the main ones are outlined. Detailed constructions shall conform to known engineering techniques.

4.1 Charge par calorimètre conique

La charge par calorimètre conique est généralement utilisée comme partie de la charge d'essai. Ce calorimètre permet une adaptation de charge facile ainsi que la modification des éléments inductifs sans débranchement de pièces de l'installation (par exemple les alimentations en eau du calorimètre).

4.2 Méthode de la température du filament

Cette méthode de la température du filament est utilisée pour les applications jusqu'à environ 20 kW. Il est possible d'adapter la charge en choisissant les lampes ou en combinant plusieurs en parallèle ou en série.

4.3 Charges résistives adaptées

Une charge résistive adaptée peut être utilisée pour les applications où la charge résistive peut être connectée aux bornes de sortie haute fréquence.

5 Description des essais

Le champ électromagnétique des emplacements occupés par le personnel d'essai doit être conforme aux règlements de sécurité nationaux et/ou internationaux.

Il convient que les appareils de mesure ne soient pas perturbés par les champs haute fréquence. En particulier, il convient de ne pas exposer les thermomètres au mercure à des champs magnétiques de valeur élevée.

Pour toutes les méthodes de mesure calorimétriques indiquées, on doit veiller à mesurer la température de sortie aussi près que possible de la charge.

Outre les méthodes calorimétriques indiquées, on peut également utiliser des méthodes de mesure électriques directes. Dans ce cas, il faut que les transformateurs de courant et de tension ainsi que l'appareil de mesure lui-même soient adaptés au facteur de puissance, à la fréquence de fonctionnement et aux harmoniques. La somme de l'ensemble des erreurs ne doit pas dépasser 5 %.

NOTE Dans les cas particuliers où il est nécessaire de mesurer les puissances dans la plage de 100 W à 500 W, il convient que les erreurs supérieures à 5 % soient acceptées.

5.1 Charge par calorimètre conique

Un exemple type est donné à la figure 2. Les parois externes du calorimètre sont en acier au carbone. L'utilisation d'acier d'alliage élevé n'est pas recommandée à cause de sa perméabilité magnétique inférieure à celle de la plupart des charges utilisées dans les applications pratiques. L'épaisseur des parois doit offrir une résistance mécanique adaptée (également en cas de surchauffe). Le cône intérieur peut aussi être en acier. Il convient que la section des pièces où l'eau circule soit si possible uniforme et telle qu'elle permette une vitesse adaptée de l'eau pour le meilleur échange calorifique possible.

NOTE 1 Pour la simulation de la charge au-dessus du point de Curie, on peut utiliser un calorimètre dont les parois externes sont en laiton ou en acier inoxydable austénitique.

Les dimensions extérieures du cône doivent être choisies de manière à ce que la densité de puissance surfacique obtenue dans les parties du calorimètre qui sont couvertes par l'élément inductif, ne dépassent pas 0,5 kW/cm². Des dimensions types sont données à la figure 2.

NOTE 2 Une densité de puissance surfacique supérieure peut donner lieu à un échauffement excessif des parois du calorimètre et, par conséquent, à des pertes supérieures de rayonnements et des erreurs plus importantes dans la détermination de la puissance.

4.1 Conical calorimeter load

The conical calorimeter load is generally used as part of the test load. This calorimeter enables easy load matching and the changing of inductors without disconnecting parts of the installation (e.g. water connections to the calorimeter).

4.2 Lamp load temperature method

The lamp load temperature method is used for applications up to about 20 kW. The matching of the load is possible by selection of the lamps itself as well as by combination of several lamps in parallel and/or in series.

4.3 Matched resistive loads

A matched resistive load can be used for applications where the resistive load can be connected to the high-frequency output terminals.

5 Description of tests

Electromagnetic fields in places occupied by attending personnel shall conform with national and/or international safety regulations.

High-frequency fields should not affect measuring devices. In particular, mercury thermometers should not be placed in magnetic fields of great strength.

For all listed calorimetric measurement methods, care shall be taken that the outlet temperature will be measured as close as possible to the load.

Besides the listed calorimetric methods direct electric measurement methods can also be used. In this case, the current and voltage transformers as well as the measurement instrument itself must be suitable for the power factor, the working frequency and its harmonics. The sum of all errors shall not exceed 5 %.

NOTE In special cases when it is necessary to measure powers in the range from 100 W to 500 W, the errors greater than 5 % should be accepted.

5.1 Conical calorimeter load

A typical example is shown in figure 2. External walls of the calorimeter are made of carbon steel. The use of high alloy steel is not recommended, because of lower magnetic permeability than most loads used in practical applications. The thickness of walls shall provide adequate mechanical strength (also in the case of overheating). The inner cone can also be made of steel. The cross section of those parts, where water flows, should be, if possible uniform and such as to provide suitable water velocity for best heat exchange.

NOTE 1 For the simulation of the load above the Curie point, the calorimeter with external walls made of brass or austenitic stainless steel can be used.

The external dimensions of the cone shall be chosen in such manner that the obtained surface power density in those parts of the calorimeter that are covered by the inductor, does not exceed 0,5 kW/cm². Typical dimensions are given in figure 2.

NOTE 2 Higher surface power density may cause excessive heating of the calorimeter walls and, in consequence, greater losses for radiation and greater errors of power determination.

Une densité de puissance surfacique encore plus élevée ou un placement non coaxial du calorimètre dans l'élément inductif peut donner lieu à une surchauffe locale et à une perforation des parois. Si, pour un essai particulier, une densité de puissance surfacique plus élevée est nécessaire, il est possible d'utiliser un calorimètre cylindrique simple avec une épaisseur de paroi réduite, sans toutefois être inférieure à 0,6 mm et un refroidissement intensif. Un tel appareil peut être facilement détérioré, c'est pourquoi il convient que l'enveloppe extérieure soit facilement interchangeable.

Le calorimètre doit être refroidi à l'eau. Le débit d'eau recommandé serait d'environ 1 l/min par kW, mais pas moins de 0,5 l/min par kW. Ce débit d'eau doit être stable.

Pour éviter la formation de vapeur, il convient que le débit d'eau soit surveillé par exemple au moyen de contrôleurs de débit.

NOTE 3 Une faible surchauffe locale des parois à une température inférieure à 500 °C (couleur rouge foncé à peine visible) est acceptable et n'affecte pas les résultats de manière significative.

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

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

La différence entre température de sortie et température d'entrée doit être d'au moins 10 °C pour obtenir des résultats d'une précision acceptable.

On peut utiliser toute eau du robinet.

La mesure doit être réalisée lorsque la charge est à l'équilibre thermique. Il est nécessaire d'utiliser des thermomètres et des débitmètres de grande précision pour s'assurer que la précision de la mesure de la puissance de sortie soit dans les limites de $\pm 5\%$.

Le calorimètre est placé de manière coaxiale dans l'élément inductif d'essai connecté aux bornes de sortie de l'équipement en essai. La charge peut être ajustée en déplaçant le calorimètre vers le haut et le bas dans l'élément inductif. On peut utiliser à cet effet la machine de traitement de charge (le mouvement de rotation étant coupé).

L'inductance de l'élément inductif d'essai doit être de l'ordre de celle des éléments inductifs utilisés dans la pratique. L'élément inductif d'essai peut posséder une ou plusieurs spires et il convient qu'il soit constitué d'un tuyau de cuivre.

Les connexions de courant à haute fréquence sur l'élément inductif d'essai doivent être aussi courtes que possible, larges et placées côte à côte de manière à réduire l'inductance parasite des connexions, en particulier dans le cas des éléments inductifs à une spire.

La distance type entre l'élément inductif et le calorimètre est de 5 mm (voir figure 2). Pour certaines applications, cette distance peut être ramenée à 1,5 mm. Des distances plus faibles ne sont pas recommandées, en raison du risque de contournements ou de chauffage non uniforme.

Il convient que la plupart des éléments inductifs d'essai (à l'exception de ceux de très faible puissance) soient refroidis à l'eau.

L'inductance des éléments inductifs à une spire peut être réduite et on peut obtenir un chauffage uniforme du calorimètre au moyen d'une feuille de cuivre fixée par brasage fort au bobinage de telle manière que la feuille suive le contour de la partie du calorimètre où se trouve l'élément inductif.

L'exemple d'élément inductif d'essai est représenté à la figure 4 et les équations pour le calcul de l'inductance sont données à l'annexe A.

Still higher surface power density or non-coaxial placing of the calorimeter in the inductor may cause local overheating and perforation of the walls. If, higher surface power density is necessary for the character of the particular test, it is possible to use a simple cylindrical calorimeter with the thickness of wall diminished, but not thinner than 0,6 mm and with an intensive cooling. Such a device can easily be deteriorated, therefore the outer shell should be easily interchangeable.

The calorimeter shall be water cooled. A recommended water flow would be about 1 l/min per kW, but not less than 0,5 l/min per kW. The water flow rate shall be stable.

To avoid the formation of steam, the water flow should be monitored, for instance, by means of flow interlocking switches.

NOTE 3 Small local overheating of the walls to a temperature less than 500 °C (hardly visible dark red colour) is acceptable and does not significantly affect the results.

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 °C in order to obtain results of an acceptable accuracy.

Any tap water can be used.

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

The calorimeter is placed coaxially in the test inductor connected to the output terminals of the equipment under test. The load can be adjusted by moving the calorimeter up and down in the inductor. For this purpose, the charge handling machine (with rotational movement switched off) may be used.

The inductance of the test inductor shall be of the order of the inductance of inductors provided in practice. The test inductor may have one or more turns and should be made of copper pipe.

The high-frequency current connections to the test inductor shall be, especially for one turn inductors, as short as possible, broad and located side by side in order to minimize stray inductance of the connections.

The typical distance between inductor and calorimeter is 5 mm (see figure 2). For certain applications, this distance can be diminished to 1,5 mm. Smaller distances are not recommended, because of possibility of flashovers or not uniform heating.

Most test inductors (except for those with the lowest power) should be water cooled.

The inductance of one turn inductors can be diminished and uniform heating of the calorimeter ensured by means of a piece of copper sheet hard soldered into the winding in such manner that the sheet shall follow the outline of the part of calorimeter where the inductor is placed.

The example of the test inductor is shown in figure 4, and equations for the calculation of inductance in annex A.

La puissance dans le calorimètre est calculée à partir de l'équation suivante:

$$P = \frac{4,1868 \times Q \times \Delta T}{60} \approx 0,07 \times Q \times \Delta T \quad (1)$$

où

P est la puissance du calorimètre, en kW;

Q est le débit d'eau, en l/min;

ΔT est la différence de température, en °C, entre les températures d'eau en entrée et en sortie.

NOTE 4 1 cal = 4,1868 J.

Les pertes de puissance à l'intérieur de l'élément inductif et des connexions aux bornes de sortie du générateur doivent être mesurées de manière calorimétrique et calculées à partir de la même équation que pour le calorimètre. Ces pertes doivent être ajoutées à la puissance dispersée dans le calorimètre de manière à obtenir la puissance de sortie haute fréquence du générateur.

La précision de la mesure de la puissance de sortie doit être dans les limites de $\pm 5 \%$.

NOTE 5 L'insertion en profondeur du calorimètre dans l'élément inductif peut être à l'origine d'une surcharge du dispositif en essai. Dans un générateur à valve électronique, il est possible, au cours des essais de compatibilité électromagnétique selon le CISPR 11, de vérifier la tendance du générateur à produire des oscillations parasites en causant volontairement une surcharge. Pour protéger la valve de la surchauffe de l'anode, il peut être nécessaire de réduire la tension d'anode.

NOTE 6 La quantité de puissance de sortie haute fréquence obtenue dans la charge non ferreuse qui apparaît parfois en pratique peut être considérablement inférieure à la puissance dissipée dans le calorimètre en acier.

5.2 Méthode de la température du filament

Cette méthode ne peut être utilisée que sur les types de générateurs qui ne généreront pas de puissance harmonique dans la charge d'essai. Dans le cas contraire, un filtre de suppression d'harmonique comme un circuit résonnant complémentaire doit être utilisé. Dans ce cas, les pertes dans ce circuit doivent également être mesurées.

La figure 6 présente un exemple type. Pour le chargement de l'équipement en essai, on doit utiliser plusieurs lampes connectées en parallèle qui constituent un groupe de lampes de charge. Le groupe de lampes de charge h_1 est connecté aux bornes de sortie du générateur à la place de l'élément inductif. L'utilisation de cette méthode est possible lorsqu'un transformateur haute fréquence réduit la tension de sortie haute fréquence de l'équipement. Les lampes doivent être connectées avec des fils si possible égaux et aussi courts que possible de faible inductance. Le nombre de lampes dépend de la puissance de sortie assignée de l'équipement en essai. Les lampes doivent être capables de dissiper la puissance de sortie assignée. Pour les fréquences jusqu'à environ 1 MHz, on peut utiliser toutes les lampes. Pour les fréquences supérieures à 1 MHz, les lampes à filament court sont recommandées.

Lorsque l'équipement est en marche, la température des filaments doit être mesurée en comparant avec une autre lampe h_2 du même type que celles dans le groupe de lampes de charge h_1 connectée au secteur par l'intermédiaire d'un dispositif régulateur de tension. La tension de la lampe de comparaison est réglée pour fournir la même température de lampe que pour h_1 . On mesure la tension et le courant traversant la lampe h_2 et le produit multiplié par le nombre n de lampes dans le groupe h_1 donne la puissance dissipée qui est également la puissance de sortie haute fréquence du générateur haute fréquence.

Pour améliorer la comparaison, il convient de faire fonctionner les lampes à 70 % maximum de leur tension assignée. L'utilisation de lampes dont les ampoules ne sont pas transparentes n'est pas recommandée.

Les dispositifs types de mesure des températures peuvent comporter des cellules photoélectriques (voir annexe A à la CEI 61308) ou des pyromètres.

The power in the calorimeter is calculated from the following equation:

$$P = \frac{4,1868 \times Q \times \Delta T}{60} \approx 0,07 \times Q \times \Delta T \quad (1)$$

where

P is the power in the calorimeter, in kW;

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

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

NOTE 4 1 cal = 4,1868 J.

The power losses in the inductor and in the connections to the output terminals of the generator shall be measured calorimetrically and calculated from the same equation as that for the calorimeter. These losses shall be added to the power dispersed in the calorimeter in order to obtain high-frequency output power of the generator.

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

NOTE 5 The inserting of the calorimeter deep into the inductor may cause overloading of the equipment under test. In an electronic valve generator, while testing the electromagnetic compatibility, according to CISPR 11, it is possible to check the tendency of the generator to parasitic oscillations by purposely causing overload. To protect the valve from overheating of the anode, reduction of the anode voltage may be necessary.

NOTE 6 The amount of high-frequency output power obtained in the non-ferrous charge which sometimes occurs in practice can be considerably lower than the power dissipated in the steel calorimeter.

5.2 Lamp load temperature method

This method may be used only on generator types which do not generate harmonic power in the test load. Otherwise, a harmonic suppression filter like an additional resonant circuit shall be used. In this case, the losses in this circuit shall be measured too.

A typical example is shown in figure 6. For the loading of the equipment under test, several lamps connected in parallel constituting a load lamp group, are to be used. The load lamp group h_1 is connected to the output terminals of the generator instead of the inductor. The use of this method is possible when there is a high-frequency transformer, which reduces the high-frequency output voltage of the equipment. The lamps are to be connected with possibly equal and as short as possible short leads of low inductance. The number of lamps depends on the rated output power of the equipment under test. The lamps shall be capable of dissipating the rated output power. For frequencies up to about 1 MHz, any lamps can be used. For frequencies greater than 1 MHz, lamps with short filament leads are recommended.

When the equipment is switched on, the temperature of the filaments is to be measured by comparison with another lamp h_2 of the same type as those in the load lamp group h_1 connected to the mains supply through a voltage regulating device. The voltage on the comparison lamp is set to provide the same lamp temperature as for h_1 . The voltage and current through the lamp h_2 are measured and the product multiplied by the number n of lamps in the group h_1 gives the power dissipated which is also the high-frequency output power of the high-frequency generator.

In order to make the comparison better, the lamps should be operated at a maximum of 70 % of their rated voltage. The use of lamps with non-transparent bulbs is not recommended.

Typical temperature measuring devices may include photoelectric cells (see annex A to IEC 61308) or pyrometers.

La précision de la mesure de la puissance de sortie doit être dans les limites de $\pm 5 \%$.

NOTE La mise en marche de certains générateurs de chauffage par induction sur des lampes à filament froid peut causer une surcharge. Dans certains cas, le préchauffage du filament à faible niveau de puissance est nécessaire, à l'issue duquel il est possible de mettre en marche immédiatement à pleine puissance.

5.3 Charges résistives adaptées

5.3.1 Généralités

La charge résistive adaptée sans composants de type réactif prend la forme d'une résistance qui peut être refroidie par convection d'air naturel, par air pulsé ou par eau. Elle est connectée aux bornes de sortie à basse tension du générateur et non à l'élément inductif. La valeur nécessaire de résistance dépend de la tension de sortie à fréquence radioélectrique du dispositif en essai. Cette méthode ne peut être utilisée que sur les types de générateurs qui ne généreront pas de puissance harmonique dans la charge d'essai. Dans le cas contraire, un filtre de suppression d'harmonique comme un circuit résonnant complémentaire doit être utilisé. Dans ce cas, les pertes dans ce circuit doivent également être mesurées.

La puissance est obtenue par mesure du courant ou de la tension sur la résistance et l'appareil de mesure peut indiquer la puissance directement comme I^2R ou V^2/R . Les charges résistives adaptées sont disponibles sur le marché à des niveaux de puissance de quelques dizaines de watts à quelques centaines de kilowatts.

5.3.2 Technique de résistance à l'eau

La figure 3 présente l'exemple de résistance à l'eau.

La puissance de sortie est mesurée par flux de courant direct dans l'eau. Pour cette raison, on place deux électrodes dans une boîte. L'eau s'écoule à travers la boîte qui est en matériau isolé.

La charge maximale pour éviter les bulles de vapeur est de 200 W/cm^2 . L'espace minimal entre les électrodes est de 10 mm. Une distance supérieure peut être utile lorsqu'une résistance de charge plus importante est nécessaire. L'adaptation de la charge est possible en faisant varier la profondeur d'immersion des électrodes. En ce qui concerne les caractéristiques de puissance maximale des électrodes, une variation de 1 à 4 est possible. Les électrodes peuvent être faites d'un matériau non magnétique comme le cuivre ou l'acier inoxydable. La conductivité spécifique de l'eau doit se situer dans la plage de $300 \mu\text{mho/cm}$ à $500 \mu\text{mho/cm}$. Le volume de la chambre de mélange doit être d'au moins $0,1 \text{ Q} \times 1 \text{ min}$. Q est donné en l/min (voir l'équation 1).

La composante réactive de la charge peut être simulée par l'inductance complémentaire. L'exemple de cette inductance en tuyau de cuivre avec élément coulissant pour la régulation de l'inductance est donné à la figure 5.

5.3.3 Autres charges de résistance à l'eau

La charge de résistance à l'eau telle qu'elle est décrite en 3.1.1 de la CEI 61308 peut être utilisée dans les cas où il est possible d'adapter l'impédance de cette charge à l'impédance de sortie du générateur.

Pour les appareils qui utilisent des fréquences supérieures à 1 MHz et qui sont équipés d'un transformateur de sortie haute fréquence, cette charge doit être connectée aux bornes de sortie en parallèle de la bobine de travail vide. La résistance de la charge doit être au moins 5 fois supérieure à la réactance de la bobine de travail. Si cette condition ne peut pas être satisfaite, il est possible dans certains cas de connecter la charge aux bornes de sortie et non à la bobine de travail. Comme la déconnexion de la bobine de travail peut affecter la fréquence, l'effet sur le comportement du générateur doit être vérifié. Au cas où des

The accuracy of power output measurement shall be within $\pm 5\%$.

NOTE The switching-on of some induction heating generators on cold filament lamps may cause overloading. In some cases, the preheating of the filament at a small power level is necessary, immediately after which the full power switching-on is possible.

5.3 Matched resistive loads

5.3.1 General

The matched resistive load without any reactive components takes the form of a resistor which can be cooled by natural air convection, by forced air or by water. It can be connected to the low voltage output terminals of the generator instead of the inductor. The necessary value of the resistance depends on the radio-frequency output voltage of the device under test. This method may be used only on types of generators which do not generate harmonic power into the test load. Otherwise, a harmonic suppression filter such as an additional resonant circuit shall be used. In this case, the losses of this circuit also shall be measured.

The power is obtained by measurement of the current or voltage on the resistor and the meter can indicate the power directly as I^2R or V^2/R . The matched resistor loads are commercially available at power levels from tens of watts to hundreds of kilowatts.

5.3.2 Water resistance technique

The example of the water resistance is shown in figure 3.

The output power is measured by direct current flow through the water. For this reason, two electrodes are placed in a box. The water flows through the box, which is built from insulated material.

The maximum load to avoid vapour bubbles is 200 W/cm^2 . The minimum gap between the electrodes is 10 mm. A larger distance may be useful in cases where a larger load resistor is necessary. Matching of the load is possible by variation of the depth of immersion of the electrodes. In respect to the maximum power rating of the electrodes, a variation of 1 to 4 is possible. The electrodes may be made from non magnetic material such as copper or stainless steel. The specific conductivity of water shall be in the range of $300 \mu\text{mho/cm}$ to $500 \mu\text{mho/cm}$. The volume of the mixing chamber shall be $0,1 Q \times 1 \text{ min}$, at least. Q is given in l/min (see equation 1).

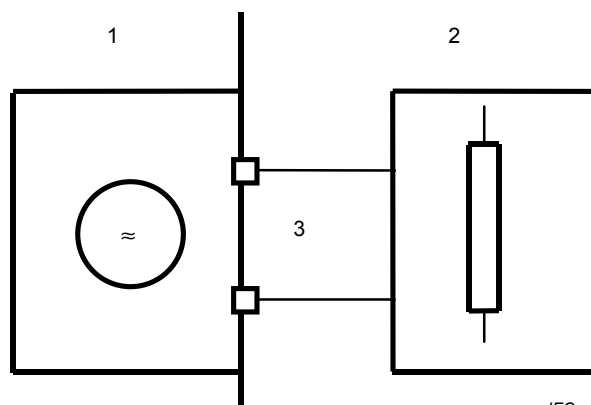
The reactive component of the load can be simulated by the additional inductance. The example of this inductance made of copper pipe with a sliding element for the regulation of the inductance is shown in figure 5.

5.3.3 Other water-resistance loads

The water-resistance load as described in 3.1.1 of IEC 61308 can be used in those cases when it is possible to match the impedance of this load to the output impedance of the generator.

For devices using frequencies higher than 1 MHz and equipped with the high-frequency output transformer, this load shall be connected to the output terminals in parallel to the empty workcoil. The resistance of the load shall be at least 5 times greater than the reactance of the workcoil. If this condition can not be fulfilled, it is possible in some cases to connect the load to the output terminals instead of the workcoil. As the disconnection of the workcoil can affect the frequency, the effect of this on the behaviour of the generator shall be checked. If harmonics

harmoniques apparaîtraient, on doit utiliser des moyens pour les supprimer. Ceci peut être obtenu en utilisant un circuit résonant complémentaire. Dans ce cas, les pertes dans ce circuit doivent également être mesurées.



IEC 1802/02

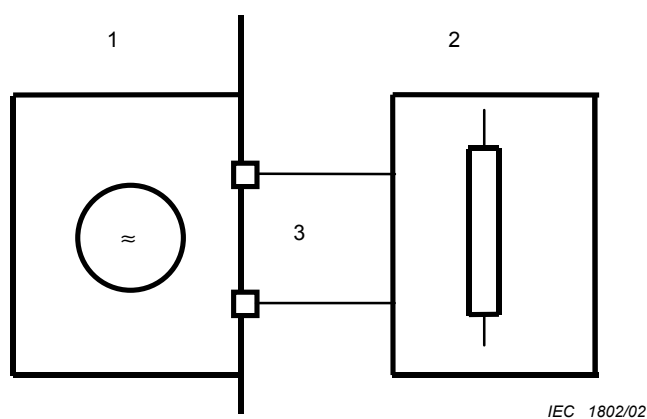
Légende

- 1 Générateur
- 2 Charge
- 3 Bornes de sortie du générateur

Figure 1 – Définition de la puissance de sortie

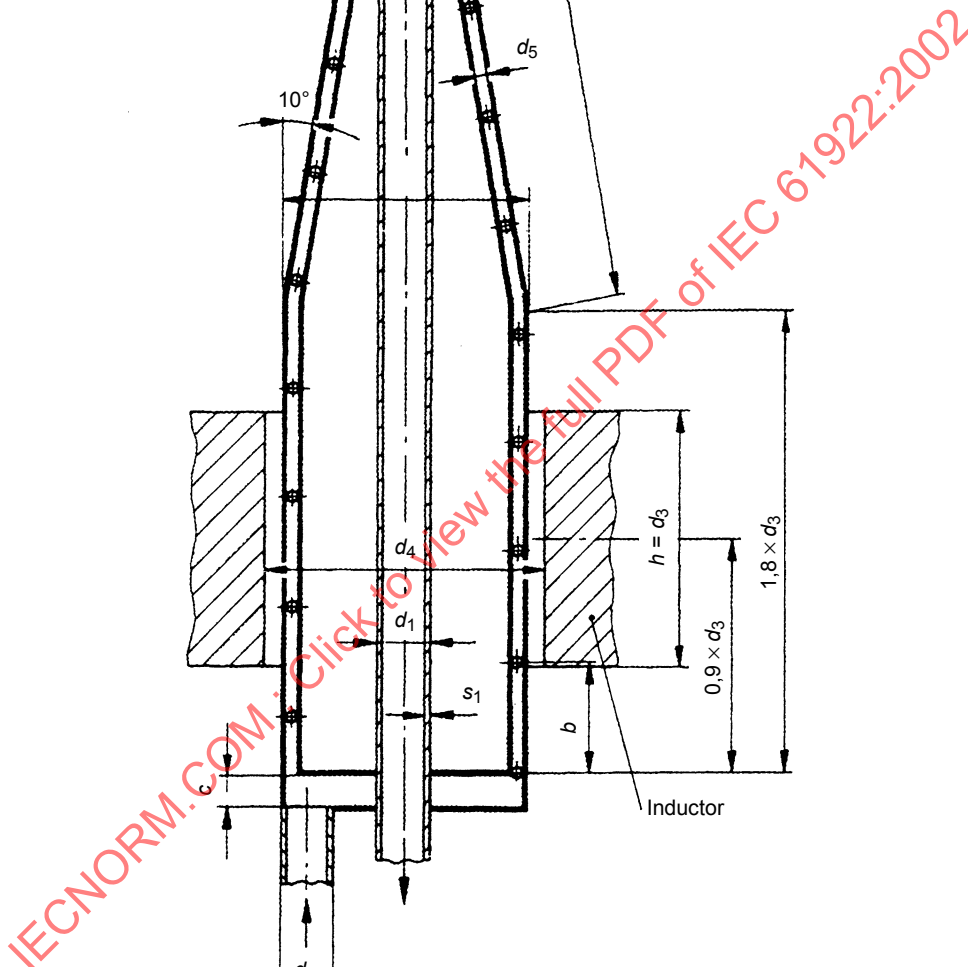
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61922:2002

appear, means of suppressing them shall be used. This can be done by using an additional resonant circuit. In this case, the losses of this circuit are to be measured too.

**Key**

- 1 generator
- 2 load
- 3 output terminals of the generator

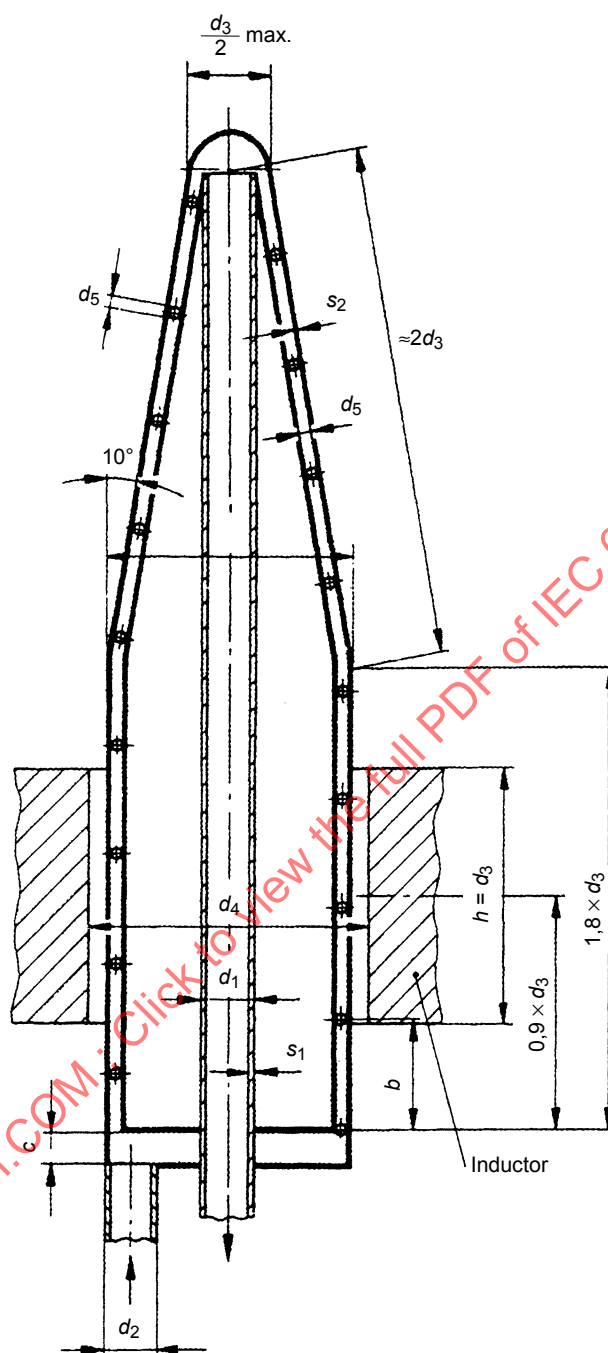
Figure 1 – Definition of the output power



Dimensions de l'appareil en mm

Modèle	Sortie nominale kW	b	c	d_1	d_2	d_3	d_4 <i>max</i>	d_5	s_1	s_2
1	9	16	6	10	17,2	57	67	3	1,5	1,5
2	20	25	10	15	21,3	81	91	4,5	1,5	1,5
3	100	55	20	30	33,7	159	169	10	2,9	1,5
4	350	100	40	48,3	48,3	276	286	20	3,25	1,5

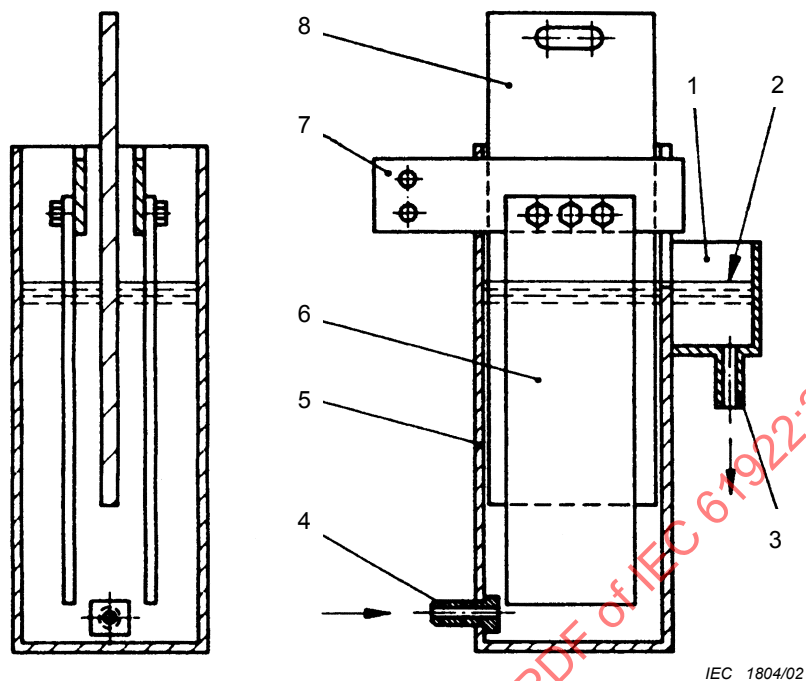
Figure 2 – Exemple de calorimètre



IEC 1803/02

Model	Nominal output kW	Dimensions of the device mm								
		b	c	d_1	d_2	d_3	d_4 max	d_5	s_1	s_2
1	9	16	6	10	17,2	57	67	3	1,5	1,5
2	20	25	10	15	21,3	81	91	4,5	1,5	1,5
3	100	55	20	30	33,7	159	169	10	2,9	1,5
4	350	100	40	48,3	48,3	276	286	20	3,25	1,5

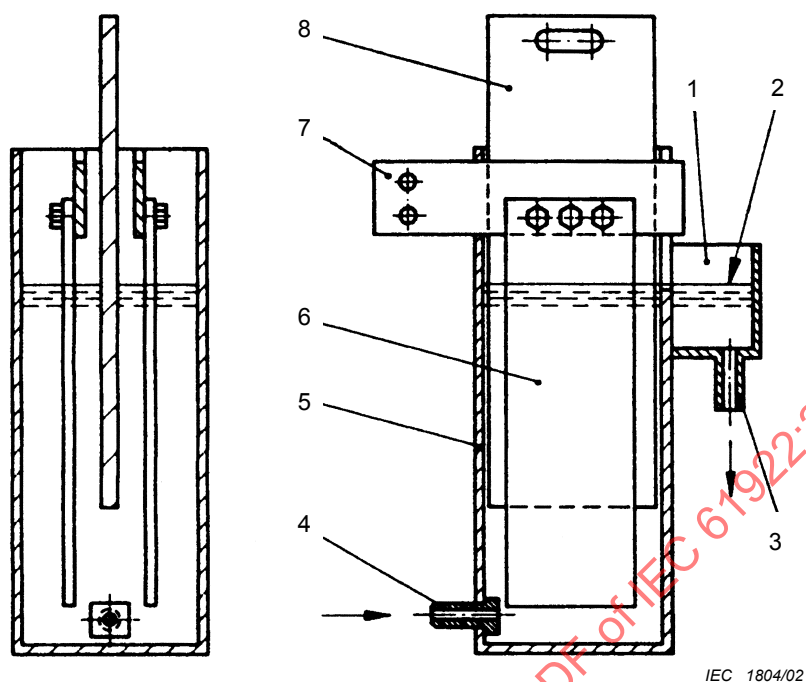
Figure 2 – Example of the calorimeter



Légende

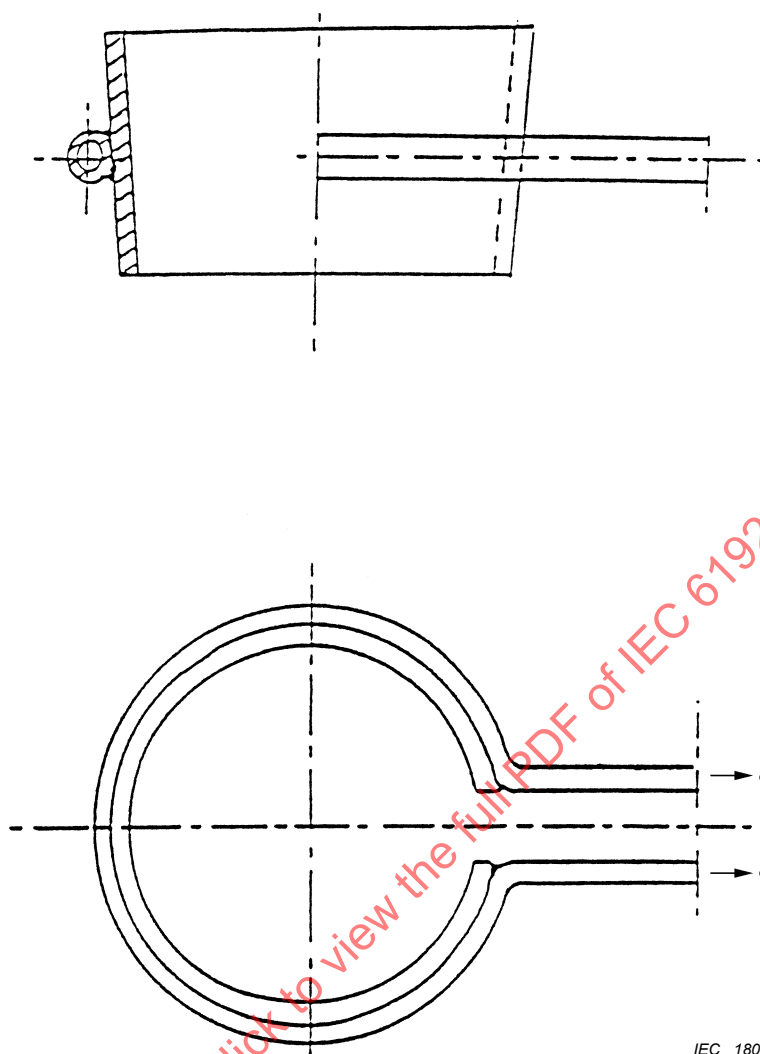
- 1 Chambre de mélange
- 2 Niveau d'eau
- 3 Sortie d'eau
- 4 Entrée d'eau
- 5 Conteneur isolé
- 6 Electrodes en matériau non magnétique
- 7 Fixations sur le générateur
- 8 Lame coulissante isolée

Figure 3 – Exemple de résistance à eau pour la mesure de la puissance

**Key**

- 1 mixing chamber
- 2 water level
- 3 water outlet
- 4 water inlet
- 5 insulated container
- 6 electrodes made of non-magnetic material
- 7 clamps to the generator
- 8 insulated slide blade

Figure 3 – Example of the water resistor for the power measurement



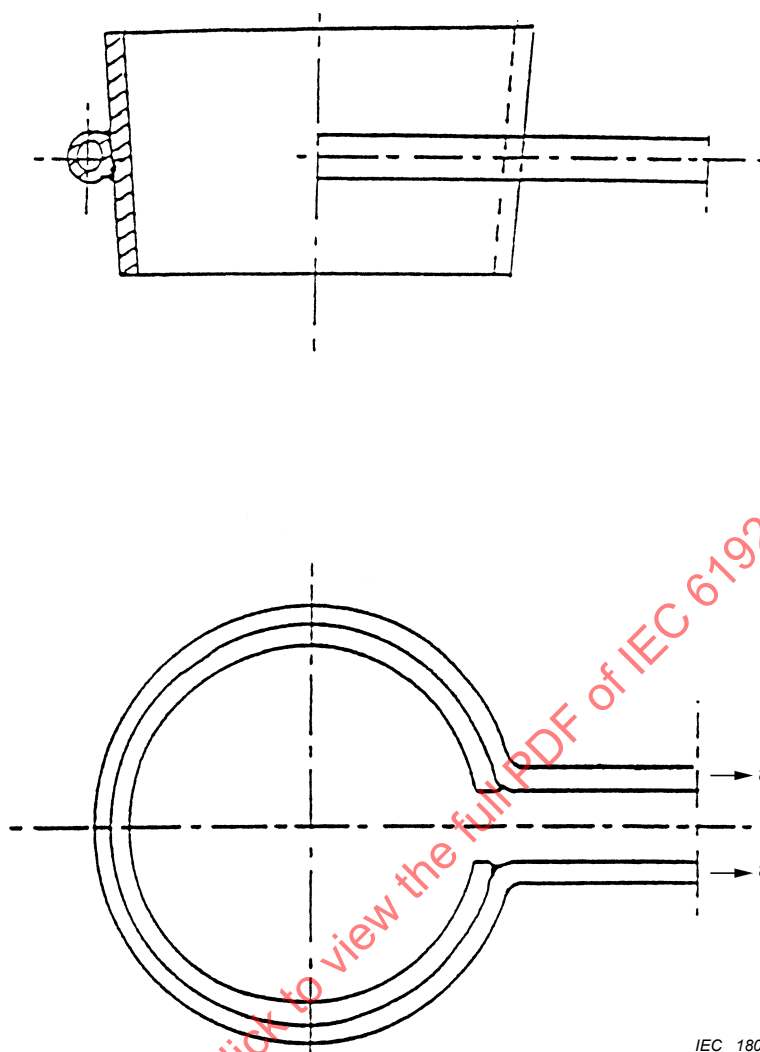
IEC 1805/02

Légende

a Vers les bornes de sortie radiofréquence

L'angle de convergence du cône doit être égal à celui de la paroi externe du calorimètre.

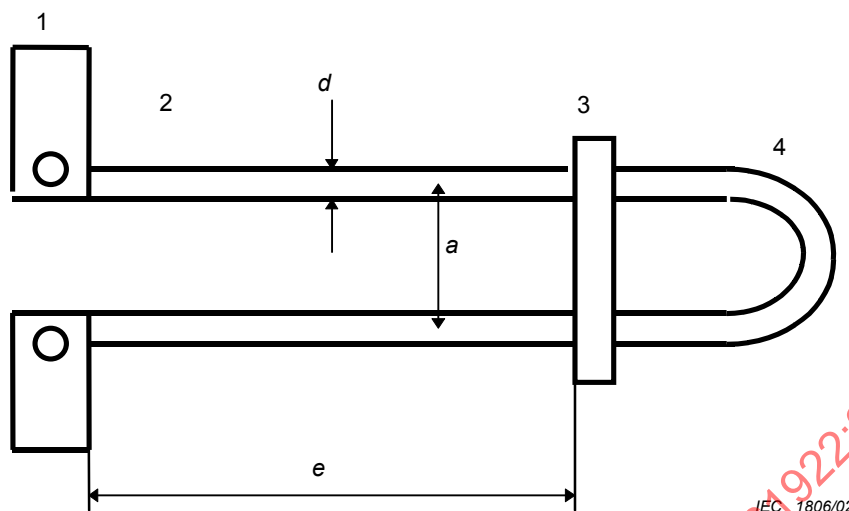
Figure 4 – Exemple d'élément inductif d'essai à une spire

**Key**

a to r.f. output terminals

The angle of convergence of the cone shall be equal to that of the external wall of the calorimeter.

Figure 4 – Example of the one-turn test inductor



Légende

- 1 Bornes sur le générateur
- 2 Alimentations en eau
- 3 Élément coulissant en cuivre
- 4 Tuyau en cuivre
- a Distance entre les deux parties de l'inductance
- d Diamètre du tuyau
- e Longueur effective du conducteur

Puissance	kW	<8	5 – 60	40 – 200
d	mm	8	15	24
a	mm	15,2	28,7	90,5
Inductance spécifique	nH/cm	5	5	8

Figure 5 – Exemple d'inductance réglable