

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing –
Part 6: Particular requirements for high frequency dielectric and microwave
heating and processing equipment**

**Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et
électromagnétique –
Partie 6: Exigences particulières pour les équipements de chauffage et de
traitement diélectriques à hautes fréquences et à hyperfréquences**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing –
Part 6: Particular requirements for high frequency dielectric and microwave
heating and processing equipment**

**Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et
électromagnétique –
Partie 6: Exigences particulières pour les équipements de chauffage et de
traitement diélectriques à hautes fréquences et à hyperfréquences**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.180.10

ISBN 978-2-8322-1068-9

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
3.1 General concepts.....	9
3.2 Equipment and state of equipment.....	11
3.3 Parts and accessories.....	13
4 Classification and subdivision of equipment and installations.....	13
4.1 Classification by processing frequency.....	13
5 Risk assessment	14
6 General provisions.....	14
7 Protection against hazards from electric shock	15
8 Protection against hazards from electric or magnetic fields.....	17
9 Protection against hazards from radiation.....	20
10 Protection against hazards from thermal influences.....	21
11 Protection against hazards from fire	21
12 Protection against hazards from fluids	22
13 Specific requirements for components and subassemblies	22
14 Control of the installation or equipment.....	22
15 Protection against mechanical hazards.....	23
16 Protection against hazards resulting from use	23
17 EMC	23
18 Verification and testing	23
19 Information for use	23
Annex A (normative) List of significant hazards.....	24
Annex B (normative) Limits to touch currents	25
Annex C (normative) Non coherent optical radiation – Limits and risk classes.....	26
Annex D (normative) Electric and magnetic fields	27
Annex E (normative) Surface temperature limits	28
Annex F (normative) EH, EPM and fire.....	29
Annex G (normative) Marking and warning.....	30
Annex H (informative) Guidelines on using this document.....	31
Annex I (informative) Connection with ISO 13577 (all parts).....	32
Annex J (informative) Requirements specific to the EU and associated countries.....	33
Annex AA (normative) Information for use.....	34
AA.1 General.....	34
AA.2 Labelling	34
Annex BB (normative) Measurements and evaluations of the high frequency emission and contact current	37
BB.1 General.....	37
BB.2 Conditions of equipment operation for measurements	37
BB.3 Evaluation of the HF field characteristics	37

BB.4	Electric, magnetic fields, and contact currents.....	38
BB.5	Limiting values, continuous energising of the processing frequency source.....	39
BB.6	Limiting values, intermittent energising of the processing frequency source	39
BB.7	Relaxation for processing frequencies up to 41 MHz	39
BB.8	Risk classes.....	40
BB.9	Instrumentation	40
Annex CC	(normative) Measurements and evaluations of the microwave emission	44
CC.1	Conditions for measurement	44
CC.2	Measurement details.....	44
CC.3	Risk classes.....	44
CC.4	Instrumentation	45
Annex DD	(informative) Rationales for the high frequency emission limits and measurements	49
DD.1	The biological effects of HF emissions from 3 MHz to 300 MHz.....	49
DD.2	Today's agreed limits for operator safety	49
DD.3	Differences between the concepts in the cited standards and this document.....	50
DD.4	Field behaviour	51
DD.5	Conclusions	60
Annex EE	(informative) Rationales for the microwave barrier and associated microwave leakage tests.....	62
EE.1	Standard measurement of microwave emission.....	62
EE.2	Microwave hazards – SAR basic restriction.....	63
EE.3	Microwave hazard evaluation – free space exposure method	63
EE.4	Microwave hazards from openings in cavities, and from exit and entrance ports	64
EE.5	Time averaging	65
EE.6	Conclusions and modifications of the standards for ovens with a cavity door	66
Bibliography		67
Figure AA.1	– Examples of warning sign and labels	35
Figure AA.2	– Labels at open HF applicators and handheld or open MW applicators.....	35
Figure BB.1	– Large HF barrier for a conveyorised heating equipment scenario.....	42
Figure BB.2	– Conditions for a HF plastic welding equipment.....	43
Figure CC.1	– Large barrier for conveyorised microwave heating equipment.....	46
Figure CC.2	– Small microwave access barrier for conveyorised microwave heating equipment.....	47
Figure CC.3	– Vertical-only MW barriers for conveyorised microwave heating equipment.....	48
Figure DD.1	– The overall complete scenario (left) with details	53
Figure DD.2	– Field maxima with linear scaling (six top images) and decibel scaling (six bottom images)	55
Figure DD.3	– Quiver plots of momentary total fields at the same time phase	56
Figure DD.4	– Power density patterns in the body-parts receiving the highest exposure values	57
Figure DD.5	– E field comparisons 30/100 MHz, and 100 MHz field polarisation	58
Figure DD.6	– SAR maxima at 100 MHz in the scenario with only the body present	59
Table 101	– Dimensional requirements for HF/MW barriers.....	21
Table DD.1	– Maximum power densities in circularly cylindrical muscle objects irradiated by 100 MHz plane waves with the E field parallel to the axis	60

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY IN INSTALLATIONS FOR ELECTROHEATING
AND ELECTROMAGNETIC PROCESSING –****Part 6: Particular requirements for high frequency dielectric
and microwave heating and processing equipment**

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.

IEC 60519-6 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating and electromagnetic processing. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2011.

This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the structure has been redrafted according to the IEC 60519-1:2020;
- b) the scope and object have been redrafted;
- c) the terms/definitions, normative references and bibliography have been updated and completed;

- d) all requirements and content from IEC 60519-6:2011 which are included in IEC 60519-1:2020 were removed to avoid any duplication;
- e) inclusion of high frequency equipment which was previously covered by IEC 60519-9:2005 (withdrawn). This edition constitutes an extension to high frequency equipment.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
27/1142/FDIS	27/1144/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60519 series, published under the general title *Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing*, can be found on the IEC website.

The clauses of this part 6 of the IEC 60519 series (called Particular Requirements) supplement or modify the corresponding clauses of IEC 60519-1:2020 (*General Requirements*), hereinafter called Part 1.

In this standard, the following print types are used:

- requirements and definitions: in roman type;
- NOTES: in smaller roman type;
- terms defined in Clause 3 in this document and in Part 1 are in **bold type**, from Clause 1.

This part of IEC 60519 is to be read in conjunction with Part 1. It supplements or modifies the corresponding clauses of Part 1. Where the text indicates a “modification” of, “addition” to or a “replacement” of the relevant provision of Part 1, these changes shall be made to the relevant text of Part 1. Where no change is necessary, the words “This clause of Part 1 is applicable” are used. When a particular subclause of Part 1 is not mentioned in this part, that subclause applies as far as is reasonable. When a particular subclause of Part 1 is not applicable, the word “void” is used.

Additional specific provisions to those in Part 1, given as individual clauses or subclauses, are numbered starting from 101.

NOTE The following numbering system is used:

- subclauses, tables and figures that are numbered starting from 101 are additional to those in Part 1;
- unless notes are in a new subclause or involve notes in Part 1, they are numbered starting from 101, including those in a replaced clause or subclause;
- additional annexes are lettered AA, BB, etc.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

INTRODUCTION

Some types of **electroheating equipment**, including the **workload**, can emit hazardous levels of infrared radiation. It has been agreed in the IEC Technical Committee 27 that IEC 60519-12 addresses these infrared radiation aspects for this document.

This document presumes that the **manufacturer** possesses sufficient knowledge in equipment design, manufacturing and documentation in accordance with good engineering practise, and that the installation or equipment is operated and maintained only by personnel consisting of **skilled** or **instructed persons**.

This document is intended to verify whether the installation or equipment meets the requirements of safety, by design, and numerical verification if carefully carried out, site acceptance tests, routine tests or inspection.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

SAFETY IN INSTALLATIONS FOR ELECTROHEATING AND ELECTROMAGNETIC PROCESSING –

Part 6: Particular requirements for high frequency dielectric and microwave heating and processing equipment

1 Scope

This clause of Part 1 is modified by the following regarding the areas of application.

Modification:

This part of IEC 60519 is applicable to equipment using high frequency or microwave energy alone or in combination with other kinds of energy for industrial heating and processing of materials. It is also applicable to **HF** and **MW generators** made available to **users** as separate units.

This part is applicable to equipment operating in the frequency range 3 MHz to 300 GHz, with the following limitations.

- This document applies to only high frequency **dielectric heating** and **processing** as defined in 3.1.103. It does not apply to induction heating, which it is possible to carry out in the lower part of the specified frequency band and is covered by IEC 60519-3, with magnetic field safety aspects addressed in IEC TS 62997:2017, the latter to be replaced by a technical report (TR) or by a revised technical specification (TS).
- The ISM centre frequencies for **dielectric heating** and **processing** of industrial interest are narrow bands about 6,78 MHz, 13,56 MHz, 27,12 MHz and 40,68 MHz. Different field **emission** measurement procedures and limiting values are applicable, depending on the **processing frequency** in the high frequency range 3 to 300 MHz. Specifications are in Annex BB.
- This document specifies limits for microwave **emission** only for the ISM frequencies between 800 MHz and 6 MHz, as specified in Annex CC. For other microwave frequencies the **basic restriction** and IEC 62311 apply.
- The foundations for compliance with **emission** values are the **basic restrictions**, referred to in the IEEE/ANSI C95.1:2019 and Directive 2013/35/EU. However, maximum **HF processing frequency** electric and magnetic field values are taken from the IEEE/ANSI C95.1:2019 standard, as indicated in Annex BB.
- This document is not applicable to:
 - appliances for household and similar use (covered by e.g. IEC 60335-2-25);
 - commercial use (covered by IEC 60335-2-90 and IEC 60335-2-110);
 - laboratory use (covered by IEC 61010-2-010);
 - medical high frequency equipment and accessories (covered by IEC 60601-2-2).

NOTE 101 Since high frequency and microwave tunnel ovens and also some other types of microwave and high frequency equipment are sometimes intended either for commercial, laboratory or industrial use, the following criteria are suitable for determination of the classification as industrial equipment:

- commercial equipment is typically designed and planned for series production of many identical units, whereas industrial equipment is typically produced in small series or even as single units. The processed goods are consumed or ready for final use at the end of the heating process.
- laboratory heating equipment is for preparing material in a laboratory environment, and the processed material is immediately available for investigations or further processing. Regular production of large quantities of material is not foreseen.

- with industrial equipment, the processed goods are not immediately accessible to the end user, and the goods are sometimes not in a final state from the perspective of the end user.

2 Normative references

This clause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

IEEE/ANSI C95.1:2019, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields, 0 Hz to 300 GHz*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60519-1 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

Additions:

3.1 General concepts

3.1.101

basic restrictions

BR

restrictions on *in situ* (i.e. internal) electric fields or specific absorption rates (SAR) or power densities with time and spatial averaging or integration, resulting from a part of or the whole body being subjected to an external alternating electric (E) field, magnetic (B) flux or electromagnetic field, and that are intended to be based directly on resulting established pathophysiological effects

Note 1 to entry: The term exposure is defined in 3.4.14 in Part 1. Other definitions are provided in Annex DD.2.1. There are no exposure requirements in this document since its definition does not consider any specific characteristics of the source and **accessible emission**, as in this document. See Note 3 to entry.

Note 2 to entry: **Basic restrictions** have a safety margin to harm.

Note 3 to entry: Sources of scientific and medical information on numerical values of limits for workers are e.g. IEEE, ICNIRP and EU; see the Bibliography. Another term for the **basic restrictions** is exposure limit values (ELV).

Note 4 to entry: Time factors of **specific absorption rates (SAR)** or power densities, i.e. energy absorption versus time and over which tissue volumes are necessary for establishing criteria.

[SOURCE: IEC TS 62997:2017, 3.1.2, modified, to be replaced by a technical report (TR) or by a revised technical specification (TS)]

3.1.102

contact current

induced current

current flowing into the body resulting from contact with a conductive object in an electric, magnetic or electromagnetic field

Note 1 to entry: The scientific definition of induced current in IEC 60050-121:1998, 121-11-29 is replaced here, but the definitions are consistent.

Note 2 to entry: A **touch current** flows through the body or body-parts between two defined contact areas as defined in e.g. Entry 3.4.6 in Part 1.

[SOURCE: IEC TR 63167:2018, 3.1]

3.1.103

dielectric heating and processing

electric treatment process in which the heat is generated in lossy dielectric or semiconducting **HF loads** in the frequency range 1 MHz to 300 MHz

Note 1 to entry: The addition of "lossy" is used in this context since the power absorption mechanism can be by dipolar relaxation and ionic or other conductivity phenomena.

Note 2 to entry: **Dielectric heating** and **processing** does not apply to metallic **HF loads**.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-28-01, modified – The entry has been extended by adding "processing", the definition has been completed by adding "lossy" and two notes have been added.]

3.1.104

electric nearfield

accessible emission of an electric field at a distance, characterised by fulfilling the criterion of **dielectric heating and processing**

Note 1 to entry: The practical consequence of the definition is that the **accessible emission** of the electric nearfield energy (proportional to $\epsilon_0 |E|^2$) is approximately equal to or higher than the magnetic nearfield energy (proportional to $\mu_0 |H|^2$) in the same locations, where ϵ_0 is the electric constant and μ_0 the magnetic constant. Due to the relative phase of these fields, their coupling to body-parts is very different than from a propagating electromagnetic field.

3.1.105

electromagnetic emission

phenomenon by which electric, magnetic or electromagnetic energy is available near a source

Note 1 to entry: The **emission** characteristics and equipment-related precautionary measures are used instead of operator exposure limits in this document, and are intended to result in a tolerable risk as defined in ISO/IEC Guide 51.

Note 2 to entry: The source data used in this document is typically based on field properties of the **accessible emission**, but high frequency fields are also characterised/limited by the particular conditions for **dielectric heating and processing**.

Note 3 to entry: The energy is basically reactive where body-parts are present, i.e. non-radiating (evanescent).

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08, modified – The definition has been modified by replacing the words "electromagnetic energy emanates from a source" by "electric, magnetic or electromagnetic energy is available near a source" and notes to entry have been added.]

3.1.106

HF/MW transparency

property of a material having negligible absorption and reflection of high frequency or microwave fields

Note 1 to entry: The relative permittivity of a microwave transparent material is usually less than 7 and the loss factor is usually less than 0,015.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-14, modified – In the definition, the word "microwaves" has been replaced by "high frequency or microwave fields".]

3.1.107**prospective primary capacitive current area**

part of the body in its most onerous position facing the live source

[SOURCE: IEC TS 62996:2017, 3.7, to be replaced by a technical report (TR) or by a revised technical specification (TS)]

3.1.108**secondary contact area**

live part or ground, with or without protective insulation, through which the current flows when the primary contact area is being contacted or touched, or through the **prospective primary capacitive current area**

[SOURCE: IEC TS 62996:2017, 3.10, to be replaced by a technical report (TR) or by a revised technical specification (TS)]

3.1.109**spark discharge**

transfer of current across an air gap prior to making contact with another conductive object at a different potential

[SOURCE: IEC TR 63167:2018, 3.6]

3.1.110**reference surface**

fictitious surface in the vicinity of mainly the **entrance and exit ports**, located as a consequence of **HF/MW leakage** measurements of **accessible emission**

Note 1 to entry: See 9.1.1.103 for the practical specifications.

3.1.111**scenario**

in numerical modelling, all relevant geometrical parts/components/body-parts, locations and dimensions, all complex permittivities, boundary conditions, source characteristics, excitation and operating frequency or frequency interval

3.2 Equipment and state of equipment**3.2.101****accessible <HF/MW> emission****HF/MW leakage**

electromagnetic, electric or magnetic field existing near the equipment where practically relevant measurement results related to **induced electric shock** or body-part SAR are considered possible

Note 1 to entry: Measurements of the field characteristics very close to a **processing frequency** source or a mechanically accessible part of the equipment are considered unreliable with regard to the possible specific absorption rate (SAR) in a body-part located there. As a consequence, minimum distances between the field measurement probe and mechanically accessible parts are to be defined, as is done in 9.1.1.103.

[SOURCE: IEC 60519-1:2020, 3.4.15, modified by addition of the necessity of the emission to be measurable]

3.2.102**cover**

structural feature of any part of the **HF/MW equipment** which can be opened or removed by the use of a tool to provide access for routine maintenance, service, replacement of expendable parts, etc.

3.2.103

entrance port

exit port

openings in the **HF/MW enclosure** through which the **HF/MW load** moves

3.2.104

HF applicator

device comprising the heating capacitive device or work electrodes with their fixing and positioning systems, impedance matching circuits (if not situated in the generator assembly) and, where necessary, protective and screening devices, means for transport, supply and ventilation

3.2.105

HF enclosure

MW enclosure

enclosure intended to confine the electromagnetic, electric or magnetic energy to a defined region

Note 1 to entry: Examples are a **microwave cavity**, door seals and waveguides.

Note 2 to entry: **HF/MW barriers** mounted outside the **HF/MW enclosure** are not considered to be a part of it.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-20, modified by extension to lower-frequency fields]

3.2.106

high frequency generator

HF generator

source used to produce electromagnetic energy in the **processing frequency** range from 3 MHz to 300 MHz

3.2.107

HF/MW interlock

interlock that prevents unacceptably high **HF/MW emission**

3.2.108

HF/MW load

objects in the treatment region of the **HF/MW applicator**

Note 1 to entry: This includes the **workload** as well as an intermediate electromagnetic ionised gas (plasma), and any containers, as well as **test loads** for determination of **HF/MW generator** characteristics.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-12, modified by extension to lower-frequency fields]

3.2.109

MW applicator

structure which applies the electromagnetic energy to the **MW load**

EXAMPLE A **microwave cavity**, a plasma source, or a **handheld applicator**

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-11, modified by addition of examples]

3.2.110

microwave cavity

space enclosed by inner metal walls and a door or an access opening and in which the **micro-wave load** is placed

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-19, modified by use of the term microwave load]

3.2.111**microwave generator****MW generator**

source used to produce electromagnetic energy in the **processing frequency** range from 300 MHz to 300 GHz

3.3 Parts and accessories**3.3.101****HF/MW barrier**

barrier which is **HF/MW transparent** and does not influence the HF/MW field

Note 1 to entry: **HF/MW barriers** may be fixed to the equipment or not; in either case they are considered to be a part of the installation.

Note 2 to entry: Devices such as an array of metal chains or hinged metal plates at **entrance and exit ports** intended to reduce **HF/MW leakage** are not considered **HF/MW barriers**.

Note 3 to entry: The **transparency** also applies to **guards**.

3.3.102**HF screen**

screen that, when removed, significantly increases the **HF emission** in the region which it is intended to protect

Note 1 to entry: **HF screens** are reflective or absorptive, or both.

Note 2 to entry: **HF screens** may be fixed to the equipment or not; in either case they are considered to be a part of the installation.

Note 3 to entry: Devices such as hinged metal plates at **entrance and exit ports** intended to reduce **HF emission** are considered to be **HF screens**.

Note 4 to entry: The non-**transparency** also applies to **obstacles**.

3.3.103**maintenance door**

all structural features of any part of the MW/HF equipment which can be opened or removed without the use of a tool to provide access to locations other than the **HF/MW applicator** or **microwave cavity**

3.3.104**test load**

artificial power-absorbing device used for testing **HF/MW generators** with similar equivalent impedance to the actual **HF/MW load** for which the equipment is designed, to allow the output power to be applied under **normal operation** in the absence of the actual load

4 Classification and subdivision of equipment and installations

This clause of Part 1 is applicable with the following.

4.1 Classification by processing frequency

Modifications:

4.1.101 High frequency in this document means rated **processing frequencies** between 3 MHz and 300 MHz, and microwave means **processing frequencies** which are higher than 300 MHz.

NOTE **Dielectric heating and processing** frequencies less than 3 MHz are not considered industrially feasible.

4.1.102 For **HF dielectric heating and processing frequencies** up to 300 MHz, field measurement principles, methods and **emission** limits are specified in Annex BB. Magnetic fields shall also be measured for **HF processing frequencies** 100 MHz and higher, and both the maximum electric and magnetic emission levels shall then be complied with. For **HF processing frequencies** less than 100 MHz, **contact currents** are measured as an alternative to magnetic field measurements.

NOTE There are relaxations of the electric field emission levels as specified in Clause BB.6 for equipment with processing frequencies less than 41 MHz, determined to fulfil the criteria in BB.3.2 for **dielectric heating and processing**.

4.1.103 For microwave **processing frequencies** from 800 MHz to 6 GHz, probes sensing the electric field only are accepted. Measurement principles, methods and **electromagnetic emission** limits are specified in Annex CC. IEC 62311 applies for lower and higher microwave **processing frequencies**.

5 Risk assessment

This clause of Part 1 is applicable.

6 General provisions

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

6.4 Physical environment and operating conditions for electrical equipment caused by operation of the processing equipment

Additions to 6.4.2:

6.4.2.101 Unintended conveyor stops during HF/MW operation and operation under conditions which are not **normal operation** are defined as a single fault condition. Requirements for these kinds of abnormal operation regarding excessive heating of the **HF/MW load** are in 11.101; requirements for HF and microwave leakage are in 9.1.103, and for interlock functions in 14.4.101 to 14.4.103.

6.4.2.102 The following applies to HF equipment: Operation without a load or interruption of the flow of **HF loads** is a case of **normal operation** for some types of equipment and shall not result in a non-compliant **HF emission**. Compliance with this requirement can be checked by detection of the **HF emission** or by the equipment operation being stopped by other means. Defeating the safety circuit is considered to be a single fault condition. The requirements on **HF emission** levels for this condition are those for **normal operation** in 9.1.1.103.

6.4.2.103 The following applies to MW equipment: no-load operation of MW equipment and interruption of the flow of **MW load(s)** shall be protected against. Compliance with this requirement can be checked by detecting the **MW emission** by an active leakage monitor which switches off the **MW generator** in order for the requirements of Annex CC to be fulfilled. Defeating the safety sensor circuit is considered a single fault condition. Requirements on **MW emission** levels for this condition are in 9.1.1.102.

6.4.2.104 Any single electrical or mechanical fault in the HF/MW equipment under **normal operation** shall not result in energising the **HF/MW generator**.

NOTE 1 A mechanical fault in an array of metal chains or hinged metal plates at entrance and exit ports intended to reduce MW or HF field leakage is a single fault condition.

NOTE 2 Compliance with this requirement can be checked by inspection of the circuit diagrams and/or with the measurements as specified in Annex BB or Annex CC.

For the purpose of testing, all **maintenance doors**, **means of access** and **HF/MW barriers** and **HF screens** are removed or opened, except those which incorporate **HF/MW interlocks** which prohibit generation of HF/MW power when removed or open. Attempts to start **normal operation** shall be made and shall not result in **HF emission or MW leakage** exceeding the limits in 9.1.1.103 and Annex BB or Annex CC.

6.4.2.105 The following applies to HF equipment: If no-load operation is likely to damage the equipment, suitable interlock(s) shall be provided to ensure that this cannot occur.

6.4.2.106 If a reduction occurs of the liquid flow of any microwave-absorbing means which require flow of a liquid, its flow shall operate at least one interlock, if the said reduction results in microwave emission in excess of the limit specified in Annex CC.

NOTE Measurements according to Annex CC are limited to the microwave frequencies 800 MHz to 6 GHz. Clause 1 applies for other frequencies.

6.4.2.107 In MW equipment with means for absorbing microwave energy without any dedicated cooling, the absorbing function shall not be impaired by excessive temperature rises in the absorber. This is tested under **normal operation**, and also under conditions of abnormal operation as specified in 9.1.1.102. The absorbing means shall remain securely in place and not be degraded.

6.6 Access

Addition to 6.6.1:

6.6.1.101 MW/HF equipment shall be designed, constructed and operated as to provide adequate protection against hazards due to electric, magnetic and electromagnetic emissions.

The HF/MW equipment shall be provided with a device giving adequate indication of when the **processing frequency** power is switched on and which is clearly visible to anyone entering the general area of the installation.

Where the **processing frequency** power can be or is varied by a user control, an indicator shall show the operator the level of applied power.

Addition to 6.6.2:

6.6.2.101 The following applies for fixed equipment and installations: There shall be a key switch, code panel card reader or similar device on the control panel requiring the insertion of a key, input of a code or card or similar before **processing frequency** power can be generated.

7 Protection against hazards from electric shock

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

7.3 General provisions

Addition to 7.3.4:

7.3.4.101 Maintenance doors allowing access to high voltage parts of the **HF/MW generator** assembly shall be provided with key locks or interlocks as appropriate according to the voltage band of the supply. If **HF/MW emission** is possible, 14.101 also applies.

7.4 Basic protection

NOTE The particular requirements on **HF/MW barriers** and **screens** are given in 8.5.5.

Addition to 7.4.6

7.4.6.101 The potential grading impedance of the **HF processing frequency** earth circuit is important, in particular that of earthed electrodes and that which is due to the small energy penetration depth of metals at these frequencies (see Formula (1) in 8.5.4 in Part 1).

7.6 Protective equipotential bonding

Addition to 7.6.2:

7.6.2.101 Earthing of the **HF processing frequency** circuit is allowed, to the mains earth at single suitable point directly in galvanic contact with the **enclosure**. Current loops shall be avoided, since they may cause HF emission and also interference with radio frequency communication.

Replacement of 7.6.3:

7.6.2.102 Earthing of one of the high voltage poles of the **HF/MW generator** power supply (or supplies) is allowed. If the power supply and the microwave generator are not in the same metal housing and thus have a common chassis, an additional high voltage cable, in addition to normal means for earthing, and having the same class of insulation as for the high voltage cables, shall be mounted between the chassis of the high voltage power supply and the **HF/MW generator** chassis, and marked so that no confusion is possible. The mounting point shall not be used for any other purpose and be marked with a label containing the equivalent of "HIGH VOLTAGE RETURN – DO NOT DISCONNECT" in at least 3 mm lettering. The warning text shall be in the necessary language(s).

7.7 Additional provisions for fault protection for frequencies above 200 Hz

Replacement of 7.7.4:

7.7.4.101 Earthing of the **HF processing frequency** circuit is allowed.

NOTE This relaxation is also addressed in 7.6.2.101 and 7.6.2.102.

7.9 Touch current and touch voltage

Addition:

7.9.101 HF processing frequency touch voltages, and by that also such **touch currents** shall be protected against.

Typically with dielectric heating and processing equipment, the processing frequency voltages are high and touch currents would be harmful and shall therefore be protected against, eliminated, or reduced to insignificant levels by design.

NOTE 1 See the additions in this document to Clause 6 and in 8.5.5.104.

NOTE 2 Contact currents are dealt with in 8.1.2.101.

MW processing frequency touch voltages and **touch currents** are irrelevant and are replaced by the specifications in Annex CC.

8 Protection against hazards from electric or magnetic fields

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

8.1 General

Addition to 8.1.1:

8.1.1.101 Additional provisions for **HF emission** are given in Annex BB, and for **MW emission** in Annex CC.

Addition to 8.1.2:

8.1.2.101 Induced currents at the HF **processing frequency**, in principle between the feet of a standing earthed operator and the floor or similar are the most onerous and typically maximum in the ankles. They shall be measured in cases where direct conductive contact between the feet and floor is possible. The measurements are specified in Annex BB for this case, and the case where the operator is sitting on a fully earthed chair.

If required in the manufacturer's specifications, special insulating and protecting footwear are allowed. The capacitance and risk of arcing of the special footwear shall be controllable and shall not deteriorate with time, or it should be regularly replaced. Such information shall be included in the **manufacturer's** instructions to the **user** and information signs about maintenance, cleanliness, etc, shall be posted near the operator position.

Alternatively, if an insulated standing area is used instead, this should be designed and have such a large area that the operator using the equipment is not able to use the equipment when standing outside the area and at arm's reach, 850 mm, away from the normal operating position. Furthermore, it shall not be possible for the operator to touch any objects in the installation other than those intended by the manufacturer to be accessible.

The measurements of the induced current are made with one or two naked feet of the operator with or without the protective footwear standing on a slightly raised and insulated flat metal plate with a surface just covering the contact area and the floor as earthed or with the insulated stand. The current measurement is made with special low HF impedance instrumentation connected between the flat metal plate and ground. The operation of the equipment shall be started after the operator is standing in the test position. The other procedures in BB.4.3 shall be adhered to.

As an alternative, an HF current clamp meter around the ankle is used for the current measurements, as described in BB.4.3.

The operator should move the body, arms and hands into various positions during the test, for obtaining the most onerous reading.

Addition to 8.1.3

8.1.3.101 Limits for **HF emission** are given in Clauses BB.5 and BB.6, and for **MW emission** in 9.1.1.102 and Annex CC. Any national regulations on HF and MW **emission** based on the reference surface concept should be adhered to; also see Note 101 in Annex J.

8.5 Requirements related to barriers and screens

Additions to 8.5.5:

8.5.5.101 The equipment including **HF/MW barriers** or **HF screens** installed in order to limit access of personnel to a distance from the **HF/MW enclosure** are either enclosing the **entrance or exit port** and mounted on the equipment, or not a part of it but of the installation and are then essentially only vertical, unless their mechanical strength and that of the supports are sufficient to allow them to be leant upon. All types shall comply with the following:

- **HF/MW barriers** shall not be constructed of metal or a **processing frequency** power absorbing material in such a way that they can guide or absorb such power;
HF/MW screens shall be so designed that no significant heating of them occurs under **normal operation** and single fault condition;
- dimensions of any accessible opening in the **HF/MW barrier or HF screen** as such shall not be larger than the openings of the **HF/MW enclosure** which they protect, with a maximum of 65 mm × 65 mm; the requirement of maximum dimensions 65 mm × 65 mm is not applicable for any openings in **HF/MW barriers** or **HF screens** through which the **HF/MW loads** move;
- **HF windows** in the **HF enclosure** shall have maximum openings 65 mm × 65 mm or maximum diameter 75 mm.
- **MW windows** in the **microwave enclosure** shall have metal tube lengths and maximum openings which create an efficient cut-off of any propagation; see Table 101.
- the **HF/MW barriers** and **HF screens** shall either be removable only with the aid of a tool, or their removal shall operate at least one interlock, and shall have a warning label to advise of its function;
- **HF/MW barriers** and **HF screens** that are only vertical and located along the **MW/HF load** transport direction shall start at maximum 75 mm and end at least 1 800 mm above the floor. This height is applicable if **HF/MW emission** at levels comparable to the maximum allowed emission levels or risk of **touch currents** exist just inside the **barrier/screen**; lower vertical barrier/screen heights which only require persons to stand at a certain minimum distance from the equipment are allowed if the arm's reach criterion of 850 mm to regions with maximum allowed emission levels is fulfilled.

NOTE 1 The ≤75 mm limit in the last dashed item above is intended to prohibit access by arm's length while simplifying cleaning of the floor. It can be modified by national sanitation requirements for food processing or similar justifiable reasons. The ≥1 800 mm (or modified) **HF/MW barrier** height requirement, with the appropriate warning sign as specified in Annex AA and shown there and in Annex G is intended to make it obvious that access is not allowed.

NOTE 2 **HF/MW barriers** and **screens** that are only vertical can be supported by metal poles or similar, provided that these poles do not increase the emissions or otherwise detract from the purpose of the **HF/MW barrier** or **screen**.

NOTE 3 For **HF/MW barriers** and **HF screens** which are not fixed to the **HF/MW equipment** and are instead a part of the installation, Annex BB or Annex CC also applies.

NOTE 4 The ≤65 mm × ≤65 mm requirement for accessible opening dimensions in **HF/MW barriers** and **HF screens** and **windows** are to prevent insertion of the human hand, as is the <Ø 75 mm requirement for **MW barriers** in Table 101; this is also applicable to **HF windows**.

8.5.5.102 The dimensional and location requirements for **HF barriers, screens, guards and obstacles** are set in relation to the type of protection and the field decay properties in the **reference surface** region, and are given in Table 101. Instructions and warning signs or labels should be provided to warn against insertion of e.g. metal objects through openings in the **barriers** or **screens**.

For **HF barriers**, the geometry is calculated from the **reference surface**, which is at the probe positions obtained in 9.1.1.103. In order for this to be determined, **HF barriers** are removed and their associated interlocks are defeated.

NOTE 1 Electric and magnetic field measurements closer than the specified 150 mm from any metallic surface of the **HF enclosure** are not realistic, due to the nearfield characteristics.

8.5.5.103 The dimensional and location requirements for **MW barriers** in relation to the type of **barrier** and the dimension and type of opening are given in Table 101. The **barrier** geometry is calculated from the **reference surface**, which is 50 mm from the probe position inwards to the **MW enclosure**, as specified in 9.1.1.103. In order for this to be determined, the **MW barriers** are removed and their associated interlocks are defeated.

The location of the **MW reference surface** is determined as follows: Microwave **emission** is measured according to Annex CC. The spacer tip of the microwave leakage instrument is moved over and away from the external surface of the MW equipment to locate the highest **MW emission**, particular attention being given to the openings. The region inside a geometric opening into the **MW enclosure** is not regarded as accessible during these measurements; see 9.1.1.103.

If the **MW emission** reading is less than the limit of Annex CC, the reference surface is at the surface of the geometric opening of the **MW enclosure**.

If the microwave leakage reading exceeds the limit of Annex CC, the locations of the sensor (not the tip) further away from the **MW enclosure** where this value is measured are recorded. The position of the **reference surface** away from the surface of the microwave equipment is then determined as 50 mm straight inwards from these sensor positions and towards the surface of the microwave equipment.

The minimum distance between the plane of a meshed **MW barrier** and the **reference surface** shall be according to Table 101, using the mesh opening dimension limitations. The same principle applies to the **barrier** start height above the floor.

In the determination of the location for **MW barriers** that are only vertical and located along the **MW load** transport direction, the horizontal projection of the maximum extension of the **reference surface** shall be used.

NOTE 101 In order to simplify the design of **MW barriers**, the projections of the maximum horizontal and vertical extensions of the **reference surface** are normally used. These, and the use of Table 101 and Figure CC.3 are exemplified in Figure BB.1, Figure BB.2 and Figure CC.3.

8.5.5.104 **Guards** and **obstacles** for preventing **touch currents** or **contact currents** are designed and fixed:

- at minimum 80 mm from the **reference surface** or the live or charged part, with dimensions allowing the insertion of an object with dimensions between 20 mm × 50 mm and Ø 12 mm;
- at minimum 15 mm from the **reference surface** or the live part, allowing the insertion of an object with dimensions less than Ø 12 mm.

Addition to 8.5.6:

8.5.6.101 **Windows** in the **HF/MW enclosure** shall limit the **emission** to safe levels under **normal operation** and **single fault condition**. If viewing through the **window** at a close distance is possible, there shall be an **obstacle** allowing **emission** measurements at the obstacle location with it removed. Complementing these measurements with reliable calculations can also be used to demonstrate that the **emission** limits are complied with at the external plane of the window opening thus considered to be a part of the **HF/MW enclosure**, so that the exposure hazard is in risk class 0 or 1 (see 4.4.2 in Part 1) for a body-part at the external **window** opening. Any uncertainty about the relevance of the measurements and calculations shall result in risk class 1 or 2.

NOTE 101 Table 101 provides some microwave waveguide mode cut-off data for metal tubes used as see-through **windows**.

9 Protection against hazards from radiation

This clause of Part 1 is applicable with the following.

Additions to 9.1.1:

9.1.1.101 This document specifies the protection from **HF processing frequency** and **MW emission** as such for frequencies addressed in its Clause 1.

9.1.1.102 The following applies to MW equipment:

- Operation of equipment for continuous processing under conditions of interruption of the flow of **MW load(s)** shall not result in a temporary microwave leakage exceeding the limit specified in Annex CC, but with a limit of 100 Wm^{-2} .
- Attempts to operate the equipment without the **MW load** shall not result in microwave leakage exceeding the condition specified in Annex CC, but with an increased limit of 100 Wm^{-2} .

NOTE There are no analogue relaxations of allowed field values for **dielectric heating** and **processing equipment**.

9.1.1.103 The requirements in this 9.1.1.103 are applicable to all parts of and openings into the **HF/MW enclosure**, as well as for **screens** and **obstacles**. For **entrance** and **exit ports**, the HF or MW measurement probe is not inserted inside the plane of the opening.

Entrance and exit ports shall be marked with appropriate warning notices.

NOTE 1 An example of this is given in the mid-image in Figure AA.1.

Compliance with the safety requirements for **HF accessible emission** is checked by measurements according to the detailed descriptions in the normative Annex BB. The minimum distance between the measurement probe and any accessible metallic parts is 150 mm. The probe is allowed to be touching **HF transparent** parts such as **barriers** (including **guards**). This is the specification for the **HF reference surface**. Measurement examples and rationales are given in Annex DD.

Compliance for **MW accessible emission** with the safety requirements is checked by measurements according to the detailed descriptions in the normative Annex CC. The minimum distance between the measurement probe and any accessible parts is 50 mm. This is the specification of the **MW reference surface**. Measurement examples are in Annex CC and the rationales are given in Annex EE.

9.1.1.104 Body-parts such as hands and fingers are in principle allowed inside the 150 mm (HF) and 50 mm (MW) **reference surface**, for which the informative Annex DD and Annex EE, respectively, provide rationales. However, for HF/MW equipment intended for intermittent operation where the load is handled by the operator or the equipment is handheld so that the load is openly accessible under **normal operation**, means shall be provided for hindering such access close to the treatment zone. This is then by **guards**, **screens** or **obstacles**. A further alternative is to use more than one operator control, which shall then fulfil the requirements in 14.2.4 in Part 1.

Table 101 – Dimensional requirements for HF/MW barriers

Opening dimension	Allowed use	Required barrier length	Notes on microwave frequencies
Allows the insertion of a Ø 75 mm or 65 mm × 65 mm object	Entrance or exit ports, and barriers that are only vertical	5 × the minor axis length of an ellipse inscribing the opening, but maximum 850 mm from the reference surface; only sideways/behind for MW barriers that are only vertical	At about 915 MHz, there is unattenuated propagation in a 160 mm long but narrow slot, and an energy decay distance of about 50 mm in a Ø 130 mm opening. However, loads may convey surface waves.
Allows the insertion of an object with dimensions between Ø 75 mm and 20 mm × 50 mm	Entrance or exit ports , and barriers that are only vertical	80 mm from the HF reference surface ; only sideways/ behind for HF barriers that are only vertical 180 mm from the MW reference surface ; only sideways/ behind for MW barriers that are only vertical	At Ø 75 mm, the energy decay distance is quite short at about 915 MHz, and very long at 2,45 GHz. There is unattenuated propagation at 5,8 GHz. However, high permittivity loads may convey surface waves.
Allows the insertion of an object with dimensions between 20 mm × 50 mm and Ø 12 mm	Any purpose	80 mm from the HF/MW reference surface , throughout	At 20 mm × 50 mm, cut-off is very efficient for about 915 MHz; the energy decay distance is 30 mm at 2,45 GHz and there is unattenuated propagation at 5,8 GHz. However, continuous high permittivity loads may convey surface waves.
Allows the insertion of an object with dimensions less than Ø 12 mm	Any purpose	—	There is a very efficient cut-off in air for all ISM frequencies, but surface wave propagation may exist at continuous loads in the opening.

10 Protection against hazards from thermal influences

This clause of Part 1 is applicable.

11 Protection against hazards from fire

This clause of Part 1 is applicable with the following addition.

Addition:

11.101 Excessive heating of the HF/MW load

NOTE 1 A load can emit noxious flames or maintain a plasma in a HF/MW field even if the fire requires field energy to be sustained.

HF/MW heating equipment and installations shall be so designed and installed that all necessary measures to limit any hazard from excessive heating of the **HF/MW load** are undertaken.

If the equipment is to be used to process a **workload** that can ignite or cause damage after an emergency stop, the design and installation of the equipment shall include, alternatively:

- means for an instant removal of the **HF/MW load** from the equipment, provided it is deemed safe to do so, and that the rapid removal of the **load** will not cause further additional safety problems;
- thermal insulating shields which instantly separate the **HF/MW load** from those parts of the equipment that can ignite or can otherwise be damaged by the residual heat stored in the **HF/MW load**;

- means of closing the **entrance and exit ports** and stopping the **HF/MW load** movement and any air circulation in the **HF/MW enclosure** so that the oxygen supply maintaining the **workload** fire vanishes;
- means for quickly filling the **HF/MW enclosure** with an inert gas such as carbon dioxide so that a fire is extinguished, provided the introduction of such gas would not present a hazard to the operator or other personnel;

Additionally, with certain flammable loads, fires may start unnoticed even after some hours due to internal HF/MW overheating, so the user should be instructed that previously processed material should not be left unattended.

NOTE 2 Important additional requirements and information is given in Annex F, in particular Clause F.4 of IEC 60519-1:2020.

NOTE 3 Residual heat stored in the equipment can be released over a long period after switching off.

NOTE 4 Surfaces can increase in temperature after switch-off due to the release of stored heat of a **HF/MW load** fire or a plasma.

12 Protection against hazards from fluids

This clause of Part 1 is applicable.

13 Specific requirements for components and subassemblies

13.2 Electrical equipment and conductors

This subclause of Part 1 is applicable with the following.

Additions:

13.2.101 The applicability of this subclause to **processing frequencies** shall also satisfy the safety requirements identified by the **manufacturer**.

Addition:

13.2.102 Metal components and joints in **HF/MW applicators** and **MW cavities** or circuits carrying high surface current densities shall be selected for avoiding the so-called microwave corrosion effect that can result by the deterioration of the passivation of metals such as aluminium and stainless steels in humid environments.

NOTE Conditions for microwave corrosion increase in folded metal joints and with contaminated residual water in these.

14 Control of the installation or equipment

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

Additions:

14.4 Control systems and their safety functions

14.4.101 The opening of a **means of access** shall operate two separate **HF/MW interlocks**, designed for high fail-safe security and long-term operation. Each of these **HF/MW interlocks** shall prohibit the operation of any **HF/MW generator**.

NOTE 1 If not obvious from the main electrical circuit diagram, the operation of the **HF/MW generator** is verified by the **HF/MW emission** measurements according to Annex BB or Annex CC.

The failure of any single electrical or mechanical component, including one **HF/MW interlock**, shall not cause all **HF/MW interlocks** on any **means of access** to be inoperative.

The failure of one of the two **HF/MW interlocks** on the **means of access** to perform its intended function shall trigger an alarm and at the same time render the equipment inoperative.

This supervision function shall be of at least one of the **HF/MW interlocks**.

14.4.102 The opening or removal of each **maintenance door** or **cover** shall operate at least one **HF/MW interlock**, or be provided with a key lock, if it is possible that the **HF/MW emission** exceeds the value specified in Annex BB or CC with the **maintenance door** or **cover** removed.

Detachable panels which are intended to be removed only very occasionally shall as an alternative be fastened with a minimum of two safety screws or similar, which cannot be removed by the use of a commonly available hand tool.

14.4.103 Interlock functions for open-ended applicators

The first interlock is allowed to be mechanical on a flexing **means of access** or a switch system which shuts off the **HF/MW generator** when the **HF/MW applicator** is lifted away from the **HF/MW load**. The second interlock is allowed to be either a device detecting **HF/MW emission** by an active microwave monitor which switches off the **HF/MW generator** in order for the requirements of Annex BB and Annex CC to be fulfilled, or a combination of a start switch and operation switch. The combination of a device detecting **HF/MW emission**, a start switch and an operation switch is also allowed.

15 Protection against mechanical hazards

This clause of Part 1 is applicable.

16 Protection against hazards resulting from use

This clause of Part 1 is applicable.

17 EMC

This clause of Part 1 is applicable, with the following additional text.

Addition:

In the case of HF/MW equipment, particular attention should be paid to the electromagnetic compatibility of the equipment with other nearby equipment. This is due to the possibility of interference with the circuits and systems of other equipment (then often due to the poor EMC compatibility of that equipment), irrespective of the compliance of the HF/MW equipment with statutory emission levels.

18 Verification and testing

This clause of Part 1 is applicable.

19 Information for use

This clause of Part 1 is applicable with the extensions for HF/MW installations in Annex AA.

Annex A (normative)

List of significant hazards

This annex of Part 1 is applicable with the following.

Additions:

- capacitively coupled electric fields at 1 kHz and higher frequencies (8.1.1.101 and 8.1.3.101);
- protection against hazards from fire (11.101);
- abnormal operation (6.4.2.101 to 6.4.2.107);
- high frequency emission (Annex BB);
- microwave emission (Annex CC);
- protection against electric shock (7.3.4.101);
- requirements on HF/MW interlocking devices (14.4.101. to 14.4.103).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex B (normative)

Limits to touch currents

This annex of Part 1 is not applicable to **HF/MW processing frequencies**.

NOTE 101 **Contact currents** are dealt with in 8.1.2.101, and their limits in Clause BB.5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex C
(normative)

Non coherent optical radiation – Limits and risk classes

This annex of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex D (normative)

Electric and magnetic fields

This annex of Part 1 is applicable, except Clause D.2 which is replaced by the primary specifications in 9.1.1.103, 8.1.2.101, 8.5.5.101, Annex BB and Annex CC.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex E
(normative)

Surface temperature limits

This annex of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex F
(normative)

EH, EPM and fire

This annex of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex G
(normative)

Marking and warning

This annex of Part 1 is applicable with the additions in Annex AA.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex H (informative)

Guidelines on using this document

This annex of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex I
(informative)

Connection with ISO 13577 (all parts)

This annex of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex J (informative)

Requirements specific to the EU and associated countries

This annex of Part 1 is applicable with the following note:

NOTE 101 The Directive 2013/35/EU on exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields is too general in the sense that the HF/MW power source characteristics and the means by which these fields are dispersed are unspecified. Worker protection against these basic fields is by exposure limits. Furthermore, the influence by the worker's body or body-parts is not dealt with. The exposure limits appear to consider essentially plane wave radiation, i.e. approximately equal electric and magnetic field energies in time phase, this actually constituting the most onerous (i.e. far-field) case. However, the **electric nearfield** energy usually dominates in the kinds of **HF equipment** dealt with in this document. This results in a much weaker coupling of the field into human body-parts, in turn resulting in a much increased safety factor under adherence to the exposure limits in the Directive. There is thus a need to include modern state-of-the art considerations in safety standards. The maximum **emission** specifications in this document are bound to the the equipment as such, by using the **reference surface** concept and a number of different other measures for improving safety. Exposure limits are related to the field energy actually received or absorbed by a person or animal, as defined in 3.4.14 of Part 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annex AA (normative)

Information for use

AA.1 General

This annex is an addition to Clause 19 and Annex G in Part 1. There is also a special labelling requirement in 7.6.2.102.

When voltage, high voltage or current is addressed, the mains frequency or an up-transformed mains or rectified voltage is meant. Otherwise, the **processing frequency** is meant.

NOTE 1 Warning labels are defined in IEC 60417 and in principle contain only the graphical symbol, the surrounding triangle at some are for indicating the position of a surrounding warning triangle as defined by ISO. Warning labels are usually in black print on a white background. They are located in the immediate vicinity of the potential source of harm.

NOTE 2 Warning signs are defined in ISO 7000. They are for improved observation at a distance, and are therefore typically larger than warning labels and are designed according to ISO 3864-1 (black symbols and text on yellow background). An example is given in the mid Figure AA.1.

NOTE 3 Two labels and text can be combined, as shown in the example at right in Figure AA.1.

AA.2 Labelling

AA.2.1 HF/MW heating equipment, which includes **entrance and exit ports** or accessible openings into the **HF/MW enclosure**, with or without **barriers**, shall be clearly marked in visible areas near each **port** or opening with a warning label. For HF, the graphical symbol IEC 60417-6206:2013-07 (see left Figure AA.1) shall be used. For MW, the graphical symbol of IEC 60417-6166:2012-07 (see mid Figure AA.1, where warning text is added) shall be used. The warning label alternative is allowed up to and including risk class 2, otherwise a warning sign shall be used. Any warning text shall be in the necessary language(s).

AA.2.2 Maintenance doors of **HF/MW heating equipment**, behind which there may be access to high voltage live parts and a **HF/MW generator**, shall be clearly marked at each such maintenance door with a warning label or sign with an additional warning text; see an example in the right Figure AA.1, where the warning text is added, as is the graphical symbol IEC 60417-5036:2002-10; see Table G.1 in Part 1. If there is only high voltage behind, the standard warning signs with only the graphical symbol IEC 60417-5036:2002-10 is used. The marking shall be located near locking points, if applicable.

AA.2.3 Barriers and screens, which are not a part of the **MW heating equipment**, shall be clearly marked with a relevant warning label or a warning text. Additionally, the **HF/MW heating equipment** shall be clearly marked with the relevant warning sign in an area reasonably close to the **barrier**.



Figure AA.1 – Examples of warning sign and labels



Figure AA.2 – Labels at open HF applicators and handheld or open MW applicators

AA.2.4 HF equipment where manual handling of the load just before, during or after the energising is possible shall be marked with a warning label similar to the left image in Figure AA.2 (IEC 60417-6206:2013-07). The label shall be located so that it is visible from the direction of likely positions of the hand or finger.

AA.2.5 MW equipment with handheld microwave applicators or similar potentially accessible microwave-containing regions shall be marked with a warning label (see the right image in Figure AA.2), using the graphical symbol of IEC 60417 (IEC 60417-6167:2012-07). The label shall be located so that it is visible from the direction of likely approach of the hand or finger.

AA.2.6 HF heating equipment, such as addressed in AA.2.3 and AA.2.4, shall be marked with a warning label (see the left image in Figure AA.2), using the graphical symbol of IEC 60417 (IEC 60417-6206:2013-07). It shall also have the applicable following text:

Caution
Personnel must not be exposed to high frequency energy
Do not operate the installation without its intended loading
Do not remove barriers or screens
To maintain any external electromagnetic field at an acceptable value, the heating equipment shall be periodically inspected and kept in good operating condition

AA.2.7 MW heating equipment, such as addressed in AA.2.3 and AA.2.5, shall have the essence of the applicable following text marked in a visible area near the operation controls, in the necessary language(s):

CAUTION
Personnel must not be exposed to microwave energy
Never operate the installation without its intended loading
Do not remove barriers
To maintain the microwave leakage at an acceptable value, the microwave equipment
shall be periodically inspected and kept in good operating condition

In cases when the installation contains accessible waveguides, the following text shall be added:

All connections, waveguides, flanges, gaskets, etc., must be secure in order to ensure that
microwave leakage remains below specified limits

AA.2.8 High frequency heating equipment, such as addressed in AA.2.3 and AA.2.4, shall have the essence of the applicable following text marked in a visible area near the operation controls, in the necessary language(s):

CAUTION
Personnel must not be exposed to high frequency energy
Do not operate the installation without its intended loading
Do not remove barriers or screens
To maintain any external electromagnetic field at an acceptable value, the equipment
shall be periodically inspected and kept in good operating condition

Annex BB (normative)

Measurements and evaluations of the high frequency emission and contact current

BB.1 General

The measurements in Clause BB.2 are to be made under the conditions for both BB.9.2 and BB.9.3, i.e. for

- the equipment classification by the manufacturer for **dielectric heating and processing** and the associated **emission** criteria;
- for routine measurements by the user

The measurements in clauses BB.3 and BB.4 are to be made under the conditions for BB.9.2, i.e. only for classification of the equipment by the manufacturer for **dielectric heating and processing** and the associated **emission** criteria.

As addressed in 18.8 in Part 1, numerical calculations and modelling are allowed to be carried out for emission safety verification, but are in practise usually limited to equipment made in series manufacturing and for clearly specified uses. Normative guidelines for numerical assessments of electric and magnetic emissions are in 18.8.3 in Part 1.

NOTE Some procedure examples of numerical modelling are given in Annex DD in this document.

BB.2 Conditions of equipment operation for measurements

Loads specified for **normal operation** are to be used. The choice of **load** impedances shall be such that the highest possible but not abnormal emissions are obtained. The equipment shall be operated with the controls at the most onerous settings with respect to electric field emission, and/or magnetic field emission if applicable.

Operation as specified in 6.4.2.102 shall also be attempted.

NOTE If a sensing of empty operation or operating with metallic objects exists and shuts off the **HF/MW generator** under such a condition, emission measurements are not made.

BB.3 Evaluation of the HF field characteristics

BB.3.1 The definition of electric nearfield in 3.1.104 shall be adhered to. If this is not clear, i.e. by the load impedance being very low, the equipment is atypical and this Annex is basically not applicable; national or regional requirements for HF exposure apply instead.

NOTE In these atypical situations, both the magnetic and electric exposure fields are to be measured.

BB.3.2 If the validity of this Annex BB for processing frequencies is deemed uncertain for processing frequencies less than 100 MHz as per BB.4.2, measurements of both the electric and magnetic fields shall be carried out, according to Clause BB.4. Otherwise, only the electric fields shall be measured for such frequencies. For frequencies 100 MHz and higher, both the electric and magnetic fields shall be measured.

NOTE Rationales for the measurement principles in this Annex BB are given in Annex DD.

BB.4 Electric, magnetic fields, and contact currents

BB.4.1 Electric and magnetic field measurements

Measurements shall be made without the presence of the normal operator, with the feet of the person performing the measurements standing at a distance of at least 0,5 m but less than 0,85 m (i.e. arm's reach) between the body of the person and the **HF enclosure**, from any fixed part of the **HF enclosure**.

Measurements of the **emission** are made in all locations, with the limitations as specified in 9.1.1.103.

When the magnetic field is also to be measured, a first measurement is made at the location of the electric field maximum. Additional measurements of both the electric and magnetic fields are then made in several locations at about 0,15 m distance and at least 0,15 m apart, from any fixed part of the **HF enclosure** where both field types are comparatively high, in order to determine the position of the maximum field strength.

BB.4.2 Evaluations of $|E|/|H|$

This subclause is applicable only for **processing frequencies** up to 100 MHz. The instrumentation shall comply with BB.9.2, i.e. be of the kind used by manufacturers in their equipment specifications.

The quotient $|E|/|H|$ of the values in Vm^{-1} and Am^{-1} respectively, shall be calculated for the four data pairs in BB.4.1. If the average of this exceeds 300 Ω , the equipment fulfils the criterion for **dielectric heating and processing**, and the **emission** criteria in this document apply.

If it is found that the average over many measurement points is less than 300 Ω , measurements of only the electric field value in BB.4.1 and **contact currents** in BB.4.3 remain as an option for qualification as **dielectric heating and processing** equipment.

BB.4.3 Measurements of contact currents

These shall be made with a special clamp-on HF current meter. During the measurements, the **processing frequency** power output shall be set to a low value, in order to avoid contact currents which exceed the limits in BB.4.3 or Clause BB.5. Measurements shall then be carried out with a volunteer operator in a typical position only, with one or both bare moist feet contacting the floor or insulated stand. The reference condition for moist feet results from rubbing the skin on a cloth moistened (not soaked) with a 0,9 % saline solution, and then quickly starting the test. Supposing that the contact currents are well within the allowable limits, then the HF power applied shall be increased in stages until maximum HF power of the generator is reached, or the limits are about to be exceeded.

In cases where the operator is sitting on an earthed chair, measurements shall be carried out at one earth-contacting leg, with the other chair legs insulated.

The use of insulated stands is not recommended, due to the possibility of the operator being charged up, allowing **contact current** to then be created when the operator touches an earthed object. **Touch currents** are typically not allowed; see 7.9.101.

Contact current measurements with a clamp-on current meter on a chair on an insulated stand are typically unreliable. Instead, current measurements shall be made as specified in 8.1.2.101, between a naked operator foot on the insulated metal plate and earth below the insulating stand.

The measured values are recalculated for the conditions of **normal operation** in Clause BB.2. Non-linear phenomena such as **load** behaviour and **processing frequency** stability shall then be observed.

BB.5 Limiting values, continuous energising of the processing frequency source

NOTE 1 Continuous operation for a longer time than any 6 minutes period is considered continuous.

NOTE 2 The numerical E and B limiting values in this Clause BB.5 are the same as for plane wave exposure in IEEE/ANSI C95.1:2019.

- The maximum electric field **emission** intensity reading shall be $1842/f \text{ Vm}^{-1}$ for **processing frequencies** between 3 and 30 MHz and then 61 Vm^{-1} for **processing frequencies** up to 300 MHz, with f being in MHz. A relaxation of the limiting value for **processing frequencies** up to 41 MHz is allowed under the conditions described in Clause BB.7.
- The maximum magnetic field intensity shall be $16,3/f \text{ Am}^{-1}$ up to 100 MHz and $0,163 \text{ Am}^{-1}$ for **processing frequencies** up to 300 MHz.
- The maximum induced contact current as measured in each ankle of a earthed foot shall be less than 100 mA for frequencies up to 100 MHz. No significant contact currents in hands or fingers are allowed. This requirement is under consideration for processing frequencies exceeding 100 MHz.

Due to load movement, the size of and distance between the individual load items, missing load item(s) or load interruption in conveyerised HF heating equipment and also depending on the conveyor speed, the measured emission may vary considerably in time and space. In such cases, the average value under the most onerous 20 s interval shall be used. Depending on the actual time constant of the instrument, readings shall be then taken every 2 s or 3 s and then be averaged.

BB.6 Limiting values, intermittent energising of the processing frequency source

Up to twice the short-time E field intensity values as those given in Clause BB.5 are allowed for a maximum total of 90 s during any six-minute period, provided any single continuous operation time does not exceed 20 s, in which case this becomes the time limit over any six-minute period.

The same short-time relative limits as above also apply to B fields, in cases where this field is the determining factor for compliance.

The contact current ceiling value is 200 mA for a maximum total of 90 s during any six-minute period, or 500 mA for a maximum total of 15 s during any six-minute period. If any measured short-time current exceeds 200 mA for more than 15 s, this becomes the time limit over the six-minute period.

BB.7 Relaxation for processing frequencies up to 41 MHz

The E values in Clause BB.5 are doubled for **dielectric heating and processing** equipment fulfilling the **electric nearfield** criteria in BB.3.2.

The E values in BB.6 are doubled for **dielectric heating and processing** equipment fulfilling the **electric nearfield** criteria in BB.3.2.

The contact current ceiling value is 500 mA for a total maximum 15 s during any six-minute period.

NOTE Rationales are given in Annex DD.

BB.8 Risk classes

The following risk classes (see Table 3 in Part 1) apply for **dielectric heating and processing equipment**:

- Class 1 for operators of equipment where the **means of access** fulfils 14.4.101;
- Class 2 for operators of equipment which does not require the operator to manually handle the load immediately before, during or after the processing, and the operator is considered earthed;
- Class 2 for maintenance personnel working away from HV or HF zones in equipment with processing frequencies less than 100 MHz;
- Class 3a for operators of other equipment than listed above for Class 1 and the first Class 2 entry, unless the manufacturer can prove that class 2 is realistic;
- Class 3a for operators of equipment which would be class 2 if it is not clearly classified according to the definitions in 3.1.103 and 3.1.104;
- Class 3a for maintenance personnel working in HV and HF zones in equipment with processing frequencies less than 100 MHz;
- Class 3 for maintenance personnel working in HV and HF zones in equipment with processing frequencies 100 MHz and higher.

The difference between risk class 3a and 3 is that access under processing frequency operation is allowed in class 3a when personal protective equipment is used, but no such access is allowed under class 3; see Table 3 in Part 1.

BB.9 Instrumentation

BB.9.1 General

The magnetic B field is the quantity actually measured by coil probes, but many instruments are scaled in H units, applying the scaling factor μ_0 (the magnetic constant), applicable with non-magnetic circuits. It is also to be noted that some instruments are scaled in mW/cm² for both the electric and magnetic fields, but that quantity is only valid for free space propagating waves which do not occur in **dielectric heating and processing**.

The instrument accuracy, and in particular its probe(s) design and specifications, are important. The upper frequency limit 300 MHz is managed with good accuracy only by a very few of the commercially available instruments. This applies to in particular magnetic field coil probes with built-in or separately supplied current transformers. The use of special clamp-on HF current meters at higher frequencies than 100 MHz is not specified in this document.

BB.9.2 Instruments to be used by manufacturers

The desirable instrumentation to be used by equipment manufacturers shall have a maximum inaccuracy of about $\pm 1,5$ dB (i.e. about ± 40 %) after calibration and have minimal coupling to adjacent metal parts. This inaccuracy may then be specified only for the HF ISM frequencies lower than 41 MHz. An anisotropy error of about ± 1 dB can typically not be avoided, but can be reduced by sensor rotation. These instruments fulfil quite stringent requirements and are traceable to national bodies responsible for protection against non-ionising radiation. With such instruments, the obtained values shall then be used without corrections.

NOTE Considerations of these inaccuracies are included in the determination of the safety factors in e.g. the EU Directive 2013/35/EU and the IEEE/ANSI C95.1:2019 standard.

BB.9.3 Minimum specifications

The following specification applies only for routine tests and may also apply for the checking of meters after repair or maintenance.

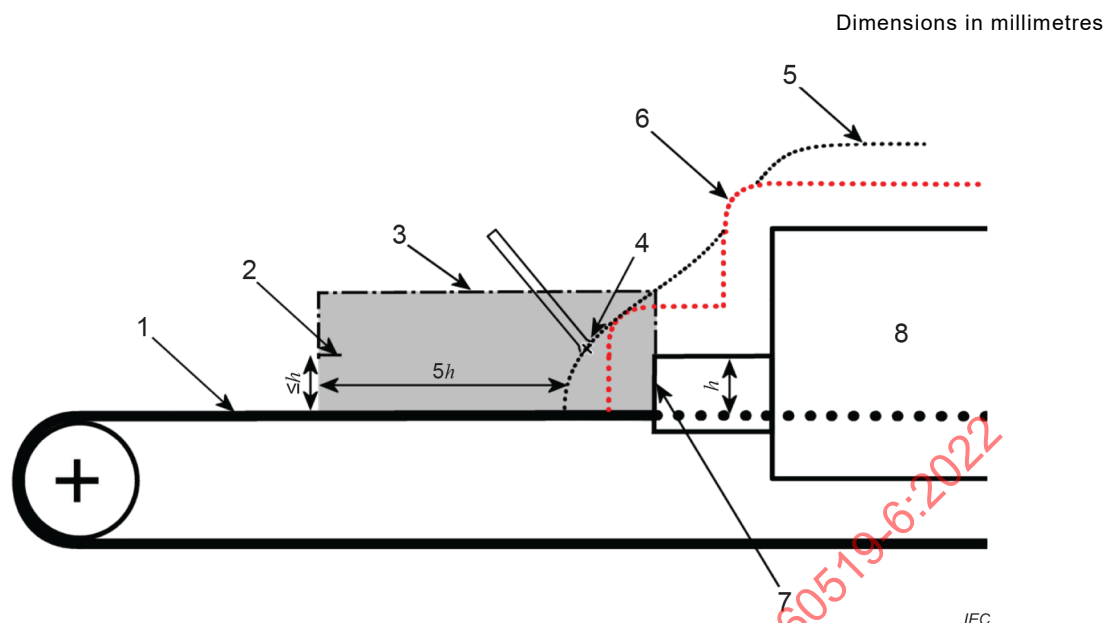
If the inaccuracy seems questionable for an instrument intended to be used for routine measurements, the alternatives are: to use a better instrument, to calibrate it using substitution mode with a better instrument, or to use one of such reliability that maximally about ± 3 dB (i.e. about -50 %; $+100$ %) correction to the measured values is acceptable. The probe anisotropy shall be checked and used for later corrections by averaging. A doubling of the measured and anisotropy-adjusted E and H values is made in order to obtain the actual corrected **emission** values in cases where the measured values are in the vicinity of the limits according to Clauses BB.5, BB.6, and BB.7. If the measured values are much lower than the limits, a simplified procedure is applicable: the measured values shall be reported, together with a written assessment of the instrumentation inaccuracy.

BB.9.4 Explanatory figures

Figure BB.1 and the related notes shows and describes the data for a large HF barrier used in a conveyor-type tunnel equipment scenario, for heating of a continuous flow of loads. The loads are not shown in the figure. Emission measurements shall be made with typical loads and the average is then taken, whilst observing the requirements in Clauses BB.5, BB.6 or BB.7. Figure BB.1 shows a central vertical cross section. A horizontal cross section of the same type of tunnel is shown in Figure CC.3, but for MW barriers. Note that the definition of the reference surface is different for HF and MW.

Figure BB.2 and the related notes shows and describes the data for a plastic welding equipment scenario.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022



Key

- 1 Conveyor belt. The **load** is not shown, and the dimension h is without it.
- 2 **HF barrier** opening. Its height is less than or equal to the accessible height h of the **entrance or exit port**, which is measured between the top of the conveyor belt and the ceiling in the **entrance or exit port**.
- 3 **HF barrier** roof (dot-dashed line), its level being at the reference surface at the entrance or exit port vertical plane, or further inwards above the equipment, where the probe antenna is located when the maximum allowed emission limit under **normal operation** is measured. (The minimum vertical location is shown.)
- 4 **HF emission** measurement probe antenna at the tip of the handle, located at the **reference surface**.
- 5 The measured positions of the **reference surface** (black dotted curve) in the cross section, shown without the **HF barrier**.
- 6 The specified 150 mm minimum distance of the **HF emission** measurement probe (red dotted curve) from the equipment, in the cross section and without the **HF barrier**.
- 7 Entrance or exit port.
- 8 The treatment chamber with metallic covering. This, and the **entrance and exit port** sections, constitute the **HF enclosure**.

The Figure is drawn for the case where the accessible height h of the entrance or exit port (7) is defined as $75 \text{ mm} < h \leq 170 \text{ mm}$ (see Table 101). The fingers, the hand and a part of the arm can then be inserted. The required **barrier** length of Table 101 as distance between the **reference surface** (6) and the microwave access **barrier** opening (2) is then $5 \times h$, i.e. greater than 375 mm and less than or equal to 850 mm.

The Figure is drawn as seen from the side. The same requirements on the microwave access **barrier** in relation to the **reference surface** (5) apply also in horizontal directions, i.e. as seen from above and below.

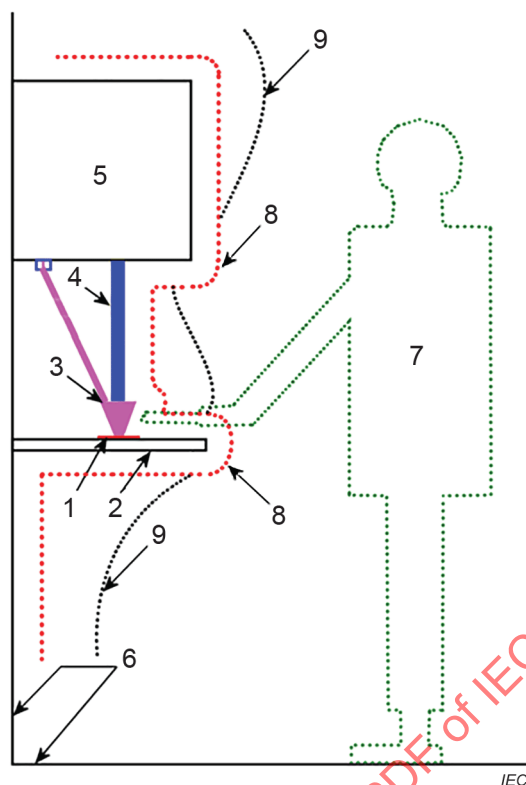
If the reference surface extends also below the conveyor belt (1) and is accessible, it will also extend into this region. The required **HF barrier** length of Table 101 and also its overall height shall then be extended.

The **HF barrier** in this Figure is of a homogeneous (typically plastic) material, and is located just outside the reference surface (6). If the **HF barrier** is made of mesh or has holes, the requirements in Table 101, third column, stipulate a location along the conveyor belt further away from the **reference surface**.

As an alternative to an **HF barrier** with sides and ceiling, a vertical **HF barrier** at each side of the conveyor belt (1) outside the exit or entrance port (7) may be employed. That case is illustrated in Figure CC.3 for **MW barriers**; note that the definition of the **reference plane** is different for HF and MW.

NOTE The **HF enclosure** is defined in 3.2.105 does not include **HF barriers**. These do, by the definition in 3.3.101, as also **guards** as defined in 3.3.4 in Part 1, not influence the position of the **reference surface**, as shown in this figure. **HF screens and obstacles** as defined in 3.3.102, and 3.3.5 in Part 1, will influence the position of the **reference surface** and are thus included for the measurements, with the 150 mm minimum distance being observed. This also applies to **obstacles**.

Figure BB.1 – Large HF barrier for a conveyorised heating equipment scenario



Key

- 1 **Load** (red);
- 2 Metal table, HF earthed;
- 3 Bare HF conductor and anvil electrode;
- 4 Supporting insulating rod;
- 5 **HF generator** cabinet;
- 6 HF earthed wall and floor;
- 7 The position of the operator body, as in Annex DD;
- 8 The specified 150 mm minimum distance of the **HF emission** measurement probe (red dotted curve) from the equipment, in the cross section and without any **HF barrier, screen** or **obstacle**;
- 9 The measured positions of the **reference surface** (black dotted curve) in the equipment cross-section;

It is in principle allowable to insert the hand into the region at 150 mm distance from the equipment (red dotted curve) if the E field is due to the tip effect at an earthed part and is thus directed outwards from the part. See Annex DD for rationales for this acceptance.

There shall be an added **barrier** or earthed **obstacle** or **screen** preventing touch current to the hand (in this case). With an obstacle or screen, new measurements of the field are necessary, due to the influence of these parts.

As a consequence of the above conclusions, no **barrier** is needed in this case, except possibly in a small region above the wrist location.

The Figure is drawn as seen from the side. The same requirements for the **HF barrier** in relation to the **reference surface** (9) apply also in horizontal directions, i.e., as seen from above and below.

Figure BB.2 – Conditions for a HF plastic welding equipment

Annex CC (normative)

Measurements and evaluations of the microwave emission

CC.1 Conditions for measurement

The load specified for **normal operation** is used. The microwave **equipment** shall be operated with the microwave power control at the highest setting.

For frequencies below 800 MHz and for frequencies above 6 000 MHz only the **basic restriction** and IEC 62311 are applicable for the measurements. The required distance of 50 mm or more between the sensor and any part of the **microwave enclosure** is to be observed.

CC.2 Measurement details

The instrument reading is in Wm^{-2} and based on the validity of the impedance of free space at the point of measurement. For this reason, a minimum distance of 50 mm between the sensor and any part of the microwave heating equipment is specified, and a non-interfering **microwave transparent** spacer to facilitate this is used.

The **MW emission** reading shall not exceed 50 Wm^{-2} , except under abnormal operation as specified in 9.1.1.102.

The spacer tip is moved over and away from the external surface of the heating equipment to locate the highest **MW emission**, particular attention being given to the openings and the **MW barriers**. The region inside a geometric opening into the **MW enclosure** is not regarded as accessible. The informative examples in Figure CC.1, Figure CC.2 and Figure CC.3 indicate how to apply the **reference surface** concept.

Due to load movement, the size of and distance between the individual load items, any missing load item or load interruption in conveyorised microwave equipment, and also depending on the conveyor speed, the measured emission may vary strongly in time. In such cases, the average emission under the most onerous 20 s interval shall be used. Depending on the actual time constant of the instrument, readings are then taken every 2 s or 3 s and a ceiling value of 250 Wm^{-2} shall then apply.

CC.3 Risk classes

The following risk classes apply for microwave equipment operating at the ISM processing frequencies between 800 MHz and 6 GHz:

- Class 1 for operators of equipment where the **means of access** fulfils 14.4.101;
- Class 2 for operators of equipment which does not require the operator to manually handle the load immediately before, during or after the processing, and the operator is considered earthed;
- Class 2 for maintenance personnel working away from HV or MW zones;
- Class 2 for operators of tunnel ovens;
- Class 3 for operators of equipment with open-ended applicators, unless the manufacturer can prove that a lower class is realistic;
- Class 3 for other maintenance personnel.

NOTE As specified in Clause 1 (Scope), this document does not cover **processing frequencies** 300 MHz to 800 MHz and higher than 5,8 GHz. Microwave heating and processing equipment operating in these intervals cannot be considered industrial in the sense that equipment engineering is common in industry. Only parts of this document are thus applicable, and the overall safety requirements adhere to national regulations regarding exposure and worker safety.

CC.4 Instrumentation

CC.4.1 Primary instrumentation

An instrumentation tolerance of about $\pm 20\%$ is allowed, and such instrumentation shall be used by the **manufacturer**. These instruments shall fulfil quite stringent requirements, which are obtained from National bodies responsible for protection against non-ionising radiation.

Microwave leakage is determined by measuring the microwave flux density or electric field using an instrument that reaches 90 % of its steady reading in 2 s to 3 s when subjected to a stepped input signal.

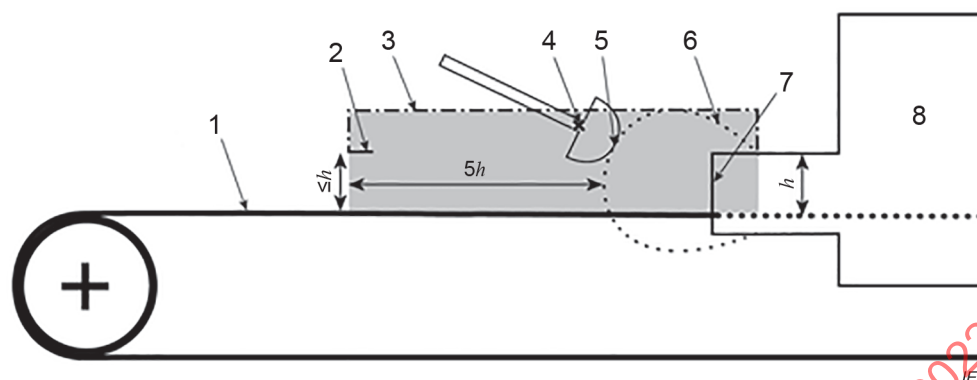
CC.4.2 Microwave leakage instrument minimum specifications

The following specification applies only for routine tests and may also apply for checks of equipment after repair or maintenance.

CC.4.3 Instruments shall be subjected to regular checks by carrying out the following tests, to ensure that their proper function is maintained. The tests for instrument compliance are made at room temperature. Before carrying out the tests, the position of the field sensor shall be known and preferably be marked. The minimum acceptable meter resolution shall be 10 Wm^{-2} .

CC.4.4 The checks are carried out either using a generator set-up in an anechoic chamber, or using a reference instrument in substitution mode. The far field shall be linearly polarized. The field sensor of the instrument under test (IUT) shall be placed at the position of the reference field, where the flux density is 50 Wm^{-2} . The range selector, if any, shall be set to the most appropriate range to measure a flux density of 10 Wm^{-2} and 100 Wm^{-2} and with a tolerance from -40% to $+60\%$. By slowly rotating the IUT field sensor through 360° around its axis which is aligned to the propagation direction of the far field and directed towards the radiation source, the minimum and maximum reading shall be found and recorded. If the deviation of minimum and maximum readings is less than or equal to $\pm 2 \text{ dB}$ (i.e. from -37% to $+58\%$) related to the reference field it is assumed that the IUT complies with this specification.

Dimensions in millimetres



Key

- 1 Conveyor belt. The **microwave load** is not shown, and the dimension h is without it.
- 2 **Barrier** opening. Its height is less or equal to the accessible height h of the **entrance or exit port**, which is measured between the top of the conveyor belt and the ceiling in the **entrance or exit port**.
- 3 **Barrier** roof (dot-dashed line), its level being at the **reference surface** outside the **entrance or exit port** where the probe antenna is located when the **microwave emission limit under normal operation** is 50 Wm^{-2} .
- 4 **Microwave emission** measurement probe antenna, located 50 mm away from the probe tip.
- 5 Position of the **emission** measurement probe spacer for determination of the **reference surface** location.
- 6 Projection of the maximum horizontal extension of the **reference surface** (dotted line) outside the **entrance or exit port** where the measured **microwave emission under normal operation** (i.e. with **microwave load**, not shown here), but without **barrier**) is 50 Wm^{-2} .
- 7 **Entrance or exit port**.
- 8 **Microwave applicator or microwave cavity**. This and the **entrance and exit port** sections constitute the **microwave enclosure**.

The Figure is drawn for the case where the accessible height h of the entrance or exit port (7) is defined as $75 \text{ mm} < h \leq 170 \text{ mm}$ (see Table 101). The fingers, the hand and a part of the arm can then be inserted. The required **barrier** length of Table 101 measured as the distance between the **reference surface** (6) and the **barrier** opening (2) is then $5 \times h$, i.e. greater than 375 mm and less than or equal to 850 mm.

The Figure is drawn as seen from the side. The same requirements for the **barrier** in relation to the **reference surface** (6) apply also in horizontal directions, as seen from above and below.

If the **reference surface** also extends below the conveyor belt (1) and is accessible, it will also extend into this region. However, the required **barrier** length of Table 101 and also the **barrier** as such may need to be extended as a consequence of the measurements determined in 9.1.1.102 (abnormal operation).

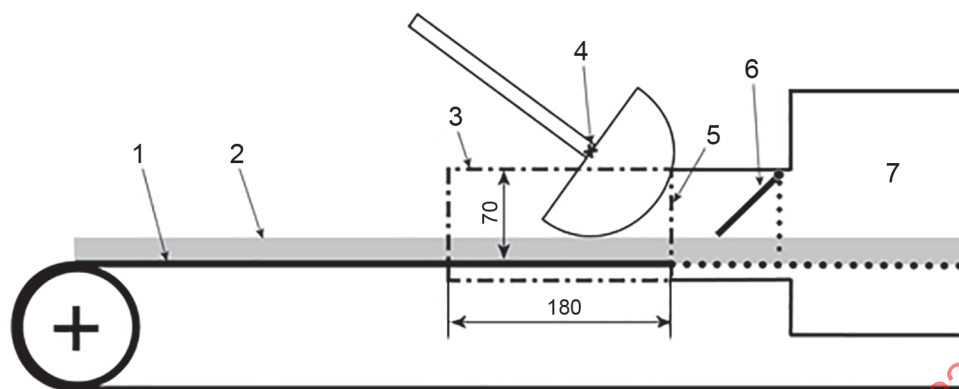
The **barrier** in this Figure is of a homogeneous (typically plastic) material, and is located just outside the **reference surface** (6). If the **barrier** is a mesh or if it has holes, the requirements in Table 101 stipulate a location further away from the **reference surface** (6).

As an alternative to a **barrier** with sides and ceiling, a vertical **barrier** at each side of the conveyor belt (1) outside the **exit or entrance port** (7) may be employed. That case is illustrated in Figure CC.3.

NOTE The **microwave enclosure** is defined in 3.2.105 and includes the **microwave applicator** or **microwave cavity** (8) and the structures ending with the exit port and entrance port (7). **Barriers** and **guards** are not included.

Figure CC.1 – Large barrier for conveyorised microwave heating equipment

Dimensions in millimetres

**Key**

- 1 Conveyor belt
- 2 **Microwave load**
- 3 **Barrier** (dot-dashed line), its accessible height of 70 mm includes the height of the **microwave load**
- 4 Probe antenna of the emission measurement instrument with a 50 mm spacer. The measured **microwave emission** is in this case less than 50 Wm^{-2} at the **entrance or exit port**, with the spacer contacting the **entrance or exit port** opening (but not interior) as well as the top of the **microwave load**. As a consequence, there is no **reference surface** outside the **entrance or exit port** as in Figure CC.1 and Figure CC.3. The **microwave emission** is measured under **normal operation**, i.e. with **microwave load** and the hinged metal plate (6) in place, but without **barrier**.
- 5 **Entrance or exit port**
- 6 Hinged metal plate, following the top of the **microwave load** and hanging down (dashed line) when there is no **microwave load**. See also NOTE 3 in 3.3.101 and NOTE 1 in 6.4.2.104.
- 7 **Microwave applicator or microwave cavity**

NOTE 1 The Figure is drawn for the case where the accessible height h of the entrance or exit port (5) is chosen to be $h = 70 \text{ mm}$ (see Table 101). Fingers and a part of the hand can then be inserted.

A hinged metal plate (6) cannot determine the position of the entrance or exit port (5), neither can it be a part of a microwave access **barrier** (3). It may reduce microwave **emission** and it can determine only the position of the **reference surface**.

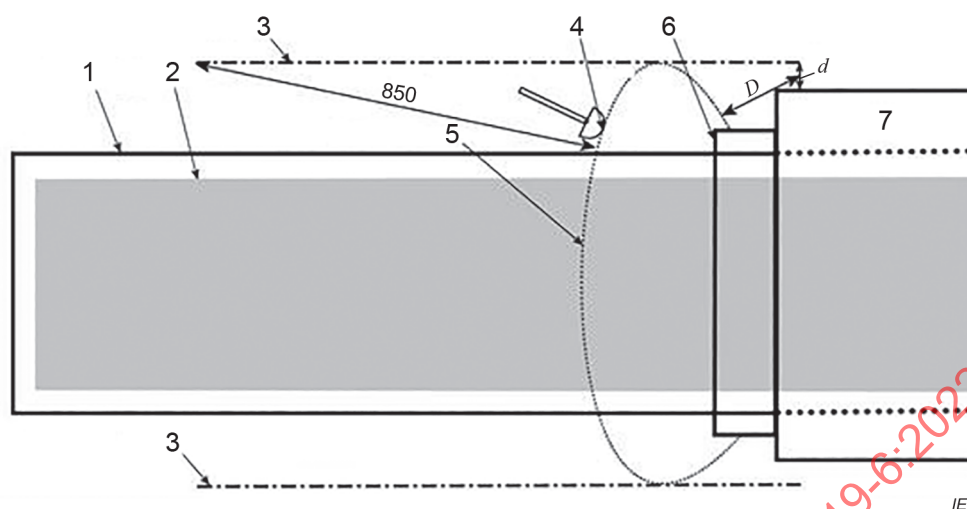
Since the microwave emission is less than 50 Wm^{-2} at the entrance or exit port (5), the required **barrier** length becomes 180 mm from the entrance or exit port (5). However, the required **barrier** length is taken from Table 101 and therefore the **barrier** (3) may need to be extended as a consequence of the measurements determined in 9.1.1.102 (abnormal operation).

NOTE 2 The **barrier** (3) in this figure is of a homogeneous (typically plastic) material. Since Table 101 stipulates a location of the microwave access **barrier** (3) further away from the **exit (or entrance) port** (5), this is not practical.

NOTE 3 The **microwave enclosure** is defined in 3.2.105 and includes the **microwave applicator or microwave cavity** (7) and the structures ending with the entrance and exit port (5). **Barriers** (3) are not included. The hinged metal plate (6) is included.

Figure CC.2 – Small microwave access barrier for conveyorised microwave heating equipment

Dimensions in millimetres



Key

- 1 Conveyor belt;
- 2 **Microwave load**;
- 3 **MW barrier** (dot-dashed line). Details on height etc., see 8.5.5.103;
- 4 The emission measurement instrument with a 50 mm spacer. The measured microwave emission of 50 Wm^{-2} determines the position of the **reference surface** (5), see 8.5.5.103. The microwave **emission** is measured under **normal operation**, i.e. with **microwave load**, but without **MW barrier**
- 5 Projection of the maximum horizontal extension of the **reference surface**;
- 6 Entrance or exit port;
- 7 **Microwave applicator or microwave cavity**.

NOTE 1 The Figure is drawn for the case where the accessible height h of the entrance or exit port (6) is larger than 170 mm (see Table 101). The fingers, the hand and the arm up to the shoulder joint can then be inserted. The required **barrier** length from of Table 101 then corresponds to the distance between the **reference surface** (5) and the microwave **access barrier** therefore becomes 850 mm long.

NOTE 2 A hinged metal plate (not drawn here; it is shown in Figure CC.2) cannot determine the position of the entrance or exit port (6), neither can it be a part of a microwave **access barrier** (3). It can determine only the position of the **reference surface**. However, the required **barrier** length of Table 101 and so the microwave **access barrier** may need to be extended as a consequence of the measurements in 6.4.2.101; 6.4.2.107 (abnormal operation).

NOTE 3 If the d value is less than or equal to 20 mm, D is 80 mm. If the d value is larger than 20 mm and less than or equal to 75 mm, D is 180 mm. If d is larger, D is $5 \times d$, with a maximum of 850 mm (see Table 101).

NOTE 4 The **barriers** (3) in this figure are of a homogeneous (typically plastic) material, since they are located just outside the **reference surface** (5). If the **barriers** are made of mesh or have holes, these cannot be larger than $65 \times 65 \text{ mm}$; see Table 101 which then stipulates a location of the **MW barriers** (3) further away from the **reference surface** (5).

NOTE 5 The **microwave enclosure** is defined in 3.2.105 and includes the **microwave applicator or microwave cavity** (7) and the structures ending with **the entrance and exit port** (6). **MW barriers** (3) are not included.

Figure CC.3 – Vertical-only MW barriers for conveyorised microwave heating equipment

Annex DD (informative)

Rationales for the high frequency emission limits and measurements

DD.1 The biological effects of HF emissions from 3 MHz to 300 MHz

According to the IEEE/ANSI C95.1:2019 and Directive 2013/35/EU, there are only body-part heating effects at these frequencies. As shown in the Figure DD.2 and Figure DD.3 in this annex, the heating effects typically do not occur where the measurable HF electric (E) field intensity at the body-part is highest. Instead, currents are induced by the external E field. The continuity of these currents often results in maximum heating intensity (SAR) in regions of small diameter body-parts or where the current path bends due to e.g. arm postures; see Figure DD.4.

DD.2 Today's agreed limits for operator safety

DD.2.1 Exposure to fields

NOTE The term "exposure" is not defined by ICNIRP, and not in the EU Directive (2013/35/EU). The IEEE/ANSI C95.1:2019 standard defines exposure as: "The state of being in the presence of electric, magnetic, or electromagnetic fields, or in contact with a current or voltage source"¹. The definition in IEC 60519-1:2020 is "receiving or absorbing emitted energy by a person or an animal", with the note: "The determination of absorbed energy may necessitate the presence of the exposed person or animal in the emission".

The internationally agreed occupational maximum tissue heating intensity (SAR) averaged over any 6 minutes (in some standards averaged over 30 minutes) is $0,4 \text{ Wkg}^{-1}$ whole body, 10 Wkg^{-1} for head and trunk, and 20 Wkg^{-1} for limbs (arm, wrist, hand, finger, leg, ankle, foot). The smallest volume over which this applies is for 10 g of contiguous tissue. This is the **basic restriction**, and it is quite obvious that this cannot be measured experimentally or in volunteer studies in industry.

Instead, the electric force (E) fields and magnetic force (B) fields are measured with suitable probes, from the lowest applicable (100 kHz) frequency for body-part heating, and in practice also for microwaves. So-called **reference levels** or action levels or maximum permissible exposures or exposure limit values (depending on the recommendation/directive/standard) are then applied.

The following exposure limit examples are from the listed references:

- ICNIRP-1998: The specification for the allowed external E field decreases with frequency up to 10 MHz; it is then constant at 61 Vm^{-1} up to 400 MHz. The allowed external B field is inversely proportional to the frequency up to 10 MHz and then constant at $0,2 \text{ }\mu\text{T}$ up to 400 MHz.
- The Directive 2013/35/EU specifies $E_{\text{max}} = 61 \text{ Vm}^{-1}$ and $B_{\text{max}} = 0,2 \text{ }\mu\text{T}$, from 10 MHz up to 400 MHz. These are the same as the ICNIRP-2009 limiting values.
- The IEEE/ANSI C95.1:2019 specifies 184 Vm^{-1} at 10 MHz, reduced to $61,4 \text{ Vm}^{-1}$ at 30 MHz, from which that value applies up to 400 MHz. The values at 13,56 MHz and 27,12 MHz become 136 Vm^{-1} and 68 Vm^{-1} , respectively. The H field value is inversely proportional to the frequency up to 100 MHz: $16,3/f \text{ Am}^{-1}$, with f in MHz, and then constant at $0,163 \text{ Am}^{-1}$ up to 400 MHz. ($0,163 \text{ Am}^{-1}$ corresponds to $0,205 \text{ }\mu\text{T}$.) The B field values at 13,56 MHz and 27,12 MHz become $1,5 \text{ }\mu\text{T}$ and $0,76 \text{ }\mu\text{T}$ respectively.

¹ SOURCE: of IEEE/ANSI C95.1:2019, reproduced with the permission of the authors.

- Since the biological effect is considered to be only heating, time averaging is applicable. Six or thirty minutes are specified in all the listed references. However, only IEEE/ANSI C95.1:2019 also specifies short-time ceiling values, as is also the case in IEC 60519-6:2011 and IEC TS 62997:2017, the latter to be replaced by a technical report (TR) or by a revised technical specification (TS).

On nearfields, ICNIRP-1998 states that exposure limits are set with the assumption of plane wave propagation. It is also stated that the distribution of the resulting **induced currents** by low frequency E fields depends on the exposure conditions and that “Exposures in the nearfield are more difficult to specify, because both E and H fields must be measured and because the field patterns are more complicated”.²

On nearfields, the IEEE/ANSI C95.1:2019 standard stipulates (in its 4.3.5 b) that both E and B should be measured at frequencies below 30 MHz, and that either component is sufficient to measure in the far-field, which begins at a distance $2D^2/\lambda_0$ from the source, with D being its equivalent diameter of the source and λ_0 the wavelength in free space. These nearfields are stated to result in complicated field patterns and couplings in regions closer to the equipment than $\lambda_0/2\pi$ (i.e. e.g 0,16 m at 30 MHz). It is also stated that the resulting SAR can be reduced and measurements of both the E and B fields are recommended, as they are due to the induced current; this applies to “RF dielectric heaters”, but a more complicated analysis may also be necessary for improving the assessments.

The IEEE/ANSI C95.1:2019 exposure limit values are stated to be based on plane-wave-equivalent power densities of incident fields (in its B.7.1). Whole body resonance effects is an additional factor and can appear when the height of a earthed person is close to 0,4 of the free-space wavelength λ_0 . For the standard man height 1,75 m, this corresponds to about 70 MHz and results in a very significant increase of the whole body SAR and should be taken into account due to the possible presence of significant levels of harmonics of the processing frequency. This was considered in the development of that standard.

DD.2.2 Contact currents

Only **induced currents** caused by external E fields are considered in this document; see the definitions of **contact** and **touch currents**.

Standard specifications exist in the IEEE/ANSI C95.1:2019 standard and the directive 2013/35/EU:2013. Both specify 100 mA RMS from at least 3 MHz to 100 MHz. This is then considered over any 6 minutes. IEEE/ANSI C95.1:2019 further specifies 220 mA maximum over any 93 s duration and 500 mA over any 14,4 s, during any 6 min.

The Directive 2013/35/EU seems to limit the specification to limbs, i.e. not fingers.

DD.3 Differences between the concepts in the cited standards and this document

The limitation to **dielectric heating and processing** and to **emission** instead of exposure in this document are crucial:

- the wavelengths of **processing frequencies** up to at least 41 MHz (i.e. 7,3 m in free space) are such that non-propagating fields completely dominate in the vicinity of the source;

² SOURCE: ICNIRP-1998, reproduced with the permission of the authors.

- the fact that the **HF loads** treated in **dielectric heating and processing** are typically limited to those with an impedance which is typically larger than a few ohms results in a dominance of the electric field energy over the magnetic field energy in the **HF loads** as well as in the surroundings of the **EPM equipment**; this then also since the B field intensity decays more rapidly with distance from the source than the E fields;
- at lower frequencies, the electric fields couple more strongly than the B fields to the **HF load**; this applies up to at least 100 MHz provided the conditions for **dielectric heating and processing** are fulfilled.

However, the maximum allowed numerical values of electric and magnetic field **emission** in this document adheres to the exposure values in IEEE/ANSI C95.1:2019, except under certain conditions specified in Clause BB.7. Since there are no free space propagating field waves in the vicinity of **dielectric heating and processing** equipment, the **emission** levels allowed by this document are more conservative. It needs to be observed that certain resonant situations may occur, in particular **at processing frequencies** higher than 50 MHz. Below that frequency limit, for practical reasons set to 41 MHz due to the ISM bands, these issues do not occur with any known type **of dielectric heating and processing equipment**.

NOTE The 41 MHz **processing frequency** limit was chosen since the highest of the internationally agreed HF ISM bands ends just below that frequency, and the vast majority of **dielectric heating and processing** equipment operates within any of these frequency bands. As a result, most of the engineering data and experience in the frequency region covered by this document have been obtained from these frequency bands.

As a consequence of the above, a relaxation of the maximum E field emission limits for such frequencies is allowed and given in Clause BB.7. The particular field behaviour as described in DD.4.1 on $|E|/|H|$ and the numerical modelling examples in the following Clause DD.4, as well as the final Clause DD.5, demonstrate further important factors reducing the SAR.

Another class of reasons for SAR reductions is due to the application of the **accessible emission** concept in this document, resulting in limitations of access by **enclosures, barriers, screens, obstacles**, and **interlocks**. Finally, requirements on the **user** and application of risk classes contribute to the overall safety of **operators and instructed persons**.

DD.4 Field behaviour

DD.4.1 General

There is no straight-path propagation of the HF nearfields, as opposed to propagating microwave fields. This depends on the free space wavelength (λ_0).

- For very low frequencies – below 6 MHz (> 50 m wavelength) – all fields are quasistatic; only nearfields exist and no standing waves or resonant phenomena can occur. An example is the magnetic fields from e.g. induction heating equipment (IEC TS 62997:2017, to be replaced by a technical report (TR) or by a revised technical specification (TS)).
- For frequencies from 6 MHz to 100 MHz (wavelength 50 m to 3 m) issues are partially manageable; standing waves (amplifying or reducing local E fields) may occur, as can weak resonant whole body phenomena which increase the power absorption in some body-parts.
- For frequencies 100 MHz to 300 MHz (wavelength 3 m to 1 m), the field behaviour with other objects around the equipment becomes very complicated and unpredictable and give rise to strong standing waves, wave propagation and body-part resonant phenomena.

A very important condition which differs considerably from that of plane wave propagation is when the electric field energy of the emission dominates significantly over that of the magnetic energy. The situation then becomes of the **electric nearfield** type, and at frequencies for which the essential **scenario** dimensions are less than a quarter to one half of λ_0 , the E field patterns even become essentially quasistatic. With no magnetisable objects the electric energy is proportional to $\varepsilon_0 E^2$ and the magnetic to $\mu_0 H^2$. In a propagating wave $|E|/|H| = \eta_0$ ("the free space impedance"), which means that the energies are equal if η_0 ($\approx 377 \Omega$) is obtained from $|E|/|H|$ in approximately the same locations. It should, however, be noted that the E and H vectors may neither be in time phase nor perpendicular, as occurs for a propagating wave. This lack of coupling between them results in a significantly lower absorption of the external **emission** by body-parts.

DD.4.2 Rationales for numerical modelling

The results of the numerical modelling in this Clause DD.4 are not intended to replace any requirements in Annex BB, but are intended to clarify several aspects behind the requirements in that annex, and how to proceed when numerical modelling is used for safety verifications. Models are by necessity simplified and small details are left out, for several practical reasons and to reduce the computation time. **Scenarios** should be validated against the actual physical equipment. Bearing this in mind, it should be observed:

- that the magnetic field energy density is lower than that of the electric field, in a **scenario** representing significant **electric nearfield emission**;
- the possibility of semi-resonant or resonant whole body phenomena, causing i) ankle currents, ii) a significant electric field above the head;
- that there is very little SAR in the hand in the very high external electric field, due to this being perpendicular to the hand/finger surface (by the D vector continuity and the high equivalent dielectric loss factor ε'' of the tissues);
- that there are shielding and other induced current effects caused by a whole body, so that measurements with no operator are shown to be preferred;
- that there is a relevance of the 61 Vm^{-1} limit for propagating waves (the arm case; see Table DD.1), but that such SAR values cannot be achieved by **electric nearfields** alone; a relaxation for those is thus relevant;
- that 100 MHz is not more hazardous than 30 MHz, at the same external E field intensities for the same type of equipment.

DD.4.3 Modelling scenarios

Figure DD.1 shows the overall **scenario** and a detail, from the FDTD software editor (QWED, 2019)³. The operating frequency is 30 MHz and the human model has a homogeneous permittivity corresponding to that of muscle tissue ($\varepsilon' = 66$ and $\sigma = 0,6 \text{ Sm}^{-1}$ (the latter corresponding to $\varepsilon'' \approx 360$ at this frequency); the plane wave penetration depth of propagation becomes about 130 mm). The overall height is about 1,8 m, standing on the earthed floor with the nearest part of the torso 400 mm from the table front. The left wall, the generator box and the table are also earthed; all other **scenario** limits are transparent. Energy is fed from the generator box to a 100 mm diameter metal rod which is connected to an anvil-shaped metal block contacting the **workload** (red in the right Figure DD.1; yellow in the left Figure DD.1). The metal block is fixed by a lossless dielectric support (blue). The load thickness is 4 mm, its permittivity ε' is 2, its conductivity σ is $5 \times 10^{-4} \text{ Sm}^{-1}$ and its total contact area is $20 \text{ mm} \times 225 \text{ mm}$. This results in a resistance of $1,78 \text{ k}\Omega$ and a capacitance of 10 pF , i.e. $-j5,3 \text{ k}\Omega$. Supposing the specific heat capacity to be $1 \text{ Ws/cm}^3\text{K}^{-1}$, heating this volume of 18 cm^3 with 18 Ws will result in a temperature rise of 1 K ; 3.6 kW over 1 s will result in 200 K provided the conductivity is temperature-independent. The voltage U over the load when subjected to

³ QuickWave FDTD software by QWED Sp. z. o. o. (www.qwed.eu) is an example of a suitable numerical modelling software available commercially. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of this product. All colour figures in Annex DD were obtained by this software.

3,6 kW is calculated from $U^2/1,78k = 3,6k$ and becomes about 2,5 kV. The total current includes the reactive part by the parallel capacitance and becomes 1,5 A.

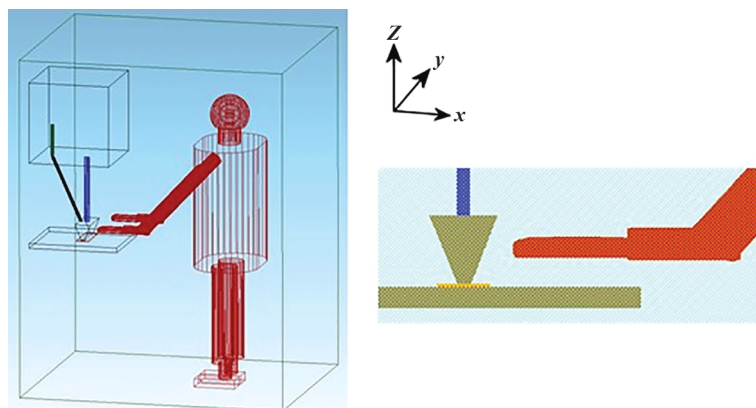


Figure DD.1 – The overall complete scenario (left) with details

The detailed left image in Figure DD.1 shows the wrist and hand close to the table. The hand is 35 mm above the earthed table and the fingertips are about 40 mm from the energised electrode. It is to be noted that the **scenario** is extreme, but intended to quantify as many onerous factors as possible.

The two comparative **scenarios** are the body with no arms, wrists and hands, and with no body.

Most of the numerical modelling results are at 30 MHz. Cases with 100 MHz are dealt with in DD.4.8.

DD.4.4 External E and H field patterns and coupling phenomena

The overall fields are shown in Figure DD.2 with the complete body, the body without arms, and without body, in the main case of interest which is the y plane through the hand near the table.

The relative E and H field amplitudes as shown are normalised so that $|E|/|H| = 1$ corresponds to equal electric and magnetic energy density, i.e. the real quotient η_0 , the impedance of a propagating TEM wave in free space.

Comparing and taking data from the two top rows (E fields) in Figure DD.2 it is seen that the normalised H field is weaker than the E field. As examples at the half height between the table and generator box: at 200 mm distance in the x direction from the table end the $|E|/|H|$ is 2,2. At 300 mm, it is 3,2. The E field energy density is thus quite dominant over that of the B field, so the conditions for **dielectric heating and processing** are fulfilled.

Figure DD.3 shows some fields as quiver vector plots. Two main characteristics are seen in the top row (E fields):

- the tendency of the field vector to be perpendicular to all metal parts as well as the body-parts;
- the concentration at the protruding table edge.

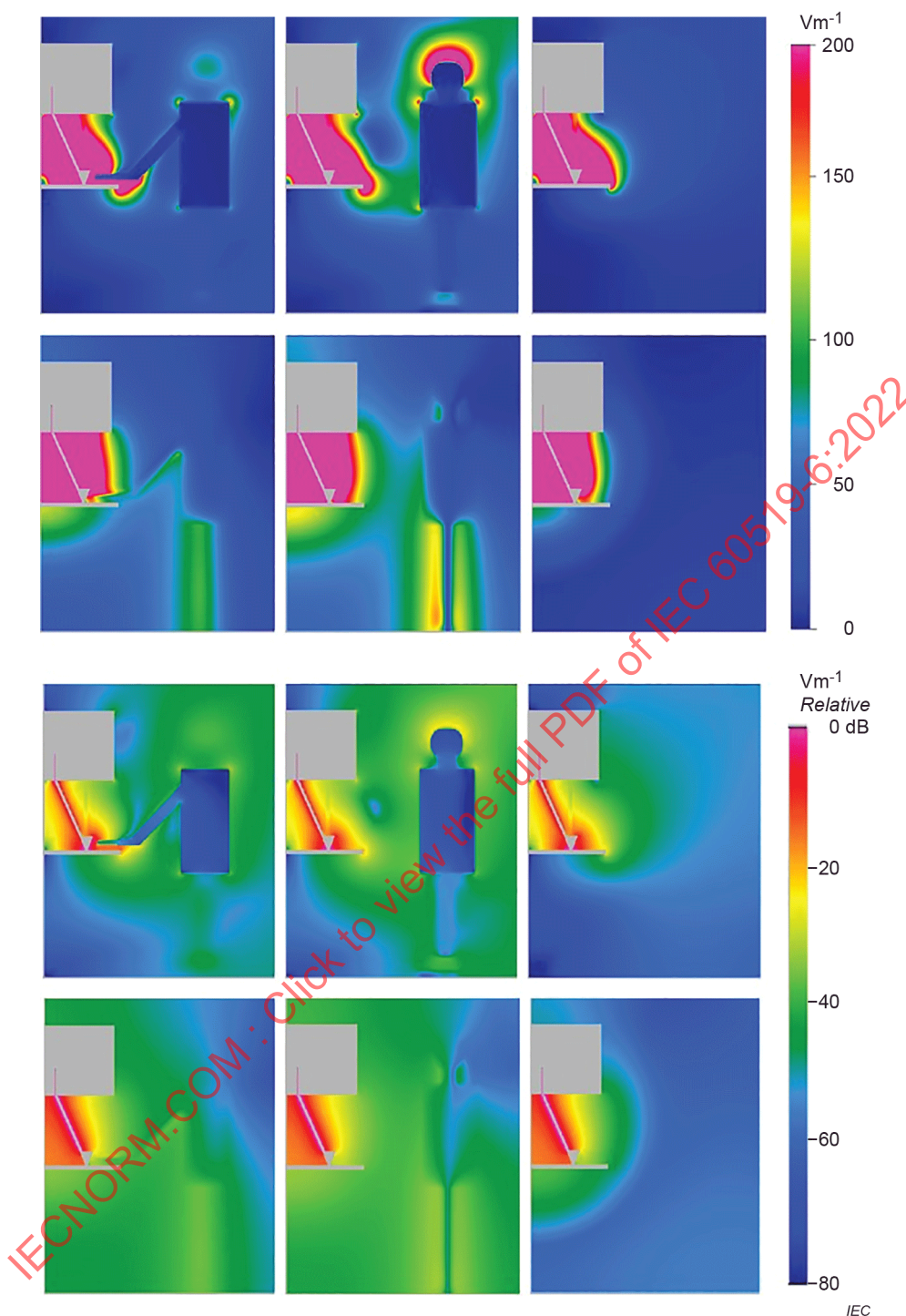
The first phenomenon results from the high effective permittivity, in practise shorting out the surface-parallel E field component.

Both phenomena are consequences of the induced electrostatic charge redistribution effect, by which equal charges repel each other and therefore become concentrated at the surface, where they are surrounded by the fewest number of charges. This is even more so at a tip, resulting in a higher charge density the sharper the tip (the tip effect).

All field patterns change with the body-part present, by the E field inducing currents in body-parts. This is seen in particular in the mid images in the lower rows (H field) in Figure DD.2, but above all in the H field quiver plots in the lower left image in Figure DD.3.

Clearly, the external E field induces fields and currents in the body, whereas the E-inducing B field coupling is weak and instead a consequence of the induced body current. The H field just indicates the existence of a main vertical current in the body.

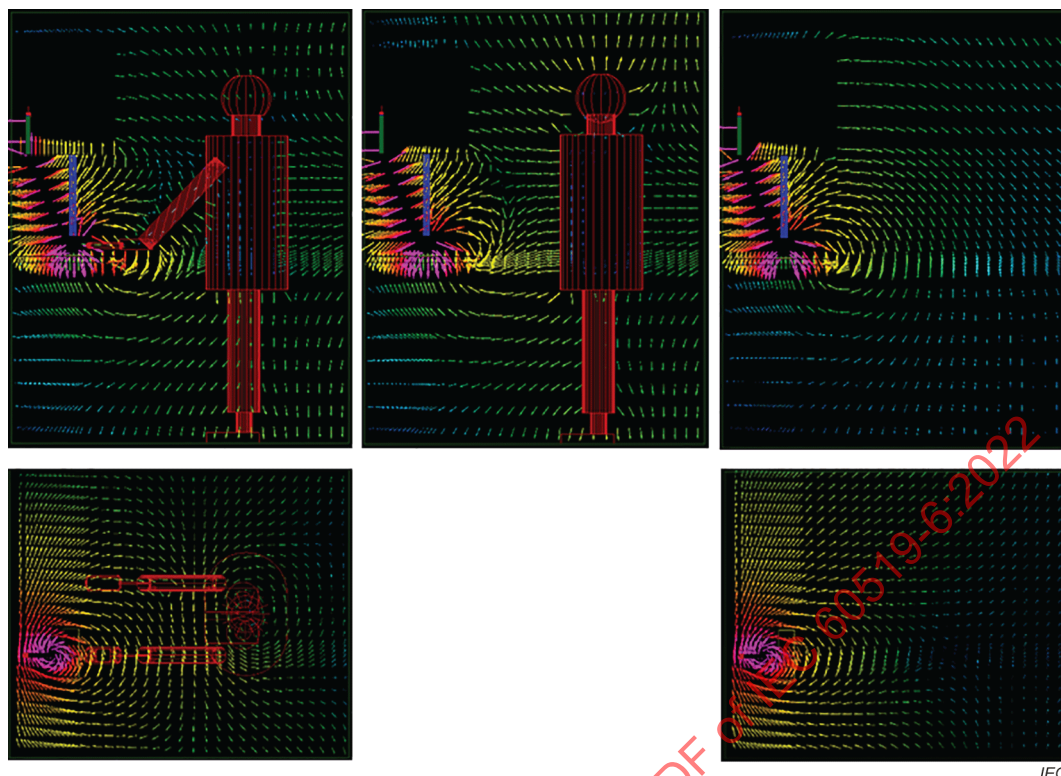
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022



First top row in both groups is the E field in the complete scenario as in Figure DD.1 (left); a scenario with a centred body without arms (mid); a scenario with no body (right). Second row in each group are the corresponding H fields. All images are in the central y plane. The scaling of the E and H fields are normalised to equal energy density, i.e. $|E|/|H| = 377 \, \Omega$, throughout.

NOTE The linear scale shows the maximum E values in relation to the image colours. The RMS values are thus 1,4 times lower, so magenta represents $140 \, \text{Vm}^{-1}$ RMS.

**Figure DD.2 – Field maxima with linear scaling (six top images)
and decibel scaling (six bottom images)**



Top row: E field in the complete scenario as in Figure DD.1 (left); a scenario with only a centred body (mid); a scenario with no body (right), all in the same central y place as in Figure DD.2. Second row images show the corresponding H fields, in the mid z plane between the table and HF generator cabinet.

Figure DD.3 – Quiver plots of momentary total fields at the same time phase

The E field concentration above the head is shown in particular in the middle E field images in Figure DD.2 and Figure DD.3 and is mainly due to the partial build-up of a quarterwave whole body resonance.

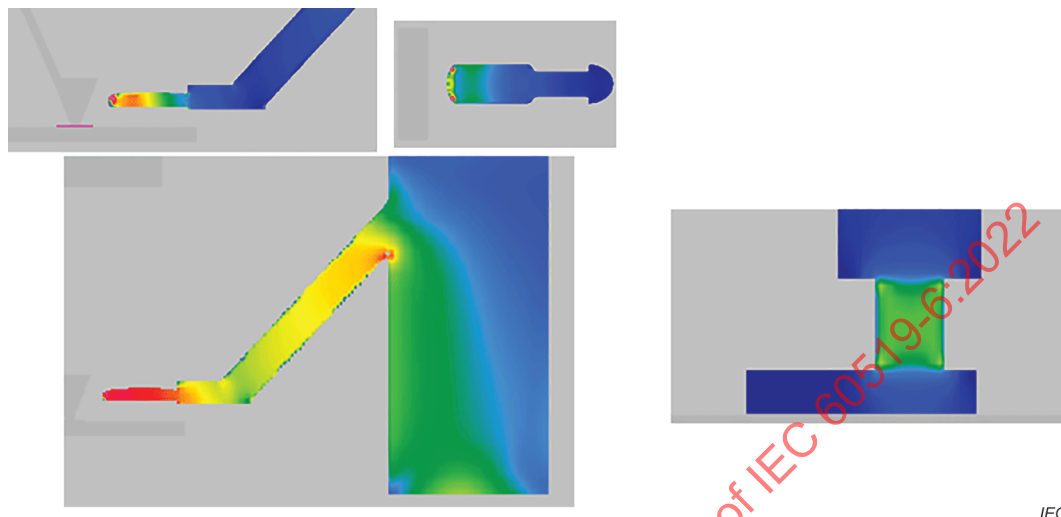
DD.4.5 Absolute E field values in relation to internal power densities (SAR)

The example data in the following are based on modelling runs with the same non-resonant source power and impedance. The resulting field and power density patterns are invariant with the source characteristics. In real industrial **dielectric heating and processing** systems there is a need to compensate for the capacitively reactive **load** by inductor matching in order to obtain a purely resistive loading of the generator.

The numerically obtained E field scaling values are shown in Figure DD.2 in the right image, and apply for the E values only. The linear value at the border to magenta is 140 Vm^{-1} RMS. Values are relative in the decibel scaling and intended to show the field decay in the **scenario**. In the decibel scaling, 10 dB difference is thus a linear E field intensity quotient of 10 and a SAR quotient of 100. Some characteristic power density patterns are shown in Figure DD.4. They are all shown for the complete scenario in Figure DD.1. The maximum power density in the two top images of the hand (from the side and from above) is 180 Wm^{-3} , corresponding to a SAR value of about $0,18 \text{ Wkg}^{-1}$; the result is $0,31 \text{ Wkg}^{-1}$ in the small volume of the finger tips. The armpit value averaged over 10 cm^3 , seen in the lower left image in Figure DD.4 (in dB scaling) is 50 Wm^{-3} (SAR is approximately $0,05 \text{ Wkg}^{-1}$). The maximum power density in the ankle (right image in Figure DD.4) is 480 Wm^{-3} (SAR of approximately $0,55 \text{ Wkg}^{-1}$). The ankle power density with the scenario without arms is about twice this; 720 Wm^{-3} (SAR of approximately $0,72 \text{ Wkg}^{-1}$).

These values are now compared with the E values obtained from the modelling:

- the maximum E value at a distance greater than 150 mm from the nearest accessible part of the equipment with the body including the arms and hands is 250 Vm^{-1} RMS, above the anvil; it is 750 Vm^{-1} RMS just below the hand and $2,5 \text{ kVm}^{-1}$ RMS between the hand and anvil.



See text in DD.4.5 for the scaling.

Figure DD.4 – Power density patterns in the body-parts receiving the highest exposure values

If there is a protection by a **barrier** presenting minimal obstruction to access, the value would be about 120 Vm^{-1} RMS.

- the maximum E value at $>150 \text{ mm}$ distance from the nearest accessible part of the equipment with the centred body without the arms and hands is 275 Vm^{-1} RMS, above the anvil; were this to be protected by a **barrier** presenting minimal obstruction to access, the value would be reduced to 100 Vm^{-1} RMS
- the maximum E value at $>150 \text{ mm}$ distance from the nearest accessible part of the equipment without the body present is 275 Vm^{-1} RMS, above the anvil; if this were to be protected by a **barrier** presenting minimal obstruction to access, the value would be 135 Vm^{-1} RMS
- The E field between the fingertips and the anvil is about $3\,060 \text{ Vm}^{-1}$ RMS, and between the hand and the table about 780 Vm^{-1} . The $3\,060 \text{ Vm}^{-1}$ RMS corresponds to about 120 V RMS over the 40 mm airgap.

DD.4.6 Discussion – induced currents

With the complete body (lower left image in Figure DD.3), the encircling H field is clearly visible and is caused by the induced E field causing a z-directed (i.e. vertical) current. This becomes weaker with the arm, wrist and hand alone. There is no circulating H field in the torso position as seen in the lower right image. The overall phenomenon is perhaps most clearly seen when comparing the three linear H field images in the second row of Figure DD.2, and also the two top linear E field images in the same figure. The reason for the induced leg current to be weaker in the case without arms (almost by a factor 2, as evidenced by a SAR comparison) is that a significant current in the arm is created by the hand presence in the strong E field close to the anvil, and this current then spreads out both upwards and downwards in the torso and legs, partially neutralising the quarterwave resonant phenomenon which is created more efficiently when there are no arms on the torso so that a more homogeneous E field hits it.

The vertical current is evidenced by the current density in the ankle; see Figure DD.4. Since the body is earthed, the total current is largest at the ground and concentrated by the smaller diameter of the ankle, which is 80 mm circular. The SAR value obtained from the modelling was $3,9 \times 10^{-7} \text{ W/mm}^3 \approx 0,55 \text{ Wkg}^{-1}$. The H value maximum at a radius $R = 78 \text{ mm}$ from the ankle axes was $0,364 \text{ Am}^{-1} \text{ RMS}$. The latter value gives a current I of 0,178 A RMS in each ankle, by use of the formula $I = H \cdot 2\pi R$. Using the SAR value with the formula for power density ($p = i^2/\sigma$, where i is the current density in Am^{-2}) and in the ankle cross sectional diameter of 80 mm, one obtains 0,167 A RMS, which is consistent with the value calculated from the surrounding magnetic field, i.e. what a clamp amperemeter would give.

DD.4.7 Discussion – low SAR value in the hand in the extremely high E field

The reason for the low SAR in the hand in relation to the very high E local external field intensity is that the quasistatic perpendicular E field amplitude is weakened by an approximate factor $|\epsilon|$ inside, with the complex $\epsilon = 66 - j360$ ($\sigma = 2\pi f\epsilon''\epsilon_0$).

In practice and as shown in IEC TS 62997:2017, B fields couple best to a dielectric object when parallel to the axis of an object. That is not the case here, as shown in the lower left image in Figure DD.3.

Instead, the H field encircling the torso is a result of the induced z-directed (i.e vertical) current in the torso, as also demonstrated by the same image.

DD.4.8 Discussion – relationships between external E and SAR values at 30 MHz

The maximum SAR value in DD.4.5 is about $0,72 \text{ Wkg}^{-1}$, in the ankle with the **scenario** without arms. The second highest is $0,55 \text{ Wkg}^{-1}$ in the complete **scenario** with arms and the hand very close to the anvil. It is about $0,2 \text{ Wkg}^{-1}$ in the finger and approximately $0,05 \text{ Wkg}^{-1}$ in the armpit.

This is to be compared with the maximum E values at $> 150 \text{ mm}$, without the **barrier**: $300 \text{ Vm}^{-1} \text{ RMS}$ in the case with no body present. The maximum value with the **barrier** is $135 \text{ Vm}^{-1} \text{ RMS}$, again in the case without the body presence.

Safety factors are not quantified by ICNIRP or in IEEE/ANSI C95.1:2019, but can be considered to be based on the specified maximum SAR values given in DD.2.1, which are universally applied. The safety factors are thus incorporated into the E field exposure limit of 61 Vm^{-1} as specified in a large part of the frequency band dealt with in this document. Recalculating the ankle maximum SAR value $0,72 \text{ Wkg}^{-1}$ to 20 Wkg^{-1} and also using the obtained “with barrier” E value 135 Vm^{-1} one gets a maximum E value of about 700 Vm^{-1} on which a safety factor should be applied.

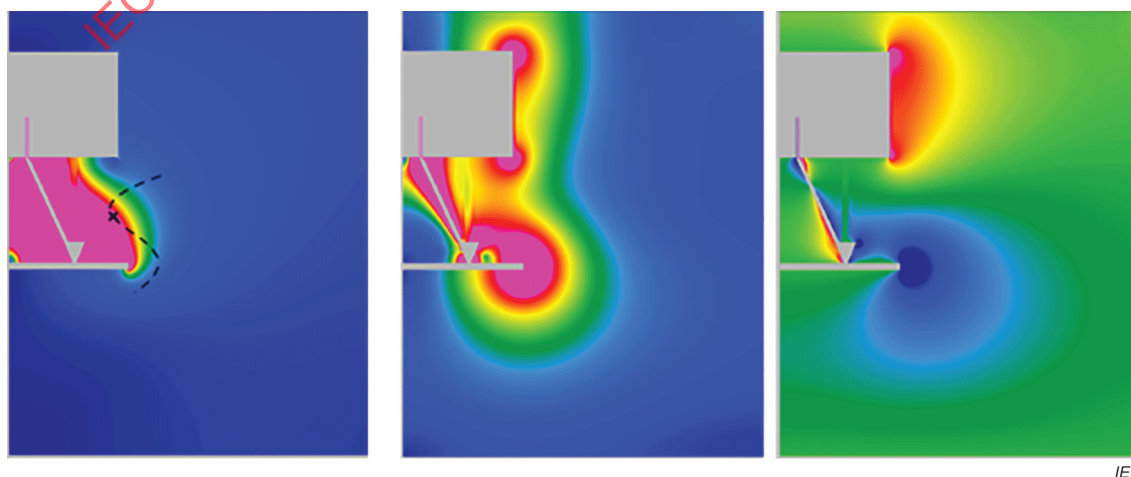


Figure DD.5 – E field comparisons 30/100 MHz, and 100 MHz field polarisation

DD.4.9 Comparative E nearfield absorption for other frequencies up to 100 MHz

The left image in Figure DD.5 shows the field at the mid y plane and with no body present, at 30 MHz. The value at the cross is 275 Vm^{-1} RMS. The middle image in Figure DD.5 shows the same as the left image, but now at 100 MHz. The highest E field value is now to the right of the table, and 370 Vm^{-1} RMS at 150 mm distance. The reason for the higher value is that a weak but significant equipment resonance effect occurs; see the right image in Figure DD.5 which shows the maximum momentary x-directed $\pm E$ field in the x direction; magenta = max. positive, green = 0, darkest blue = max negative. The free space wavelength is now 3 metres, so field phase relationships in the feed region are now of some importance and create a resonance effect in the body.

Figure DD.6 shows the SAR maxima in the scenario with only the body, at 100 MHz. The maximum $0,43 \text{ Wkg}^{-1}$ is now in the neck, and the ankle value is $0,21 \text{ Wkg}^{-1}$. Recalculating the former value to 20 Wkg^{-1} using the 370 Vm^{-1} RMS value, the corresponding E value becomes about $2\,500 \text{ Vm}^{-1}$ RMS. The power coupling efficiency is thus more than twice as strong at 30 MHz as at 100 MHz.

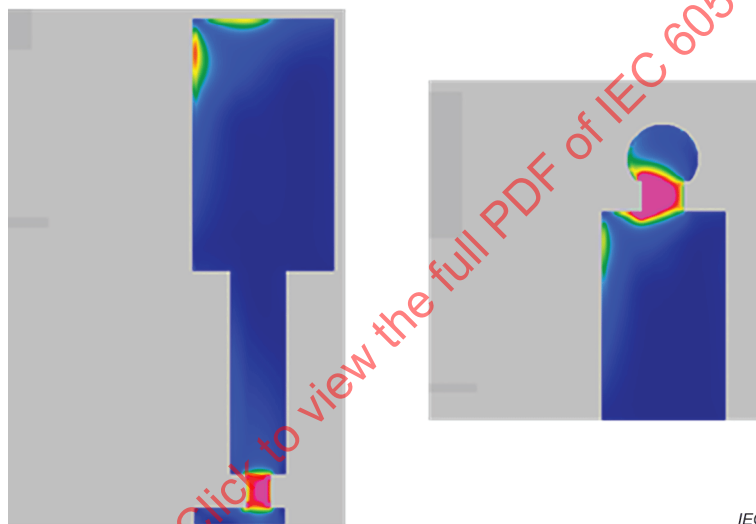


Figure DD.6 – SAR maxima at 100 MHz in the scenario with only the body present

There is also another factor which modifies the power coupling at 100 MHz, in addition to the weaker resonance effect. This is due to the loss factor ϵ'' decreasing with increased frequency, even with the same chosen dielectric properties of the tissue at 30 MHz and 100 MHz ($\epsilon' = 66$ and $\sigma = 0,6 \text{ Sm}^{-1}$, the latter corresponding to ϵ'' of approximately 360). The reduction in that case is by a factor 3,3, resulting in a lower effective permittivity ϵ and by that a higher E field absorption capability and also a deterioration of the whole body resonance conditions, as well a spreading-out of the SAR pattern. In reality, the difference becomes larger, using tabulated data of tissue complex permittivities. Numerical modelling of the body-only scenario at 70 MHz indicates that recalculation to 20 Wkg^{-1} results in about $1\,500 \text{ Vm}^{-1}$ RMS, again with the maximum E field intensity being at the table end as shown in the mid image in Figure DD.5.

The same principle as for increased frequency of course applies also for decreased frequency. This is also evidenced by the increase of the allowed E field exposure values for frequencies below 30 MHz; see the IEEE/ANSI C95.1:2019 data in DD.2.1.

DD.4.10 Modelling under plane wave propagation conditions

As stated earlier, the exposure limits in existing standards and directives are based on propagating waves towards the human body or body-parts. Such conditions are very different from those for **dielectric heating and processing nearfields**.

Free space plane wave perpendicular irradiation of a flat half-space is worse than E-dominated nearfields. As an example at 100 MHz, an irradiation corresponding to 61 Vm^{-1} RMS and thus a power flux density of the same tissue type as in the previous examples ($\epsilon' = 66$ and $\sigma = 0,6 \text{ Sm}^{-1}$) gives 130 mW/kg . Equally irradiated fatty tissue at 100 MHz ($\epsilon' = 5,7$ and $\sigma = 0,03 \text{ Sm}^{-1}$) gives about half of this. The former (muscle) value recalculated to 20 Wkg^{-1} gives 750 Vm^{-1} RMS.

Free-space plane wave perpendicular irradiation of a long cylindrical object with the E field axially directed can produce resonant amplification of the power density. Again, using the muscle value at 30 MHz ($\epsilon' = 66$ and $\sigma = 0,6 \text{ Sm}^{-1}$) gives the results in Table DD.1, which shows the power density dp/dV in W/dm^3 ($\approx \text{Wkg}^{-1}$) at 61 Vm^{-1} incident E field strength, and the E field strength recalculated for 20 Wkg^{-1} . It is seen that there is a maximum around 20 mm diameter. This is consistent with the special cylindrical TM_{00} dielectric resonance, for which the approximate resonant diameter is linearly frequency-dependent. This diameter becomes approximately $4900/f \cdot \exp(3,02 - 0,589 \cdot \log \epsilon')$, in mm for a lossless cylinder, with f in MHz. A correction has then to be made for the conductivity, by multiplication by $\cos^2 \delta$ where $\tan \delta$ is ϵ''/ϵ' and $\epsilon'' = \sigma/(2\pi f \epsilon_0)$ – theoretically resulting in about 25 mm resonant diameter in this 100 MHz case.

Table DD.1 – Maximum power densities in circularly cylindrical muscle objects irradiated by 100 MHz plane waves with the E field parallel to the axis

Cylinder diameter in (mm)	dp/dV (W/dm^3) at incident E = 61 Vm^{-1}	Incident E in Vm^{-1} RMS re-calculated to 20 W/dm^3
20	1,56	220
30	0,97	275
50	0,44	410
70	0,27	525
150	0,16	680
250	0,12	800
∞ (plane)	0,13	760

DD.5 Conclusions

DD.5.1 Distance between accessible metal parts and the E field probe

- Due to the electrostatic tip effect, measurements close to protruding parts and tips do not provide relevant data. A distance of 150 mm from the nearest accessible part of the equipment is realistic and is essentially frequency-independent up to at least 100 MHz (3 m wavelength) under **electric nearfield** conditions complying with Clause BB.4.
- The influence on the maximum external E field by the presence of a body (including arms, wrists and hands) is typically such that a shielding occurs, as seen by comparing the various images in this annex.
- The whole body resonant effects are somewhat stronger with no arms/hands in the vicinity of the E field source.
- The SAR in a body-part in a very high local external E field will be low, due to the high quasistatic weakening factor of the external fields becoming perpendicular to the body-part.

As a consequence of the above, E field measurements without the operator being present are considered sufficient.

DD.5.2 The magnetic field and bodycurrent measurements

- It is shown in this annex, and also in practice with existing types of equipment for **dielectric heating and processing**, that the energy density of the magnetic fields is invariably weaker than that of the electric fields, and that the actual coupling to body-parts is dominated by the electric field
- The electric field coupling results in body-part currents, in turn being accompanied by magnetic fields. The latter are thus mainly a secondary effect of the induced E fields in the body.
- As shown in this annex, the SAR in the ankles of earthed persons is typically the highest in the body, also with hands and arms very close to the E field source.

As a consequence of the above, body-part currents are most important to measure, then with the E fields rather than the B fields, with **dielectric heating and processing** equipment.

DD.5.3 The highest SAR and ankle current values

It is shown in DD.4.5 that ankle SAR is crucial in the **scenario** without arms. The maximum SAR in other body-parts is ten times or more smaller, except in the hand in the extreme **scenario** with arms and the hand very close to the anvil electrode.

The ankle SAR is compared with the ankle current in DD.4.6, a SAR value $0,55 \text{ Wkg}^{-1}$ corresponds to about 170 mA RMS ankle current. The real, localised SAR in the ankle can certainly be up to three times higher, due to the current concentration in the muscles, as opposed to tendon and bone tissue having a lower electrical conductivity. However, comparisons with the **basic restriction** 20 Wkg^{-1} and the maximum body-part stationary current 100 mA in Clause BB.5 clearly shows that the latter is the dominating limiting factor, with a satisfactory safety factor.

DD.5.4 E fields from dielectric heating and processing equipment compared to plane wave irradiation

The free space wavelengths in the **processing frequency** band up to 100 MHz ($\lambda_0 = 3 \text{ m}$) is such that **electric nearfields** dominate over any propagating wave fields. The electric nearfield coupling to body-parts is very different from that of the coupling to plane wave irradiation. Only at distances comparable with λ_0 can the propagating fields dominate, but these are then substantially weakened by the distance effect from a small source.

As shown in DD.4.9, there can be efficient coupling effects from plane wave fields to body-parts. A particular effect occurs for certain combinations of frequency and diameter of e.g. arms, and depends on the dielectric properties, the frequency and the field polarisation in relation to the body-part axis. Interestingly, the lowest E field intensity for obtaining 20 Wkg^{-1} is 220 Vm^{-1} at 100 MHz. For **dielectric heating and processing**, the corresponding worst data is about 700 Vm^{-1} at 30 MHz, $1\,500 \text{ Vm}^{-1}$ at 70 MHz and $2\,500 \text{ Vm}^{-1}$ at 100 MHz. The plane wave case E field intensity thus causes about a hundred times higher SAR than **electric nearfields** at 100 MHz, and this quotient remains for lower frequencies.

Annex EE (informative)

Rationales for the microwave barrier and associated microwave leakage tests

EE.1 Standard measurement of microwave emission

There are several commercial instruments on the market. Those that perform sufficiently well for the purpose have a small, reasonably isotropic (omnidirectional) sensor at the end of a plastic rod. The sensor reacts to the electric field only. There is also a non-disturbing sensor spacer, which is used to determine a 50 mm minimum distance between the sensor and any part of the microwave equipment or installation, as specified in the standard. Testing of instruments include calibration in the far-field (the inaccuracy is allowed to be about $\pm 20\%$), and also one or two tests intended to show that the sensor is “electrically small” so that it does not itself cause interference (standing waves) to objects nearby.

The scale on microwave leakage instruments is not in the same units as those which are actually measured (Vm^{-1}) but instead in Wm^{-2} (or mW/cm^2). The conversion is correct only in the free space plane wave case, where the wave impedance is $377\ \Omega$ and there is unidirectional propagation. Since a standing wave is the sum of two waves propagating in different directions, and the probe is not direction sensitive, the field impedance then becomes smaller or larger than $377\ \Omega$, so that the instrument reading becomes erroneous. Erroneous readings are also obtained in strongly curved nearfields and with the probe in a waveguide or similar where there is a single or multiple mode (having a different impedance).

The minimum 50 mm distance between the instrument sensor and any accessible part of the appliance was specified almost 50 years ago when the first microwave oven leakage standard was created. The major reasons were that it was found desirable to use the same type of instruments which were used for far-field exposure measurements, and that it was concluded that an electric field sensor instrument would not indicate a proper value for determining the outgoing power flux density if the probe was located a) where the field curvature was very significant (in comparison with the wavelength), b) in the presence of any standing waves near the sensor. A reasonable compromise with the need to measure emission (i.e. in the source region, so that the “leaking spot” could be found) was found to be 50 mm for the 2 450 MHz ISM band. Even so, it was noted in the instrument literature at the time that the same 50 mm distance would be less appropriate for the lower ISM band at 915 MHz, the matter was not considered so problematic that it was necessary to modify the specification.

The historical reason for the choice of the maximum allowed level of $50\ \text{Wm}^{-2}$ ($= 5\ \text{mW/cm}^2$) was the result of an existing regulation on free space power flux density of up to $100\ \text{Wm}^{-2}$ being acceptable in commercial and industrial environments, plus considerations of a possibility of two or more microwave ovens or generators being located close to each other. Later, when household microwave ovens came onto the market, the nature of door leakage was found to typically be from only a few leaking spots, so that the power flux density decreased almost quadratically with the distance away from these. There was no reason why the user would remain very near the closed door of an operating oven, and widely publicised investigations showed that the actual exposure of any part of the human body becomes very low, particularly in consideration of a reasonable averaging time of 5 min to 10 min for hazard assessment. As a result, the $50\ \text{Wm}^{-2}$ limit was applied to household microwave ovens as well as industrial installations.

At the beginning of the 1970's, the US authorities responsible for radiation safety found some quality problems with some microwave oven models, and introduced a $10\ \text{Wm}^{-2}$ “factory limit” for new unused ovens, in order to dampen any public concerns. Only one or two other countries followed.

In the meantime, the IEC Subcommittee 61B (Safety of microwave ovens) oven safety standard IEC 60335-2-25:2020 and IEC 60335-2-90:2015 was successively developed and the value 50 Wm^{-2} became the worldwide limit after all tests. TC 27 followed, with the same limit. In the 1980's, leakage measurements at covers for lamp replacement was dealt with by SC 61B. The hole array in the cavity wall, at the lamp, can of course leak microwaves. The size of the cover may be such that the 50 mm distance to the nearest appliance part can also be maintained with the sensor almost inside the external housing from which the cover has been removed. A case had been reported where the instrument reading was quite high in this condition, but there was a very low reading with the whole housing removed. The reason for the high reading was that a standing wave had been created inside the housing. There was an electric field but no real leakage since the standing wave is the sum of an outwards- and inwards-going wave and may have no net power flux. In addition, if a finger were to be put into the opening, the standing wave would disappear and only the real leakage becomes the possible hazard. SC 61B added a statement to the standard to the effect that the instrument sensor should not be closer to the opening plane than 50 mm, i.e. the region inside the cover should not be considered accessible with regard to the leakage measurement. The same principle is adhered to in this document.

EE.2 Microwave hazards – SAR basic restriction

The specifications are given in DD.2.1. These values apply for microwave frequencies up to 10 GHz, with averaging over any 6 minutes. As will be discussed below, a shorter integration time has been already specified in the earlier editions of this document, and is also used in this edition.

EE.3 Microwave hazard evaluation – free space exposure method

For all practical exposure situations (except from communication devices such as mobile phones for which a total source maximum power concept may apply), two simplified verification methods are used in industry and for protection of microwave workers and the general public: a maximum allowed far-field power flux density far away from the source, and an emission standard for appliances such as microwave ovens and industrial microwave equipment.

The question is now whether the relaxation of SAR values for parts of the body, in combination with the integration volume, are compatible with the free space exposure method.

When parts of the human body having a small radius of curvature are heated, diffraction, resonant and other focussing or amplification phenomena may occur. In the case of the frequencies about 915 MHz and 2 450 MHz, the internal wavelengths in tissues as well as the penetration depth limitation result in only fingers being of major interest. In principle, also bent knuckles and elbows could create focussing effects, but fingers are definitely much more problematic with regard to the effects discussed here. It is not assumed that other protruding parts of the body such as the nose, ears or penis are brought very close to microwave leakage sources in microwave heating equipment.

The following modelling results indicate the degree of compatibility between the basic restriction and the free space exposure method:

Numerical modelling using commercially available electromagnetic software was used. A finger with 13 mm diameter and typical dielectric data (homogeneous, with the complex permittivity $\varepsilon = 40 - j10$, where the loss factor $\varepsilon''(10)$ is lowered in consideration of bone and tendons) was exposed to 10 Wm^{-2} in free space. The strongest absorption occurred for TMz polarisation (i.e. with the impinging electric field parallel to the finger axis) and the mode in the finger then becomes of the TMz₁ type, having two opposite axial zones of maximum heating intensity. The maximum power intensity becomes 5 W/dm^3 and the average over the worst 10 cm^3 (as specified for the **basic restriction**, but then per kg) becomes about $1,8 \text{ W/dm}^3$.

If the finger was to be exposed to a plane wave with a power flux density of 50 Wm^{-2} – i.e. that which is allowed from household and commercial microwave ovens, etc. – the maximum value would become 25 W/dm^3 and the 10 cm^3 integrated value would become 9 W/dm^3 .

The conclusions are the following:

- The ordinary person **basic restriction** is exceeded. However, ordinary persons are with today's standards only exposed to microwave ovens with a door, where the leakage source is so small that the high intensity is over a significantly smaller volume of the finger. Additionally, there is no reason to keep the hand near the closed door of an operating microwave oven. Actually, there are numerous reports from experimental investigations in the 1970's which clearly indicate that the averaged exposure level over several minutes is 10 to 100 times lower than 10 Wm^{-2} . Hence, the actual absorption is within the SAR limit.
- The instructed person **basic restriction** in industry is about the same as the actual SAR value. However, the actual situation with an operator occupied with load removal at the port of continuously operating conveyorised microwave equipment for long periods is more onerous than with a microwave oven with a door, but the working hand can typically not be near the opening more than about half the time. An additional aggravating factor is that the tunnel opening is larger than an oven door as a leakage source, so that the region with a high microwave energy density may extend further out than from an oven door. Hence, the construction of the tunnel end regions as well as the measurement method are intended to ensure that SAR values in the human finger equal to that at 50 Wm^{-2} far field exposure are not exceeded.
- The operating conditions of the conveyorised microwave equipment shall be such that any higher than average leakage levels do not occur. However, parts of a tunnel microwave oven can be operated empty with the operator still removing loads. Hence, a temporarily higher value can then be accepted, provided the integrated energy is under control and below the emission limit.

EE.4 Microwave hazards from openings in cavities, and from exit and entrance ports

The actually absorbed microwave power in a part of the human body is always very dependent on the field configuration, and the field configuration at the body-part is also strongly modified by the part itself. This means that even knowledge about the true power flux density or the electric field intensity cannot be used to assess the actual microwave absorption rate – it becomes necessary to establish a more complete **scenario** before any calculations of the absorption can be made. Hence, the leakage intensity alone measured as a quasi-plane free space wave at 50 mm or more away from the source cannot alone determine the level of hazard. The actual hazard also depends on:

- any possibility of access into a region where there is microwave energy;
- the size of the opening, which may determine the type of field characteristics, or allow several kinds of microwave field characteristics;
- any objects, including a load to be heated or a part of the body in the opening, which may also determine the type of field characteristics.

The access situation is of course crucial and must be standardised in some ways so that reasonably simple and objective procedures and requirements can be established. Since only the arm, hand and finger are considered to be the parts of the body which may get in contact with or be inserted into openings in this kind of microwave equipment, two important issues can be directly quantified: all geometric factors; and as addressed above, those parts of the body which are less sensitive than for example the head.

An important principle is that a “hazard boundary” (called the **reference surface** in this document) is defined somewhere in the vicinity of the opening surface and that a leakage instrument reading of 50 W/m^{-2} is to apply for the tests. This means that it is then necessary to construct tests which will ensure, with reasonable certainty, that actual power densities (in Wm^{-3} or SAR values in Wkg^{-1}) in human fingers, hand or arm “contacting” the reference surface will not exceed those caused by a “normal” leakage source such as a microwave oven door region giving a power flux density reading of 50 Wm^{-2} at 50 mm distance from any part of the microwave equipment.

The field configuration then becomes the issue, i.e. how to obtain realistic measurement results with the same type of instruments as used for microwave ovens with a door. Clearly, there is a need for simplification and standardisation. In this document, a method of non-shielding **microwave barriers** is used.

EE.5 Time averaging

There are some integration specifications in the existing international standards, see e.g. IEEE/ANSI C95.1:2019.

A ceiling value of exposure of e.g. 250 Wm^{-2} and a 10 Wm^{-2} average may be interpreted as maximum $6 \times 60 / (250/10) = 14,4 \text{ s}$ isolated strong exposure being allowed during any 6 min interval.

The 6 min integration time is quite compatible with typical cases of irradiation of parts of the body having a radius of curvature larger than about one free space wavelength of 2 450 MHz microwaves. In such cases essentially a plane damped wave propagation can be assumed down to a depth of 30 mm to 40 mm in the tissue over which equilibration by heat conduction takes place. Using the heat conductivity data and the Fourier heat conduction equation then results in a time constant of about 5 min, i.e. about 63 % of the stationary conditions have occurred. A useful comparison is with boiling of an egg in water: it takes about 5 min for the centre to reach a temperature of about 65°C .

The most onerous heating pattern in a finger of 13 mm diameter under plane wave 2 450 MHz irradiation is uneven, with about 5 mm distance between the hot and cold areas. It can be shown that the overall microwave coupling is strongest for a finger diameter of about 16 mm diameter. The corresponding distance between hot and cold areas then becomes 7 mm or less. The corresponding dimension becomes about three times larger at 915 MHz, possibly resulting in local overheating in the hand and lower arm. A fairly pronounced local overheating by resonance effects may occur in fingers at 5 800 MHz. The sensations of heat may then be quite weak, since all the heat-sensing nerves are in the skin region.

The Fourier heat conduction equation is spatially quadratic. Using the boiling of a diameter 40 mm egg in 5 min having a distance between the cold and hot regions of 20 mm as a basis, a 7 mm distance would be similarly equilibrated in $(7/20)^2$ of $5 \times 60 \text{ s}$, i.e. about 35 s integration time is adequate.

However, there is another factor also to be considered: even a very localised heating rate should not be so high that there will be any risk of pain or harm during the time of integration. A suitable acceptable local temperature rise may be set to 5 K, in consideration of the fact that the skin area with heat-sensing nerves will be at least heated by conduction and that such a temperature rise under short term conditions will not cause any injury in the fingers. A normal person will feel and react to a temperature increase of the same order or less – about 3 K – within some very few seconds.

A homogeneous SAR value of 20 Wkg^{-1} (the **basic restriction** for fingers of an instructed person) will result in a temperature rise rate of about 0,5 K per minute.

Now suppose that only for example, the fingertip absorbs the power and the remainder of the 10 g absorbs no power. Such **scenarios** are actually not uncommon in the field and may occur, e.g. with the finger contacting damaged microwave oven seals and in some nearfield cases, for example at so-called "cut-off openings" (see the right column in Table 101). The volume of that part of the fingertip that absorbs microwaves is now set to $0,5 \text{ cm}^3$ (which is the volume of a hemisphere with diameter 12 mm). Using this in relation to the 10 cm^3 of the **basic restriction**, one obtains a 20 times faster "allowed" temperature rise rate of 10 K per minute. This will also mean that the person will feel the heating of the finger within 20 s. Since the equilibration by heat conduction has about the same time constant as above, one again arrives at about 30 s suitable integration time.

There is an extreme case of a fingertip touching a leaking narrow slot in a metal surface. The local SAR value becomes very dependent on the dryness of the skin. As an example, a fingertip of diameter 13 mm with 1 mm of dry skin is pressed against the centre of a 2 mm wide and 100 mm long slot, at 2 450 MHz. The slot has a leakage of 50 Wm^{-2} at 50 mm distance (i.e. the electric field strength is 137 Vm^{-1}) with no finger. The local SAR value then becomes about 30 Wkg^{-1} , over a volume 4 mm wide and 1,5 mm deep. This local value is in itself approximately within the **basic restriction**. If the finger is wet and the skin is thin, the local SAR value may be up to 50 times larger but the two small heated volumes contacting the slot sides are then only about 1 mm wide and deep. The thermal equilibration distance is now over only 2 mm, so the heat conduction now has now a time constant of $(2/20)^2 \times 5 \times 60 \text{ s} = 3 \text{ s}$. The local, thermally insulated heating rate could be up to 40 K per minute. However, heat conduction would result in a stationary temperature rise of less than about 3 K, which is also acceptable. Hence, there is no need to have a shorter integration time than about 30 s even in this most onerous case of high local SAR values in microwave cavity oven situations.

EE.6 Conclusions and modifications of the standards for ovens with a cavity door

The 6 min integration time specified in existing international standards is inadequate for the purposes, which were first investigated by SC 61B. A more realistic value would be 30 s. A slightly shorter time (20 s) is specified in the normative Clause CC.2. There may be case of open-ended microwave applicators intended for heating of a contacting load. Such applicators may cause almost instantaneous injury if contacted by any part of the body when in operation, and other provisions for safety shall be applied.

The existing emission standard for microwave ovens specifies an integration time of about 2 s for the measurement. This is for historical and practical rather than safety reasons. A typical household microwave oven has either a ceiling stirrer or a turntable, and with the specified circularly cylindrical **test load** the leakage variation periodicity will be comparable to or less than the specified integration time. Measurements are then correct and made easily and quickly with the present document.

Since conveyerised microwave heating equipment behaves quite differently and there is no reason to introduce limitations on construction which have no relevance to safety considerations, a period of 20 s integration for leakage measurements is suitable. However, the instrument integration time of 2 s to 3 s is maintained.

In addition, a ceiling value of 250 W/m^2 with an instrument integration time of 2 s to 3 s is introduced, to simplify instrument specifications and handling as well as the numerical integration in cases of highly variable leakage. Such strong variability may occur for example in microwave equipment with a protective device consisting of a built-in leakage monitor coupled to a cut-out.

Bibliography

The Bibliography of Part 1 is applicable with the following addition/modification.

Modification:

IEC 62311:2019, *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

Additions:

IEC 60335-2-25:2020, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-25: Particular requirements for household microwave ovens, including combination ovens*

IEC 60335-2-90:2015, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-90: Particular requirements for commercial microwave ovens*

IEC 60335-2-90:2015/AMD1:2019

IEC 60335-2-110:2013, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-110: Particular requirements for commercial microwave appliances with insertion or contacting applicators*

IEC 60335-2-110:2013/AMD1:2019

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

IEC 60601-2-2:2017, *Medical electrical equipment – Part 2-2: Particular requirements for the basic safety and essential performance of high frequency surgical equipment and high frequency surgical accessories*

IEC 61010-2-010:2019, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use – Part 2-010: Particular requirements for laboratory equipment for the heating of materials*

IEC 61307:2011, *Industrial microwave heating installations – Test methods for the determination of power output*

IEC 61308:2005, *High-frequency dielectric heating installations – Test methods for the determination of power output*

IEC TR 63167:2018, *Assessment of contact current related to human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields*

Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC Available at: [EUR-Lex – 32013L0035 – EN – EUR-Lex \(europa.eu\)](#) [viewed 2021-09-13]

ICNIRP-1998, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*

ICNIRP-2009, *Statement on the “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”*

Quickwave numerical FDTD modelling software, by QWED sp.o.o., 2019 (www.qwed.eu) [viewed 2021-09-13]

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	71
INTRODUCTION.....	74
1 Domaine d'application	75
2 Références normatives	76
3 Termes et définitions	76
3.1 Concepts généraux	76
3.2 Equipement et état de l'équipement	79
3.3 Pièces et accessoires	80
4 Classification et subdivision des équipements et des installations	81
4.1 Classification par fréquence de traitement	81
5 Appréciation du risque	81
6 Dispositions générales	81
7 Protection contre les dangers dus à un choc électrique	83
8 Protection contre les dangers dus aux champs électriques ou magnétiques	84
9 Protection contre les dangers dus aux rayonnements	88
10 Protection contre les dangers dus aux influences thermiques	90
11 Protection contre les dangers d'incendie.....	90
12 Protection contre les dangers dus aux fluides.....	90
13 Exigences spécifiques pour les composants et sous-ensembles	91
14 Commande de l'installation ou de l'équipement.....	91
15 Protection contre les dangers mécaniques.....	92
16 Protection contre les dangers dus à l'utilisation	92
17 CEM	92
18 Vérification et essais	92
19 Informations pour l'utilisation	92
Annexe A (normative) Liste des dangers significatifs	93
Annexe B (normative) Limites des courants de contact	94
Annexe C (normative) Rayonnements optiques non cohérents – Limites et classes de risque	95
Annexe D (normative) Champs électriques et magnétiques.....	96
Annexe E (normative) Limites de température de surface	97
Annexe F (normative) EH, EPM et incendie	98
Annexe G (normative) Marquage et avertissement.....	99
Annexe H (informative) Lignes directrices pour l'utilisation du présent document	100
Annexe I (informative) Liaison avec l'ISO 13577 (toutes les parties)	101
Annexe J (informative) Exigences spécifiques à l'UE et aux pays associés	102
Annexe AA (normative) Informations pour l'utilisation	103
AA.1 Généralités	103
AA.2 Etiquetage	103
Annexe BB (normative) Mesures et évaluations de l'émission de hautes fréquences et du courant de contact	106
BB.1 Généralités	106
BB.2 Conditions de fonctionnement de l'équipement pour les mesures.....	106

BB.3	Evaluation des caractéristiques des champs haute fréquence	106
BB.4	Champs électriques, champs magnétiques et courants de contact	107
BB.5	Valeurs limites, mise sous tension continue de la source de fréquence de traitement	108
BB.6	Valeurs limites, mise sous tension intermittente de la source de fréquence de traitement	108
BB.7	Assouplissement pour les fréquences de traitement inférieures ou égales à 41 MHz	109
BB.8	Classes de risque	109
BB.9	Instrumentation	109
Annexe CC (normative)	Mesures et évaluations de l'émission d'hyperfréquences	113
CC.1	Conditions de mesure	113
CC.2	Détails de la mesure	113
CC.3	Classes de risque	113
CC.4	Instrumentation	114
Annexe DD (informative)	Justifications des limites d'émission de hautes fréquences et mesures	118
DD.1	Effets biologiques des émissions de hautes fréquences comprises entre 3 MHz et 300 MHz	118
DD.2	Limites actuellement fixées pour la sécurité de l'opérateur	118
DD.3	Différences entre les concepts des normes citées et ceux du présent document	120
DD.4	Comportement de champ	120
DD.5	Conclusions	130
Annexe EE (informative)	Justifications des essais des barrières hyperfréquences et des fuites d'hyperfréquences associées	132
EE.1	Mesure type de l'émission d'hyperfréquences	132
EE.2	Dangers des hyperfréquences – restriction de base du DAS	133
EE.3	Evaluation des dangers des hyperfréquences – méthode d'exposition en espace libre	133
EE.4	Danger des hyperfréquences en provenance des ouvertures dans des cavités et des ports de sortie et d'entrée	134
EE.5	Moyennage dans le temps	135
EE.6	Conclusions et modifications des normes pour les fours équipés d'une porte de cavité	137
Bibliographie		138
Figure AA.1	Exemples de symboles et d'étiquettes d'avertissement	104
Figure AA.2	Etiquettes des applicateurs de hautes fréquences ouverts et des applicateurs d'hyperfréquences portatifs ou ouverts	104
Figure BB.1	Grande barrière haute fréquence pour un scénario qui comporte un équipement de chauffage transporté	111
Figure BB.2	Conditions relatives à un équipement de soudage de plastique à hautes fréquences	112
Figure CC.1	Grande barrière pour équipement de chauffage à hyperfréquences transporté	115
Figure CC.2	Petite barrière d'accès aux hyperfréquences pour équipement de chauffage à hyperfréquences transporté	116
Figure CC.3	Barrières hyperfréquences verticales seulement pour équipement de chauffage à hyperfréquences transporté	117
Figure DD.1	Scénario global complet (à gauche) avec détails	122

Figure DD.2 – Valeurs maximales des champs avec échelle linéaire (six images du haut) et échelle en décibels (six images du bas)	124
Figure DD.3 – Tracés quiver des champs totaux momentanés au même instant.....	125
Figure DD.4 – Motifs de densité de puissance dans les parties du corps qui reçoivent les valeurs d'exposition les plus élevées	126
Figure DD.5 – Comparaisons de champs E à 30/100 MHz et polarisation de champ à 100 MHz	128
Figure DD.6 – Valeurs maximales du DAS à 100 MHz dans le scénario où seul le corps est présent.....	129
Tableau 101 – Exigences relatives aux dimensions des barrières hautes fréquences/hyperfréquences	89
Tableau DD.1 – Densités de puissance maximales dans des objets musculaires cylindriques circulaires irradiés par des ondes planes de 100 MHz avec le champ E parallèle à l'axe	130

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS DESTINÉES
AU TRAITEMENT ÉLECTROTHERMIQUE ET ÉLECTROMAGNÉTIQUE –****Partie 6: Exigences particulières pour les équipements de chauffage
et de traitement diélectriques à hautes fréquences et à hyperfréquences**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60519-6 a été établie par le comité d'études 27 de l'IEC: Chauffage électrique industriel et traitement électromagnétique. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2011.

Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) la structure a été alignée sur l'IEC 60519-1:2020;
- b) le domaine d'application et l'objet ont été reformulés;
- c) les termes et définitions, les références normatives et la bibliographie ont été mis à jour et complétés;
- d) l'intégralité des exigences et du contenu de l'IEC 60519-6:2011 qui sont inclus dans l'IEC 60519-1:2020 ont été supprimés afin d'éviter une redondance des informations;
- e) les équipements à hautes fréquences qui étaient auparavant couverts par l'IEC 60519-9:2005 (annulée) ont été ajoutés. Cette édition constitue une extension aux équipements à hautes fréquences.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
27/1142/FDIS	27/1144/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60519, publiées sous le titre général *Sécurité dans les installations destinées au traitement électrothermique et électromagnétique*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Les articles de la présente Partie 6 de la série IEC 60519 (intitulée Exigences particulières) complètent ou modifient les articles correspondants de l'IEC 60519-1:2020 (*Exigences générales*), ci-après désignée Partie 1.

Dans la présente norme, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- exigences et définitions: caractères romains;
- NOTES: petits caractères romains;
- les termes définis à l'Article 3 du présent document et de la Partie 1 apparaissent en **gras** à partir de l'Article 1.

La présente partie de l'IEC 60519 doit être lue conjointement avec la Partie 1. Elle complète ou modifie les articles correspondants de la Partie 1. Lorsque le texte indique une "modification", une "addition" ou un "remplacement" de la disposition correspondante de la Partie 1, ces modifications doivent être apportées au texte correspondant de la Partie 1. Lorsqu'aucune modification n'est nécessaire, la phrase "L'article de la Partie 1 est applicable" est utilisée. Lorsqu'un paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas mentionné dans cette partie, ce paragraphe s'applique pour autant que cela soit raisonnable. Lorsqu'un paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas applicable, le terme "Vacant" est utilisé.

Les dispositions spécifiques complémentaires à celles de la Partie 1, données sous forme d'articles ou de paragraphes, sont numérotées à partir de 101.

NOTE Le système de numérotation suivant est utilisé:

- les paragraphes, tableaux et figures qui s'ajoutent à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 101;
- à l'exception de celles qui sont dans un nouveau paragraphe ou de celles qui concernent des notes de la Partie 1, les notes sont numérotées à partir de 101, y compris celles des articles ou paragraphes qui sont remplacés;
- les annexes qui sont ajoutées sont désignées AA, BB, etc.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full pdf of IEC 60519-6:2022

INTRODUCTION

Certains types d'**équipements électrothermiques**, y compris la **charge de travail**, peuvent émettre des niveaux dangereux de rayonnement infrarouge. Le comité d'études 27 de l'IEC a déterminé par accord que l'IEC 60519-12 traite également des aspects liés au rayonnement infrarouge dans le présent document.

Le présent document considère que le **constructeur** possède des connaissances suffisantes en ce qui concerne la conception, la fabrication et la documentation des équipements, conformément aux bonnes pratiques d'ingénierie, et que l'installation ou l'équipement est exploité et entretenu uniquement par du personnel composé de **personnes qualifiées** ou **averties**.

Le présent document a pour objet de vérifier si l'installation ou l'équipement satisfait aux exigences de sécurité, par sa conception, en procédant à une vérification numérique détaillée, à des essais d'acceptation sur site, à des essais individuels de série ou à un examen.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS DESTINÉES AU TRAITEMENT ÉLECTROTHERMIQUE ET ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

Partie 6: Exigences particulières pour les équipements de chauffage et de traitement diélectriques à hautes fréquences et à hyperfréquences

1 Domaine d'application

L'article de la Partie 1 est modifié comme suit en ce qui concerne les domaines d'application.

Modification:

La présente partie de l'IEC 60519 s'applique aux installations qui utilisent l'énergie à hautes fréquences ou à hyperfréquences, seule ou en combinaison avec d'autres formes d'énergie, pour le chauffage et le traitement industriels des matériaux. Elle est également applicable aux **générateurs de hautes fréquences et d'hyperfréquences** mis à disposition des **utilisateurs** en tant qu'unités distinctes.

La présente partie s'applique aux équipements qui fonctionnent dans la plage de fréquences comprise entre 3 MHz et 300 GHz, avec les limitations suivantes.

- Le présent document s'applique uniquement au **chauffage** et au **traitement diélectriques** à hautes fréquences, définis en 3.1.103. Il ne s'applique pas au chauffage par induction, qui peut être utilisé dans la partie basse de la bande de fréquences spécifiée et qui est couvert par l'IEC 60519-3, les aspects liés à la sécurité du champ magnétique étant traités dans l'IEC TS 62997:2017 qui doit être remplacée par un rapport technique (TR, *Technical Report*) ou par une spécification technique (TS, *Technical Specification*) révisée.
- Les fréquences ISM médianes pour le **chauffage** et le **traitement diélectriques** à caractère industriel correspondent à des bandes étroites d'environ 6,78 MHz, 13,56 MHz, 27,12 MHz et 40,68 MHz. Différentes procédures de mesure des **émissions** par effet de champ et différentes valeurs limites sont applicables selon la **fréquence de traitement** dans la plage de hautes fréquences comprise entre 3 MHz et 300 MHz. Les spécifications sont fournies à l'Annexe BB.
- Le présent document spécifie des limites pour l'**émission** d'hyperfréquences uniquement pour les fréquences ISM comprises entre 800 MHz et 6 MHz, comme cela est spécifié à l'Annexe CC. Pour les autres hyperfréquences, la **restriction de base** et l'IEC 62311 s'appliquent.
- Les **restrictions de base** mentionnées dans la norme IEEE/ANSI C95.1:2019 et la directive 2013/35/UE constituent les fondements de la conformité aux valeurs d'**émission**. Toutefois, les valeurs maximales des champs électriques et magnétiques à **hautes fréquences de traitement** sont issues de la norme IEEE/ANSI C95.1:2019, comme cela est indiqué à l'Annexe BB.
- Le présent document ne s'applique pas:
 - aux appareils à usage domestique et analogue (couverts par l'IEC 60335-2-25, par exemple);
 - aux appareils à usage commercial (couverts par l'IEC 60335-2-90 et l'IEC 60335-2-110);
 - aux appareils à usage de laboratoire (couverts par l'IEC 61010-2-010);
 - aux équipements et accessoires médicaux à hautes fréquences (couverts par l'IEC 60601-2-2).

NOTE 101 Puisque les fours tunnels à hautes fréquences et à hyperfréquences, ainsi que certains types d'équipements à hyperfréquences et à hautes fréquences, sont parfois destinés à un usage commercial, industriel ou de laboratoire, les critères suivants sont pertinents pour déterminer la classification en tant que matériels industriels:

- un équipement commercial est généralement conçu et prévu pour la fabrication en série d'un grand nombre d'unités identiques, tandis qu'un équipement industriel est généralement fabriqué en petites séries voire à l'unité. Les marchandises traitées sont consommées ou prêtes pour un usage final à l'issue du processus de chauffage;
- un équipement de chauffage de laboratoire est destiné à préparer des produits dans un environnement de laboratoire, et le produit traité est immédiatement disponible pour des recherches ou traitements complémentaires. La fabrication régulière de matériels en grandes quantités n'est pas prévue;
- avec un équipement industriel, les marchandises traitées ne sont pas immédiatement accessibles à l'utilisateur final et les marchandises ne se trouvent parfois pas dans un état final du point de vue de l'utilisateur final.

2 Références normatives

L'article de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

IEEE/ANSI C95.1:2019, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields, 0 Hz to 300 GHz* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60519-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

Additions:

3.1 Concepts généraux

3.1.101

restrictions de base

BR

restrictions appliquées aux champs électriques *in situ* (internes), aux débits d'absorption spécifiques (DAS) ou aux densités de puissance avec moyennage ou intégration dans le temps et dans l'espace, en raison de l'exposition partielle ou intégrale du corps à un champ électrique (E) alternatif externe, à un flux magnétique (B) ou à un champ électromagnétique, et qui sont prévues pour reposer directement sur les effets physiopathologiques établis qui résultent de cette exposition

Note 1 à l'article: Le terme exposition est défini en 3.4.14 de la Partie 1. D'autres définitions sont données en DD.2.1. Le présent document n'établit aucune exigence en matière d'exposition, car la définition de ce terme ne tient pas compte des caractéristiques spécifiques de la source ni de l'**émission accessible**, selon le présent document. Voir Note 3 à l'article.

Note 2 à l'article: Les **restrictions de base** ont une marge de sécurité en matière de dommage.

Note 3 à l'article: Les sources d'informations scientifiques et médicales en ce qui concerne les valeurs numériques des limites pour les travailleurs sont par exemple l'IEEE, l'ICNIRP et l'UE; voir la Bibliographie. Les **restrictions de base** sont également désignées par l'expression "valeurs limites d'exposition" (ELV, *Exposure Limit Values*).

Note 4 à l'article: Les facteurs temporels des débits d'absorption spécifiques (DAS) ou les densités de puissance, c'est-à-dire l'absorption de l'énergie en fonction des volumes du tissu, sont nécessaires à l'établissement des critères.

Note 5 to entry: L'abréviation "BR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "basic restrictions".

[SOURCE: IEC TS 62997:2017, 3.1.2, modifié – A remplacer par un rapport technique (TR) ou par une spécification technique (TS) révisée.]

3.1.102

courant de contact

courant induit

courant qui traverse le corps à la suite d'un contact avec un objet conducteur dans un champ électrique, magnétique ou électromagnétique

Note 1 à l'article: La définition scientifique du courant induit donnée dans l'IEC 60050-121:1998, 121-11-29 est ici remplacée, mais les définitions sont cohérentes.

Note 2 à l'article: Un **courant de contact** traverse le corps ou les parties du corps entre deux surfaces de contact définies, comme cela est indiqué par exemple en 3.4.6 de la Partie 1.

[SOURCE: IEC TR 63167:2018, 3.1]

3.1.103

chauffage et traitement diélectriques

procédé de traitement électrique dans lequel la chaleur est générée dans des **charges HF** diélectriques et semiconductrices avec pertes dans la plage de fréquences comprise entre 1 MHz et 300 MHz

Note 1 à l'article: L'ajout de "avec pertes" est utilisé dans ce contexte dans la mesure où le mécanisme d'absorption de la puissance peut se faire par relaxation dipolaire et par des phénomènes ioniques ou d'autres phénomènes de conductivité.

Note 2 à l'article: Le **chauffage** et le **traitement diélectriques** ne s'appliquent pas aux **charges HF** métalliques.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-28-01, modifié – L'article a été étendu en ajoutant "traitement", la définition a été enrichie par l'ajout de "avec pertes" et deux notes ont été ajoutées.]

3.1.104

champ proche électrique

émission accessible d'un champ électrique à une certaine distance, qui a pour caractéristique de remplir le critère du **chauffage** et du **traitement diélectriques**

Note 1 à l'article: Cette définition signifie concrètement que l'**émission accessible** de l'énergie du champ proche électrique (proportionnelle à $\epsilon_0 |E|^2$) est approximativement supérieure ou égale à l'énergie du champ proche magnétique (proportionnelle à $\mu_0 |H|^2$) aux mêmes endroits, où ϵ_0 est la constante électrique et μ_0 est la constante magnétique. Du fait de la phase relative de ces champs, leur couplage avec des parties du corps est très différent de celui d'un champ électromagnétique qui se propage.

3.1.105

émission électromagnétique

processus par lequel de l'énergie électrique, magnétique ou électromagnétique est disponible à proximité d'une source

Note 1 à l'article: Les caractéristiques d'**émission** et les mesures de précaution liées à l'équipement sont utilisées en lieu et place des limites d'exposition de l'opérateur spécifiées dans le présent document et visent à établir un risque tolérable, comme cela est défini dans le Guide 51 de l'ISO/IEC.

Note 2 à l'article: Les données de base utilisées dans le présent document reposent généralement sur les propriétés de champ de l'**émission accessible**, mais les champs haute fréquence sont également caractérisés/limités par les conditions particulières du **chauffage** et du **traitement diélectriques**.

Note 3 à l'article: L'énergie est essentiellement réactive en présence de parties du corps, c'est-à-dire non rayonnante (évanescence).

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08, modifié – La définition a été modifiée en remplaçant "une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur" par "de l'énergie électrique, magnétique ou électromagnétique est disponible à proximité d'une source" et des notes à l'article ont été ajoutées.]

3.1.106

transparence aux hautes fréquences/hyperfréquences

propriété d'un matériau qui absorbe de manière négligeable et réfléchit les champs à hautes fréquences ou à hyperfréquences

Note 1 à l'article: 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.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-14, modifié – Dans la définition, le terme "hyperfréquences" a été remplacé par "champs à hautes fréquences ou à hyperfréquences".]

3.1.107

surface principale présumée de courant capacitif

partie du corps dans sa position la plus défavorable face à la source active

[SOURCE: IEC TS 62996:2017, 3.7 – A remplacer par un rapport technique (TR) ou par une spécification technique (TS) révisée.]

3.1.108

surface de contact secondaire

partie ou surface active, avec ou sans isolation protectrice, à travers laquelle circule le courant lorsque la zone de contact principale est touchée, ou par l'intermédiaire de la **surface principale présumée de courant capacitif**

[SOURCE: IEC TS 62996:2017, 3.10 – A remplacer par un rapport technique (TR) ou par une spécification technique (TS) révisée.]

3.1.109

décharge par étincelles

transfert de courant dans un entrefer avant l'entrée en contact avec un autre objet conducteur de potentiel différent

[SOURCE: IEC TR 63167:2018, 3.6]

3.1.110

surface de référence

surface fictive au voisinage des **accès d'entrée et de sortie**, localisée à la suite des mesures de **fuite de hautes fréquences/d'hyperfréquences** de l'**émission accessible**

Note 1 à l'article: Voir 9.1.1.103 pour les spécifications pratiques.

3.1.111

scénario

en modélisation numérique, ensemble des pièces/composants/parties géométriques du corps, emplacements et dimensions, ensemble des permittivités complexes, conditions limites, caractéristiques de la source, fréquence d'excitation et de fonctionnement, ou intervalle de fréquence qui sont étudiés

3.2 Équipement et état de l'équipement

3.2.101

émission accessible <de hautes fréquences/d'hyperfréquences>

fuite de hautes fréquences/d'hyperfréquences

champ électromagnétique, électrique ou magnétique qui existe à proximité de l'équipement où des résultats de mesure pertinents en pratique relatifs au **choc électrique induit** ou au DAS d'une partie du corps sont considérés comme possibles

Note 1 à l'article: Les mesures des caractéristiques de champ à proximité immédiate d'une source de **fréquence de traitement** ou d'une partie de l'équipement mécaniquement accessible sont considérées comme peu fiables en ce qui concerne le débit d'absorption spécifique (DAS) possible dans une partie du corps située à cet endroit. Par conséquent, les distances minimales entre la sonde de mesure du champ et les parties mécaniquement accessibles doivent être définies, comme cela est indiqué en 9.1.1.103.

[SOURCE: IEC 60519-1:2020, 3.4.15 – Modifié par l'ajout de la nécessité que les émissions soient mesurables.]

3.2.102

couvercle

dispositif de construction d'une partie de l'**équipement à hautes fréquences/hyperfréquences** qui peut être ouvert ou enlevé au moyen d'un outil afin d'assurer l'accès à cet équipement pour l'entretien courant, le service, le remplacement des pièces détachées, etc.

3.2.103

accès d'entrée

accès de sortie

ouvertures dans l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence** traversées par la **charge HF/micro-onde**

3.2.104

applicateur de hautes fréquences

appareil qui comprend le dispositif de chauffage capacitif ou les électrodes de travail ainsi que leurs systèmes de fixation et de positionnement, les circuits d'adaptation d'impédance (s'ils ne sont pas situés dans l'ensemble générateur) et, si nécessaire, les dispositifs et écrans de protection, les moyens de transport, l'alimentation et la ventilation

3.2.105

enceinte haute fréquence

enceinte hyperfréquence

enceinte conçue pour confiner l'énergie électromagnétique, électrique ou magnétique dans une région définie

Note 1 à l'article: Une **cavité à hyperfréquences**, les joints d'étanchéité d'une porte et les guides d'ondes sont des exemples d'enceintes.

Note 2 à l'article: Les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** installées à l'extérieur de l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence** ne sont pas considérées comme faisant partie de celle-ci.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-20, modifié – La définition a été étendue aux champs basse fréquence.]

3.2.106

générateur de hautes fréquences

générateur HF

source utilisée pour produire de l'énergie électromagnétique dans la plage de **fréquences de traitement** comprise entre 3 MHz et 300 MHz

3.2.107

verrouillage à hautes fréquences/hyperfréquences

verrouillage qui empêche les **émissions de hautes fréquences/d'hyperfréquences** à des niveaux élevés inacceptables

3.2.108**charge HF/micro-onde**

ensemble des objets dans la région de traitement de l'**applicateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences**

Note 1 à l'article: Cela inclut la **charge de travail**, les gaz électromagnétiques ionisés intermédiaires (plasma), tous les conteneurs, ainsi que les **charges d'essai** qui permettent de déterminer les caractéristiques des **générateurs de hautes fréquences/d'hyperfréquences**.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-12, modifié – La définition a été étendue aux champs basse fréquence.]

3.2.109**applicateur d'hyperfréquences**

dispositif qui permet l'application de l'énergie électromagnétique à la **charge micro-onde**

EXEMPLE Une **cavité à hyperfréquences**, une source plasma ou un **applicateur portatif**.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-11, modifié – Des exemples ont été ajoutés.]

3.2.110**cavité à hyperfréquences**

espace clos par des parois internes métalliques et une porte ou une ouverture d'accès, et dans lequel la **charge micro-onde** est placée

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-29-19, modifié – Le terme "charge micro-onde" a été ajouté.]

3.2.111**générateur d'hyperfréquences****générateur micro-onde**

source utilisée pour produire de l'énergie électromagnétique dans la plage de **fréquences de traitement** comprise entre 300 MHz et 300 GHz

3.3 Pièces et accessoires**3.3.101****barrière haute fréquence/hyperfréquence**

barrière qui est **transparente aux hautes fréquences/hyperfréquences** et n'a aucune influence sur le champ haute fréquence/hyperfréquence

Note 1 à l'article: Les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** peuvent être fixées à l'équipement ou non; dans les deux cas, elles sont considérées comme faisant partie de l'installation.

Note 2 à l'article: Les dispositifs destinés à atténuer la **fuite de hautes fréquences/d'hyperfréquences**, tels qu'un réseau de chaînes métalliques ou de plaques métalliques articulées aux **accès d'entrée et de sortie**, ne sont pas considérés comme des **barrières hautes fréquences/hyperfréquences**.

Note 3 à l'article: La **transparence** s'applique également aux **protecteurs**.

3.3.102**écran haute fréquence**

écran qui, lorsqu'il est retiré, augmente considérablement l'**émission de hautes fréquences** dans la région qu'il est destiné protéger

Note 1 à l'article: Les **écrans hautes fréquences** sont réfléchissants et/ou absorbants.

Note 2 à l'article: Les **écrans hautes fréquences** peuvent être fixés à l'équipement ou non; dans les deux cas, ils sont considérés comme faisant partie de l'installation.

Note 3 à l'article: Les dispositifs destinés à atténuer l'**émission de hautes fréquences**, tels que des plaques métalliques articulées aux **accès d'entrée et de sortie**, sont considérés comme des **écrans hautes fréquences**.

Note 4 à l'article: La non-**transparence** s'applique également aux **obstacles**.

3.3.103

porte de maintenance

ensemble des éléments structurels d'une partie de l'équipement à hyperfréquences/hautes fréquences qui peuvent être ouverts ou enlevés sans employer d'outil pour assurer l'accès à des emplacements autres que l'**applicateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences** ou la **cavité à hyperfréquences**

3.3.104

charge d'essai

dispositif artificiel d'absorption de puissance utilisé pour les essais des **générateurs de hautes fréquences/d'hyperfréquences** d'impédance équivalente identique à la **charge HF/micro-onde** réelle pour laquelle l'équipement est conçu, qui permet d'appliquer la puissance de sortie dans les **conditions de fonctionnement normal** en l'absence de la charge réelle

4 Classification et subdivision des équipements et des installations

L'article de la Partie 1 est applicable comme suit.

4.1 Classification par fréquence de traitement

Modifications:

4.1.101 Dans le présent document, le terme "haute fréquence" désigne les **fréquences de traitement** assignées comprises entre 3 MHz et 300 MHz et le terme "hyperfréquence" désigne les **fréquences de traitement** supérieures à 300 MHz.

NOTE Les fréquences de **chauffage** et de **traitement diélectriques** inférieures à 3 MHz ne sont pas considérées comme plausibles sur le plan industriel.

4.1.102 Pour les **hautes fréquences de chauffage et de traitement diélectriques** supérieures ou égales à 300 MHz, les principes et les méthodes de mesure des champs ainsi que les limites d'**émission** sont spécifiés à l'Annexe BB. Les champs magnétiques doivent également être mesurés pour les **hautes fréquences de traitement** de 100 MHz et plus, et les niveaux maximaux d'émission électrique et magnétique doivent ensuite être respectés. Dans le cas des **hautes fréquences de traitement** inférieures à 100 MHz, les **courants de contact** sont mesurés en lieu et place des champs magnétiques.

NOTE Les niveaux d'émission de champs électriques sont assouplis, comme cela est spécifié à l'Article BB.6, pour les équipements dont les fréquences de traitement sont inférieures à 41 MHz. Ces assouplissements ont été établis afin de remplir les critères donnés en BB.3.2 concernant le **chauffage** et le **traitement diélectriques**.

4.1.103 Pour les **hyperfréquences de traitement** comprises entre 800 MHz et 6 GHz, les sondes qui détectent uniquement le champ électrique sont acceptées. Les principes et les méthodes de mesure ainsi que les limites d'**émission électromagnétique** sont spécifiés à l'Annexe CC. L'IEC 62311 s'applique pour les **hyperfréquences de traitement** inférieures et supérieures.

5 Appréciation du risque

L'article de la Partie 1 est applicable.

6 Dispositions générales

L'article de la Partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

6.4 Environnement physique et conditions d'exploitation de l'équipement électrique engendrés par l'exploitation de l'équipement de traitement

Ajouts au 6.4.2:

6.4.2.101 Les arrêts non intentionnels du convoyeur lors du fonctionnement à hautes fréquences/hyperfréquences et dans des conditions autres que les **conditions de fonctionnement normal** sont définis comme une condition de premier défaut. Les exigences relatives à ce type de fonctionnement anormal lié au chauffage excessif de la **charge HF/micro-onde** sont spécifiées en 11.101; les exigences relatives à la fuite de hautes fréquences et d'hyperfréquences sont spécifiées en 9.1.103, et celles relatives aux fonctions de verrouillage sont spécifiées du 14.4.101 au 14.4.103.

6.4.2.102 Ce qui suit s'applique aux équipements à hautes fréquences. Le fonctionnement à vide ou l'interruption du flux des **charges HF** correspond aux **conditions de fonctionnement normal** pour certains types d'équipements et ne doit pas entraîner d'**émission de hautes fréquences** non conforme. La conformité à cette exigence peut être vérifiée en détectant l'**émission de hautes fréquences** ou en interrompant le fonctionnement de l'équipement par d'autres moyens. Une panne du circuit de sécurité est considérée comme une condition de premier défaut. Les exigences relatives aux niveaux d'**émission de hautes fréquences** dans ces conditions sont celles applicables aux **conditions de fonctionnement normal** spécifiées en 9.1.1.103.

6.4.2.103 Ce qui suit s'applique aux équipements à hyperfréquences. Le fonctionnement à vide des équipements à hyperfréquences et l'interruption du flux de la ou des **charges micro-onde** doivent être empêchés. Le respect de cette exigence peut être vérifié en détectant l'**émission d'hyperfréquences** au moyen d'un moniteur de fuite actif qui éteint le **générateur d'hyperfréquences** afin de satisfaire aux exigences de l'Annexe CC. Une panne du circuit de détection de sécurité est considérée comme une condition de premier défaut. Les exigences relatives aux niveaux d'**émission d'hyperfréquences** dans ces conditions sont fournies en 9.1.1.102.

6.4.2.104 Un premier défaut électrique ou mécanique de l'équipement à hautes fréquences/hyperfréquences dans les **conditions de fonctionnement normal** ne doit pas entraîner la mise sous tension du **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences**.

NOTE 1 Un défaut mécanique dans un réseau de chaînes métalliques ou de plaques métalliques articulées au niveau des accès d'entrée et de sortie, destiné à atténuer la fuite de champs haute fréquence ou hyperfréquence, constitue une condition de premier défaut.

NOTE 2 La conformité à cette exigence peut être vérifiée par un examen des schémas de circuits et/ou par des mesures, comme cela est spécifié à l'Annexe BB ou CC.

Pour les besoins des essais, l'ensemble des **portes de maintenance**, des **moyens d'accès**, des **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** et des **écrans hautes fréquences** sont enlevés ou ouverts, sauf ceux qui sont équipés de **verrouillages à hautes fréquences/hyperfréquences** qui empêchent l'émission de la puissance en hautes fréquences/hyperfréquences lorsqu'ils sont enlevés ou ouverts. Des tentatives de démarrage dans les **conditions de fonctionnement normal** doivent être effectuées et ne doivent pas entraîner d'**émission de hautes fréquences** ou de **fuite d'hyperfréquences** supérieure aux limites indiquées en 9.1.1.103 et à l'Annexe BB ou l'Annexe CC.

6.4.2.105 Ce qui suit s'applique aux équipements à hautes fréquences. Si le fonctionnement à vide est susceptible d'endommager l'équipement, un ou plusieurs verrouillages adéquats doivent être fournis afin de s'assurer que cela ne peut pas se produire.

6.4.2.106 En cas de réduction du débit de liquide d'un moyen d'absorption des hyperfréquences qui nécessite la circulation d'un liquide, la circulation doit actionner au moins un verrouillage si cette réduction entraîne un dépassement de la limite d'émission d'hyperfréquences spécifiée à l'Annexe CC.

NOTE Selon l'Annexe CC, les mesures sont limitées aux hyperfréquences comprises entre 800 MHz et 6 GHz. L'Article 1 est applicable pour les autres fréquences.

6.4.2.107 Dans les équipements à hyperfréquences avec des moyens d'absorption de l'énergie des hyperfréquences sans aucun refroidissement spécifique, la fonction d'absorption ne doit pas être compromise par un échauffement excessif dans l'absorbeur. Cela est vérifié dans les **conditions de fonctionnement normal** et aussi dans des conditions de fonctionnement anormal, comme cela est spécifié en 9.1.1.102. Les moyens d'absorption doivent rester fixés en place et ne pas être endommagés.

6.6 Accès

Ajout au 6.6.1:

6.6.1.101 Les équipements à hautes fréquences/hyperfréquences doivent être conçus, fabriqués et utilisés de manière à assurer une protection adéquate contre les dangers liés aux émissions électriques, magnétiques et électromagnétiques.

Les équipements à hautes fréquences/hyperfréquences doivent être équipés d'un dispositif qui avertit de manière appropriée que la source de puissance à la **fréquence de traitement** est en service et dont l'emplacement est tel qu'il soit bien visible pour chaque personne qui pénètre dans l'espace réservé à l'installation.

Lorsque la puissance à la **fréquence de traitement** peut être modifiée ou est modifiée par une commande de l'utilisateur, un indicateur doit signaler à l'opérateur le niveau de la puissance appliquée.

Ajout au 6.6.2:

6.6.2.101 Ce qui suit s'applique aux équipements et installations fixes. Le panneau de commande doit comporter un commutateur à clé, un tableau de codage, un lecteur de carte ou un dispositif similaire qui nécessite l'introduction d'une clé, l'entrée d'un code ou d'une carte ou une action similaire avant de pouvoir générer la puissance à la **fréquence de traitement**.

7 Protection contre les dangers dus à un choc électrique

L'article de la Partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

7.3 Dispositions générales

Ajout au 7.3.4:

7.3.4.101 Les portes de maintenance qui permettent d'accéder aux parties à haute tension de l'ensemble **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences** doivent être équipées de serrures ou de verrouillages appropriés selon la bande de tensions de l'alimentation. Si l'**émission de hautes fréquences/d'hyperfréquences** est possible, le 14.101 est applicable également.

7.4 Protection principale

NOTE Les exigences particulières concernant les **barrières** et les **écrans hautes fréquences/hyperfréquences** sont fournies en 8.5.5.

Ajout au 7.4.6:

7.4.6.101 L'impédance de répartition des potentiels du circuit de terre à **hautes fréquences de traitement** est importante, en particulier celle des électrodes de terre et celle due à la faible profondeur de pénétration d'énergie des métaux à ces fréquences (voir Formule 1 en 8.5.4 de la Partie 1).

7.6 Liaison équipotentielle de protection

Ajout au 7.6.2:

7.6.2.101 La mise à la terre du circuit à **hautes fréquences de traitement**, par une connexion à la terre en un seul point approprié en contact galvanique direct avec l'**enceinte**, est autorisée. Les boucles de courant doivent être évitées, car celles-ci peuvent provoquer l'émission de hautes fréquences et également perturber la communication radiofréquence.

Remplacement du 7.6.3:

7.6.2.102 La mise à la terre de l'un des pôles à haute tension de l'alimentation (ou des alimentations) du **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences** est autorisée. Si l'alimentation et le générateur d'hyperfréquences ne se trouvent pas dans le même boîtier métallique et qu'ils possèdent donc un châssis commun, un câble à haute tension supplémentaire, qui s'ajoute aux dispositifs normaux de mise à la terre et qui a la même classe d'isolation que les câbles à haute tension, doit être monté entre le châssis de l'alimentation à haute tension et un marquage doit être apposé sur le châssis du générateur de hautes **fréquences/d'hyperfréquences** pour éviter toute confusion. Le point de montage ne doit pas être utilisé à d'autres fins et doit porter une étiquette avec le marquage "RETOUR DE HAUTE TENSION – NE PAS DÉCONNECTER" ou équivalent inscrit en lettres d'au moins 3 mm. Le texte d'avertissement doit être rédigé dans la ou les langues nécessaires.

7.7 Dispositions supplémentaires pour la protection contre les défauts à des fréquences supérieures à 200 Hz

Remplacement du 7.7.4:

7.7.4.101 La mise à la terre du circuit à **hautes fréquences de traitement** est autorisée.

NOTE Cet assouplissement est également mentionné en 7.6.2.101 et en 7.6.2.102.

7.9 Courant de contact et tension de contact effective

Addition:

7.9.101 Les **tensions de contact à hautes fréquences de traitement** et par conséquent les **courants de contact** doivent être empêchés.

En règle générale, pour les **équipements de chauffage et de traitement diélectriques**, les tensions à la **fréquence de traitement** sont élevées et les **courants de contact** sont dangereux; il est donc nécessaire de les empêcher, de les éliminer ou de les réduire à des niveaux négligeables par la conception.

NOTE 1 Voir les ajouts apportés par le présent document à l'Article 6 et en 8.5.5.104.

NOTE 2 Les courants de contact sont traités en 8.1.2.101.

Les **tensions de contact** et les **courants de contact à hyperfréquences de traitement** ne sont pas pertinents et sont remplacés par les spécifications de l'Annexe CC.

8 Protection contre les dangers dus aux champs électriques ou magnétiques

L'article de la Partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

8.1 Généralités

Ajout au 8.1.1:

8.1.1.101 Des dispositions supplémentaires sont données à l'Annexe BB concernant l'**émission de hautes fréquences** et à l'Annexe CC concernant l'**émission d'hyperfréquences**.

Ajout au 8.1.2:

8.1.2.101 Les **courants induits** à **hautes fréquences de traitement**, en principe entre les pieds d'un opérateur debout en contact avec la terre et le plancher ou une surface similaire, sont les plus défavorables, avec généralement une intensité maximale au niveau des chevilles. Ils doivent être mesurés lorsqu'un contact conducteur direct entre les pieds et le plancher est possible. L'Annexe BB spécifie les mesures pour ce cas de figure et pour les cas, où l'opérateur est assis sur une chaise complètement en contact avec la terre.

Si les spécifications du constructeur l'exigent, des chaussures spéciales d'isolation et de protection sont admises. La capacité et le risque de formation d'arcs que présentent les chaussures spéciales doivent être maîtrisables et ces dernières ne doivent pas se détériorer dans le temps, sans quoi il convient de les remplacer régulièrement. Ces informations doivent être incluses dans les instructions du **constructeur** à l'intention de l'**utilisateur** et des panneaux d'information concernant l'entretien, la propreté, etc. doivent être apposés à proximité de la position de l'opérateur.

En variante, si une plateforme isolée est utilisée, il convient qu'elle soit suffisamment grande et conçue de telle manière que l'opérateur qui utilise l'équipement ne soit pas en mesure de le faire lorsqu'il ne se tient pas sur celle-ci et se trouve à portée de bras, c'est-à-dire à 850 mm, de la position de fonctionnement normal. En outre, il ne doit pas être possible pour l'opérateur de toucher les objets de l'installation autres que ceux prévus par le constructeur qu'ils soient accessibles.

Le courant induit est mesuré par l'opérateur pied(s) nu(s), avec ou sans chaussures de protection, debout sur une plaque de métal plane légèrement surélevée et isolée dont la surface couvre uniquement la surface de contact et le plancher en contact avec la terre, ou sur la plateforme isolée. Le mesurage est effectué à l'aide d'une instrumentation spéciale de faible impédance à hautes fréquences, raccordée entre la plaque de métal plane et la terre. L'équipement doit être mis en fonctionnement lorsque l'opérateur se tient en position d'essai. Les autres procédures décrites en BB.4.3 doivent être respectées.

En variante, mesurer le courant à l'aide d'une pince ampèremétrique à hautes fréquences placée autour de la cheville, comme cela est décrit en BB.4.3.

Il convient que l'opérateur place son corps, ses bras et ses mains dans différentes positions au cours de l'essai afin d'obtenir la lecture la plus défavorable.

Ajout au 8.1.3:

8.1.3.101 Les limites d'**émission de hautes fréquences** sont indiquées aux Articles BB.5 et BB.6, et les limites d'**émission d'hyperfréquences** sont indiquées en 9.1.1.102 et à l'Annexe CC. Il convient de se conformer aux réglementations nationales relatives aux **émissions** de hautes fréquences et d'hyperfréquences, qui sont fondées sur le concept de surface de référence; voir aussi la Note 101 de l'Annexe J.

8.5 Exigences relatives aux barrières et écrans

Ajouts au 8.5.5:

8.5.5.101 Les équipements tels que les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** ou les **écrans hautes fréquences** installés afin de limiter l'accès du personnel à une certaine distance de l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence** entourent l'**accès d'entrée ou de sortie** et sont montés sur l'équipement, ou bien ils ne font pas partie de l'équipement, mais de l'installation, et sont donc essentiellement uniquement verticaux, à moins que leur résistance mécanique et celle des supports soient suffisantes pour permettre de s'appuyer dessus. Tous les types doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** ne doivent pas être constituées de métal ou d'un matériau d'absorption de puissance à la **fréquence de traitement**, susceptible d'orienter ou d'absorber la puissance;
les **écrans hautes fréquences/hyperfréquences** doivent être conçus de manière à ne présenter aucun échauffement significatif dans les **conditions de fonctionnement normal** et dans des conditions de premier défaut;
- les dimensions de toute ouverture accessible des **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** ou des **écrans hautes fréquences** ne doivent pas être plus grandes que les ouvertures de l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence** qu'ils protègent, avec des dimensions maximales de 65 mm × 65 mm; l'exigence relative aux dimensions maximales de 65 mm × 65 mm ne s'applique pas aux ouvertures dans les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** ou les **écrans hautes fréquences** traversés par les **charges HF/micro-onde**;
- les **fenêtres hautes fréquences** de l'**enceinte haute fréquence** doivent avoir des ouvertures maximales de 65 mm × 65 mm ou d'un diamètre maximal de 75 mm;
- les **fenêtres hyperfréquences** de l'**enceinte hyperfréquence** doivent présenter des longueurs de tubes métalliques et des ouvertures maximales qui assurent la coupure efficace de toute propagation; voir Tableau 101;
- les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** et les **écrans hautes fréquences** ne doivent pouvoir être enlevés qu'à l'aide d'un outil, ou leur retrait doit actionner au moins un verrouillage. Ils doivent également porter une étiquette d'avertissement afin de préciser leur fonction;
- les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** et les **écrans hautes fréquences** qui sont uniquement verticaux et disposés dans la direction du transport de la **charge HF/micro-onde** doivent commencer au maximum à 75 mm au-dessus du sol et se terminer au moins à 1 800 mm au-dessus du sol. Cette hauteur est applicable si l'émission de hautes fréquences ou d'hyperfréquences atteint des niveaux comparables aux niveaux d'émission maximaux autorisés ou qu'il existe un risque de présence de **courants de contact** à l'intérieur de la **barrière/de l'écran**; le positionnement de la barrière/de l'écran à des hauteurs verticales inférieures qui exigent seulement que les personnes se tiennent à une distance minimale donnée de l'équipement est admis si le critère d'une distance de 850 mm, correspondant à la portée du bras, par rapport aux régions qui présentent les niveaux d'émission maximaux autorisés est respecté.

NOTE 1 La limite ≤ 75 mm indiquée dans le dernier tiret ci-dessus vise à interdire l'accès à portée de bras tout en simplifiant le nettoyage du plancher. Elle peut être modifiée par des exigences sanitaires nationales pour la transformation des aliments ou pour des raisons justifiables analogues. L'exigence de hauteur $\geq 1\,800$ mm (éventuellement modifiée) pour les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences**, associée au symbole d'avertissement approprié spécifié à l'Annexe AA et représenté ici ainsi qu'à l'Annexe G, a pour objet d'indiquer clairement que l'accès n'est pas autorisé.

NOTE 2 Les **barrières** et les **écrans hautes fréquences/hyperfréquences** uniquement verticaux peuvent être soutenus par des poteaux métalliques ou éléments analogues, à condition que ces poteaux n'augmentent pas les émissions ou ne compromettent pas la fonction de la **barrière** ou de l'**écran hautes fréquences/hyperfréquences**.

NOTE 3 Pour les **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** et les **écrans hautes fréquences** qui ne sont pas fixés à l'équipement à hautes fréquences/hyperfréquences, mais font partie de l'installation, l'Annexe BB ou l'Annexe CC s'applique également.

NOTE 4 L'exigence de dimensions $\leq 65 \text{ mm} \times 65 \text{ mm}$ pour les ouvertures accessibles des **barrières hautes fréquences/hyperfréquences** et des **écrans** et **fenêtres hautes fréquences** a pour objet d'empêcher l'insertion d'une main humaine, à l'instar de l'exigence de $\varnothing < 75 \text{ mm}$ pour les **barrières hyperfréquences** indiquée dans le Tableau 101; cela s'applique également aux **fenêtres hyperfréquences**.

8.5.5.102 Les exigences de dimensions et d'emplacement pour les **barrières hautes fréquences**, les **écrans**, les **protecteurs** et les **obstacles** sont établies en fonction du type de protection et des propriétés d'atténuation du champ dans la région de la **surface de référence**; ces exigences sont indiquées dans le Tableau 101. Il convient de fournir des instructions et des symboles ou étiquettes d'avertissement afin de mettre en garde contre l'insertion d'objets métalliques, par exemple dans les ouvertures des **barrières** ou des **écrans**.

En ce qui concerne les **barrières hautes fréquences**, la géométrie est calculée à partir de la **surface de référence**, aux positions de sonde obtenues en 9.1.1.103. Pour la déterminer, les **barrières hautes fréquences** sont enlevées et leurs verrouillages associés sont débloqués.

NOTE 1 Les mesures de champ électrique et magnétique à une distance par rapport à toute surface métallique de l'**enceinte haute fréquence** inférieure aux 150 mm spécifiés ne sont pas réalistes, en raison des caractéristiques du champ proche.

8.5.5.103 Les exigences de dimensions et d'emplacement pour les **barrières hyperfréquences** sont établies en fonction du type de **barrière** ainsi que des dimensions et du type d'ouverture; ces exigences sont indiquées dans le Tableau 101. La géométrie des **barrières** est calculée à partir de la **surface de référence**, à 50 mm de la position de la sonde vers l'intérieur de l'**enceinte hyperfréquence**, comme cela est spécifié en 9.1.1.103. Pour la déterminer, les **barrières hyperfréquences** sont enlevées et leurs verrouillages associés sont débloqués.

L'emplacement de la **surface de référence à hyperfréquences** est déterminé comme suit: L'**émission** d'hyperfréquences est mesurée conformément à l'Annexe CC. La pointe de l'écarteur de l'instrument de mesure de fuite d'hyperfréquences est déplacée au-dessus et en s'éloignant de la surface extérieure de l'équipement à hyperfréquences pour localiser l'**émission d'hyperfréquences** la plus importante, en prêtant une attention particulière aux ouvertures. La région située à l'intérieur d'une ouverture géométrique dans l'**enceinte hyperfréquence** n'est pas considérée comme accessible pendant ces mesurages; voir 9.1.1.103.

Si la valeur lue d'**émission d'hyperfréquences** est inférieure à la limite de l'Annexe CC, la surface de référence se trouve à la surface de l'ouverture géométrique de l'**enceinte hyperfréquence**.

Si la valeur lue de fuite d'hyperfréquences dépasse la limite de l'Annexe CC, les emplacements du détecteur (et non de la pointe) plus éloignés de l'**enceinte hyperfréquence** lors de la mesure de cette valeur sont enregistrés. La position de la **surface de référence** éloignée de la surface de l'équipement à hyperfréquences est ensuite déterminée à 50 mm directement vers l'intérieur par rapport à ces positions de détecteur et vers la surface de l'équipement à hyperfréquences.

La distance minimale entre le plan d'une **barrière hyperfréquence** en maillage et la **surface de référence** doit être conforme au Tableau 101 en utilisant les limites dimensionnelles d'ouverture du maillage. Le même principe s'applique à la hauteur de départ de la **barrière** au-dessus du sol.

Lors de la détermination de l'emplacement des **barrières hyperfréquences** qui sont uniquement verticales et disposées dans la direction de transport de la **charge micro-onde**, la projection horizontale de l'extension maximale de la **surface de référence** doit être utilisée.

NOTE 101 Pour simplifier la conception des **barrières hyperfréquences**, les projections des extensions horizontales et verticales maximales de la **surface de référence** sont normalement utilisées. La Figure BB.1, la Figure BB.2 et la Figure CC.3 fournissent un exemple de ces conceptions, établies à partir du Tableau 101 et de la Figure CC.3.

8.5.5.104 Les **protecteurs** et les **obstacles** qui permettent de prévenir les **courants de contact** sont conçus et fixés:

- à au moins 80 mm de la **surface de référence** ou de la partie active ou chargée, avec des dimensions qui permettent l'insertion d'un objet dont les dimensions sont comprises entre 20 mm × 50 mm et Ø 12 mm;
- à au moins 15 mm de la **surface de référence** ou de la partie active, permettant ainsi l'insertion d'un objet dont les dimensions sont inférieures à Ø 12 mm.

Ajout au 8.5.6:

8.5.6.101 Les **fenêtres** de l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence** doivent limiter l'**émission** à des niveaux sûrs dans les **conditions de fonctionnement normal** et dans des **conditions de premier défaut**. S'il est possible de voir à travers la **fenêtre** à une distance rapprochée, un **obstacle** doit être présent afin de pouvoir mesurer l'**émission** au niveau de son emplacement lorsqu'il est enlevé. Ces mesures peuvent également être complétées par des calculs fiables pour démontrer que les limites d'**émission** sont respectées au niveau du plan externe de l'ouverture de la fenêtre, considérée ainsi comme faisant partie de l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence**, de sorte que le danger d'exposition relève de la classe de risque 0 ou 1 (voir 4.4.2 de la Partie 1) pour une partie du corps à proximité de l'ouverture externe de la **fenêtre**. Toute incertitude concernant la pertinence des mesures et des calculs doit aboutir à la classe de risque 1 ou 2.

NOTE 101 Le Tableau 101 fournit les données relatives aux coupures du mode de guide d'ondes à hyperfréquences pour les tubes métalliques utilisés comme **fenêtres** transparentes.

9 Protection contre les dangers dus aux rayonnements

L'article de la Partie 1 est applicable comme suit.

Ajouts au 9.1.1:

9.1.1.101 Le présent document spécifie les mesures de protection contre la **haute fréquence de traitement** et l'**émission d'hyperfréquences**, pour les fréquences indiquées à l'Article 1.

9.1.1.102 Ce qui suit s'applique aux équipements à hyperfréquences.

- L'exploitation d'un équipement pour un traitement continu dans des conditions d'interruption du flux de la ou des **charges micro-onde** ne doit pas provoquer de fuite temporaire d'hyperfréquences qui dépasse la limite spécifiée à l'Annexe CC, mais avec une limite de 100 Wm^{-2} .
- Des tentatives d'exploitation de l'équipement sans **charge micro-onde** ne doivent pas provoquer de fuite d'hyperfréquences qui dépasse la condition spécifiée à l'Annexe CC, mais avec une limite majorée de 100 Wm^{-2} .

NOTE Aucun assouplissement analogue n'est prévu en ce qui concerne les valeurs de champ admises pour les équipements de **chauffage** et de **traitement diélectriques**.

9.1.1.103 Les exigences fournies dans le présent 9.1.1.103 s'appliquent à l'ensemble des parties et ouvertures de l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence**, ainsi qu'aux **écrans** et aux **obstacles**. En ce qui concerne les **accès d'entrée** et **accès de sortie**, la sonde de mesure de hautes fréquences ou d'hyperfréquences n'est pas insérée dans le plan de l'ouverture.

Les accès d'entrée et de sortie doivent comporter un avertissement approprié.

NOTE 1 L'image au centre de la Figure AA.1 donne un exemple d'avertissement.

Le respect des exigences de sécurité pour l'**émission accessible de hautes fréquences** est vérifié par des mesures conformément aux descriptions détaillées de l'Annexe BB normative.

La distance minimale entre la sonde de mesure et toute partie métallique accessible est de 150 mm. La sonde peut toucher des parties **transparentes aux hautes fréquences** telles que des **barrières** (y compris des **protecteurs**). Il s'agit de la spécification de la **surface de référence** à hautes fréquences. Des exemples de mesures et des justifications sont donnés à l'Annexe DD.

La conformité de l'**émission accessible d'hyperfréquences** aux exigences de sécurité est vérifiée par des mesures conformément aux descriptions détaillées de l'Annexe CC normative. La distance minimale entre la sonde de mesure et toute partie accessible est de 50 mm. Elle constitue la spécification pour la **surface de référence** à hyperfréquences. Des exemples de mesures sont donnés à l'Annexe CC, et les justifications sont données à l'Annexe EE.

9.1.1.104 Les parties du corps telles que les mains et les doigts sont en principe autorisées à l'intérieur de la **surface de référence**, de 150 mm (hautes fréquences) et de 50 mm (hyperfréquences); l'Annexe DD informative et l'Annexe EE informative fournissent respectivement les justifications correspondantes. Toutefois, pour les équipements à hautes fréquences/hyperfréquences destinés à un fonctionnement intermittent et dont la charge est manipulée par l'opérateur ou pour les équipements portatifs dont la charge est ouvertement accessible en **conditions de fonctionnement normal**, des moyens doivent être prévus pour empêcher un tel accès à proximité de la zone de traitement. Ces moyens sont des **protecteurs**, des **écrans** ou des **obstacles**. Une autre solution consiste à utiliser plusieurs commandes opérateurs, qui doivent alors satisfaire aux exigences indiquées en 14.2.4 de la Partie 1.

Tableau 101 – Exigences relatives aux dimensions des barrières hautes fréquences/hyperfréquences

Dimension de l'ouverture	Utilisation admise	Longueur exigée de la barrière	Notes concernant les hyperfréquences
Permet l'insertion d'un objet de Ø 75 mm ou de dimensions 65 mm × 65 mm	Accès d'entrée ou de sortie et barrières uniquement verticales	5 × la longueur de l'axe mineur d'une ellipse qui contient l'ouverture, mais au maximum à 850 mm de la surface de référence; uniquement latéralement/en arrière pour les barrières hyperfréquences qui sont uniquement verticales	A 915 MHz environ, il existe une propagation sans atténuation dans une fente longue de 160 mm, mais étroite, et une distance d'atténuation de l'énergie d'environ 50 mm dans une ouverture de Ø 130 mm. Les charges peuvent toutefois acheminer des ondes de surface.
Permet l'insertion d'un objet de Ø 75 mm ou de dimensions 20 mm × 50 mm	Accès d'entrée ou de sortie et barrières uniquement verticales	A 80 mm de la surface de référence à hautes fréquences ; uniquement latéralement/en arrière pour les barrières hautes fréquences qui sont uniquement verticales A 180 mm de la surface de référence à hyperfréquences ; uniquement latéralement/en arrière pour les barrières hyperfréquences qui sont uniquement verticales	Pour Ø 75 mm, la distance d'atténuation de l'énergie est relativement courte à environ 915 MHz et est très longue à 2,45 GHz. Il existe une propagation sans atténuation à 5,8 GHz. Les charges de haute permittivité peuvent toutefois acheminer des ondes de surface.
Permet l'insertion d'un objet de Ø 12 mm ou de dimensions 20 mm × 50 mm	Tous usages	A 80 mm de la surface de référence à hautes fréquences/hyperfréquences , sur toute la longueur	A 20 mm × 50 mm, la coupure est très efficace à environ 915 MHz; la distance d'atténuation de l'énergie est de 30 mm à 2,45 GHz et il existe une propagation sans atténuation à 5,8 GHz. Les charges continues de haute permittivité peuvent toutefois acheminer des ondes de surface.
Permet l'insertion d'un objet de dimensions inférieures à Ø 12 mm	Tous usages	—	Il existe une coupure très efficace dans l'air pour toutes les fréquences ISM, mais il peut exister une propagation des ondes de surface pour les charges continues dans l'ouverture.

10 Protection contre les dangers dus aux influences thermiques

L'article de la Partie 1 est applicable.

11 Protection contre les dangers d'incendie

L'article de la Partie 1 est applicable avec l'ajout suivant.

Addition:

11.101 Chauffage excessif de la charge HF/micro-onde

NOTE 1 Une charge peut émettre des flammes nocives ou maintenir un plasma dans un champ haute fréquence/hyperfréquence, même si le feu nécessite le maintien de l'énergie du champ.

Les équipements et installations de chauffage à hautes fréquences/hyperfréquences doivent être conçus et installés de manière à prendre toutes les mesures nécessaires pour limiter tout danger lié au chauffage excessif de la **charge HF/micro-onde**.

Si l'équipement doit être utilisé pour traiter une **charge de travail** qui peut s'enflammer ou causer des dommages après un arrêt d'urgence, la conception et l'installation de l'équipement doivent comprendre, au choix:

- un dispositif qui permet d'enlever instantanément la **charge HF/micro-onde** de l'équipement, à condition qu'une telle opération soit jugée sûre et que le retrait rapide de la **charge** n'introduise pas de problèmes de sécurité supplémentaires;
- des écrans d'isolation thermique qui séparent instantanément la **charge HF/micro-onde** des parties de l'équipement qui peuvent s'enflammer ou être endommagées d'une autre manière par la chaleur résiduelle emmagasinée dans la **charge HF/micro-onde**;
- un dispositif de fermeture des **accès d'entrée et de sortie** et d'arrêt du mouvement de la **charge HF/micro-onde** et de toute circulation d'air dans l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence** de manière à éliminer l'apport en oxygène qui entretient la combustion de la **charge de travail**;
- un dispositif qui permet de remplir rapidement l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence** avec un gaz inerte tel que du dioxyde de carbone afin d'éteindre un incendie, sous réserve que l'introduction de ce gaz ne présente aucun danger pour l'opérateur ou d'autres membres du personnel.

En outre, certaines charges inflammables peuvent prendre feu de manière inaperçue, même après plusieurs heures, en raison d'une surchauffe interne par hautes fréquences/hyperfréquences; il convient donc d'informer l'utilisateur qu'il convient de surveiller les matériaux traités précédemment.

NOTE 2 Des exigences et informations supplémentaires importantes sont indiquées à l'Annexe F, en particulier à l'Article F.4 de l'IEC 60519-1:2020.

NOTE 3 La chaleur résiduelle emmagasinée dans l'équipement peut se libérer sur une période prolongée après l'arrêt.

NOTE 4 La température des surfaces peut augmenter après un arrêt en raison de la libération de la chaleur emmagasinée, d'une combustion de la **charge HF/micro-onde** ou d'un plasma.

12 Protection contre les dangers dus aux fluides

L'article de la Partie 1 est applicable.

13 Exigences spécifiques pour les composants et sous-ensembles

13.2 Equipement électrique et conducteurs

Le paragraphe de la Partie 1 est applicable comme suit.

Additions:

13.2.101 L'applicabilité du présent paragraphe aux **fréquences de traitement** doit également satisfaire aux exigences de sécurité définies par le **constructeur**.

Addition:

13.2.102 Les composants et joints métalliques des **applicateurs de hautes fréquences/d'hyperfréquences** et des **cavités à hyperfréquences** ou des circuits qui transportent de hautes densités de courant de surface doivent être choisis de manière à éviter l'effet de corrosion par hyperfréquences, qui peut entraîner la détérioration de la passivation des métaux tels que l'aluminium et les aciers inoxydables dans les environnements humides.

NOTE Les conditions de corrosion par hyperfréquences augmentent dans les joints métalliques pliés qui contiennent de l'eau résiduelle contaminée.

14 Commande de l'installation ou de l'équipement

L'article de la Partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes.

Additions:

14.4 Systèmes de commande et leurs fonctions

14.4.101 L'ouverture d'un **moyen d'accès** doit s'effectuer en actionnant deux **verrouillages à hautes fréquences/hyperfréquences** distincts, conçus pour assurer une sécurité intrinsèque élevée et un fonctionnement à long terme. Chacun de ces **verrouillages à hautes fréquences/hyperfréquences** doit interdire le fonctionnement de tout **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences**.

NOTE 1 Si cela n'est pas explicite d'après le schéma du circuit électrique principal, le fonctionnement du **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences** est vérifié par le mesurage de l'**émission de hautes fréquences/d'hyperfréquences** selon l'Annexe BB ou l'Annexe CC.

La défaillance d'un seul élément mécanique ou électrique, notamment d'un **verrouillage à hautes fréquences/hyperfréquences**, ne doit pas entraîner le blocage de tous les **verrouillages à hautes fréquences/hyperfréquences** d'un **moyen d'accès**.

La défaillance de l'un des deux **verrouillages à hautes fréquences/hyperfréquences** sur le **moyen d'accès** pour exécuter sa fonction prévue doit déclencher une alarme tout en rendant l'équipement inopérant.

La fonction de surveillance doit concerner au moins l'un des **verrouillages à hautes fréquences/hyperfréquences**.

14.4.102 L'ouverture ou le retrait de chaque **porte de maintenance** ou **couvercle** doit actionner au moins un **verrouillage à hautes fréquences/hyperfréquences**, ou un verrou à clé doit être prévu, s'il est possible que l'**émission de hautes fréquences/d'hyperfréquences** dépasse la valeur spécifiée à l'Annexe BB ou CC lorsque la **porte de maintenance** ou le **couvercle** est retiré.

A défaut, les panneaux détachables destinés à n'être enlevés que très rarement doivent être fixés par au moins deux vis de sécurité ou éléments analogues, qui ne peuvent être enlevés qu'à l'aide d'un outil manuel couramment disponible.

14.4.103 Fonctions de verrouillage des applicateurs à extrémité ouverte

Le premier verrouillage peut être un dispositif mécanique situé sur un **moyen d'accès** souple ou sur un système de commutation qui éteint le **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences** lorsque l'**applicateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences** est enlevé de la **charge HF/micro-onde**. Le deuxième verrouillage peut être soit un dispositif qui détecte l'**émission de hautes fréquences/d'hyperfréquences** au moyen d'un moniteur d'hyperfréquences actif qui éteint le **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences** afin de satisfaire aux exigences de l'Annexe BB et de l'Annexe CC, ou une combinaison d'un interrupteur de démarrage et d'un interrupteur de fonctionnement. La combinaison d'un dispositif de détection de l'**émission de hautes fréquences/d'hyperfréquences**, d'un interrupteur de démarrage et d'un interrupteur de fonctionnement est également admise.

15 Protection contre les dangers mécaniques

L'article de la Partie 1 est applicable.

16 Protection contre les dangers dus à l'utilisation

L'article de la Partie 1 est applicable.

17 CEM

L'article de la Partie 1 est applicable avec le texte supplémentaire suivant.

Addition:

Dans le cas des équipements à hautes fréquences/hyperfréquences, il convient de prêter une attention particulière à la compatibilité électromagnétique de l'équipement avec d'autres équipements à proximité, en raison de la possibilité d'interférences avec les circuits et systèmes d'autres équipements (souvent due à la faible CEM de ces équipements), indépendamment de la conformité de l'équipement à hautes fréquences/hyperfréquences aux niveaux d'émission réglementaires.

18 Vérification et essais

L'article de la Partie 1 est applicable.

19 Informations pour l'utilisation

L'article de la Partie 1 est applicable avec les extensions relatives aux installations à hautes fréquences/hyperfréquences de l'Annexe AA.

Annexe A (normative)

Liste des dangers significatifs

L'annexe de la Partie 1 est applicable comme suit.

Additions:

- champs électriques à couplage capacitif à 1 kHz et fréquences supérieures (8.1.1.101 et 8.1.3.101);
- protection contre les dangers d'incendie (11.101);
- fonctionnement anormal (du 6.4.2.101 au 6.4.2.107);
- émission de hautes fréquences (Annexe BB);
- émission d'hyperfréquences (Annexe CC);
- protection contre les chocs électriques (7.3.4.101);
- exigences relatives aux dispositifs de verrouillage à hautes fréquences/hyperfréquences (du 14.4.101 au 14.4.103).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe B (normative)

Limites des courants de contact

L'annexe de la Partie 1 n'est pas applicable aux **hautes fréquences/hyperfréquences de traitement**.

NOTE 101 Les **courants de contact** et leurs limites sont traités en 8.1.2.101 et à l'Article BB.5, respectivement.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe C (normative)

Rayonnements optiques non cohérents – Limites et classes de risque

L'annexe de la Partie 1 est applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe D
(normative)

Champs électriques et magnétiques

L'annexe de la Partie 1 est applicable à l'exception de l'Article D.2, qui est remplacé par les spécifications principales fournies en 9.1.1.103, en 8.1.2.101, en 8.5.5.101, à l'Annexe BB et à l'Annexe CC.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe E
(normative)

Limites de température de surface

L'annexe de la Partie 1 est applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe F
(normative)

EH, EPM et incendie

L'annexe de la Partie 1 est applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe G (normative)

Marquage et avertissement

L'annexe de la Partie 1 est applicable avec les ajouts de l'Annexe AA.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe H (informative)

Lignes directrices pour l'utilisation du présent document

L'annexe de la Partie 1 est applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe I
(informative)

Liaison avec l'ISO 13577 (toutes les parties)

L'annexe de la Partie 1 est applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe J (informative)

Exigences spécifiques à l'UE et aux pays associés

L'annexe de la Partie 1 est applicable avec la note suivante:

NOTE 101 La directive 2013/35/UE relative à l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques est générale dans le sens, où les caractéristiques de la source d'énergie à hautes fréquences/hyperfréquences et les moyens par lesquels ces champs sont dispersés ne sont pas spécifiés. La protection des travailleurs contre ces champs élémentaires est assurée par les limites d'exposition. En outre, l'influence du corps ou des parties du corps du travailleur n'est pas traitée. Les limites d'exposition tiennent essentiellement compte du rayonnement d'ondes planes, c'est-à-dire lorsque les énergies des champs électriques et magnétiques sont approximativement égales en phase temporelle, ce qui constitue en fait le cas le plus défavorable (champ distant). Toutefois, l'énergie du **champ proche électrique** prédomine habituellement dans les types d'**équipements à hautes fréquences** traités dans le présent document. Il en résulte un couplage beaucoup plus faible du champ dans les parties du corps humain, ce qui se traduit par un facteur de sûreté beaucoup plus élevé conforme aux limites d'exposition prévues par la directive. Il est donc nécessaire de refléter l'état de la technique dans les normes de sécurité. Les spécifications d'**émission** maximale établies dans le présent document s'appliquent à l'équipement par l'utilisation du concept de **surface de référence** et d'un certain nombre d'autres mesures qui visent à améliorer la sécurité. Les limites d'exposition s'appliquent à l'énergie du champ effectivement reçue ou absorbée par une personne ou un animal, comme cela est défini en 3.4.14 de la Partie 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60519-6:2022

Annexe K (normative)

Informations pour l'utilisation

K.1 Généralités

La présente annexe est un ajout à l'Article 19 et à l'Annexe G de la Partie 1. Une exigence d'étiquetage spéciale est également spécifiée en 7.6.2.102.

Lorsqu'il est question de tension, de haute tension ou de courant, cela concerne la fréquence du réseau, une tension réseau élevée ou une tension redressée. Sinon, cela concerne la **fréquence de traitement**.

NOTE 1 Les étiquettes d'avertissement sont définies dans l'IEC 60417 et ne contiennent en principe que le symbole graphique; le triangle qui entoure certains symboles sert à indiquer la position d'un triangle d'avertissement autour, comme cela est défini par l'ISO. Les étiquettes d'avertissement sont généralement imprimées en noir sur fond blanc. Elles sont situées à proximité immédiate de la source potentielle de dommage.

NOTE 2 Les symboles d'avertissement sont définis dans l'ISO 7000. Ils sont conçus pour assurer une meilleure observation à distance; ils sont donc généralement plus grands que les étiquettes d'avertissement et sont conformes à l'ISO 3864-1 (symboles et texte noirs sur fond jaune). L'image au centre de la Figure AA.1 donne un exemple d'avertissement.

NOTE 3 Deux étiquettes et un texte peuvent être combinés, comme cela est représenté dans l'exemple de droite sur la Figure AA.1.

K.2 Etiquetage

AA.2.1 Les équipements de chauffage à hautes fréquences/hyperfréquences, dont l'**enceinte haute fréquence/hyperfréquence** comprend des **accès d'entrée et de sortie** ou des ouvertures accessibles, avec ou sans **barrières**, doivent être clairement marqués dans les zones visibles situées à proximité de chaque **accès** ou ouverture à l'aide d'une étiquette d'avertissement. Pour les hautes fréquences, le symbole graphique IEC 60417-6206:2013-07 (voir partie gauche de la Figure AA.1) doit être utilisé. Pour les hyperfréquences, le symbole graphique de IEC 60417-6166:2012-07 (voir image au centre de la Figure AA.1, où le texte d'avertissement est ajouté) doit être utilisé. L'utilisation d'une étiquette d'avertissement est admise pour la classe de risque 2 et les classes de risque inférieures. Pour les classes de risque supérieures, un symbole d'avertissement doit être utilisé. Tout texte d'avertissement doit être rédigé dans la ou les langues nécessaires.

AA.2.2 Les portes de maintenance des équipements de chauffage à hautes fréquences/hyperfréquences, qui peuvent donner accès à des parties actives à haute tension et à un **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences**, doivent être clairement marquées individuellement à l'aide d'une étiquette ou d'un symbole d'avertissement avec un texte d'avertissement supplémentaire; voir l'exemple de la partie droite de la Figure AA.1, où le texte d'avertissement est ajouté, tout comme le symbole graphique IEC 60417-5036:2002-10; voir Tableau G.1 de la Partie 1. Si seule une haute tension est présente, un symbole d'avertissement normal avec uniquement le symbole graphique IEC 60417-5036:2002-10 est utilisé. Le marquage doit être apposé près des points de verrouillage, le cas échéant.

AA.2.3 Les barrières et les écrans, qui ne font pas partie de l'**équipement de chauffage à hyperfréquences**, doivent être clairement marqués à l'aide d'une étiquette d'avertissement ou d'un texte d'avertissement approprié. De plus, l'**équipement de chauffage à hautes fréquences/hyperfréquences** doit être clairement marqué du signe d'avertissement approprié dans une zone raisonnablement proche de la **barrière**.



Figure AA.1 – Exemples de symboles et d'étiquettes d'avertissement



Figure AA.2 – Etiquettes des applicateurs de hautes fréquences ouverts et des applicateurs d'hyperfréquences portatifs ou ouverts

AA.2.4 Les **équipements à hautes fréquences** pour lesquels la manipulation manuelle de la charge est possible immédiatement avant, pendant ou après la mise sous tension doivent être marqués à l'aide d'une étiquette d'avertissement semblable à l'image de gauche de la Figure AA.2 (IEC 60417-6206:2013-07). L'étiquette doit être placée de manière à être visible dans la direction des positions probables de la main ou du doigt.

AA.2.5 Les **équipements à hyperfréquences** qui comportent des **applicateurs d'hyperfréquences portatifs** ou d'autres régions potentiellement accessibles qui contiennent des hyperfréquences doivent être marqués à l'aide d'une étiquette d'avertissement (voir image de droite de la Figure AA.2), avec le symbole graphique IEC 60417 (IEC 60417-6167:2012-07). L'étiquette doit être placée de manière à être visible dans la direction d'approche probable de la main ou du doigt.

AA.2.6 Les **équipements de chauffage à hautes fréquences**, mentionnés en AA.2.3 et en AA.2.4, doivent être marqués à l'aide d'une étiquette d'avertissement (voir image de gauche de la Figure AA.2), avec le symbole graphique IEC 60417 (IEC 60417-6206:2013-07). Le texte applicable suivant doit également être apposé:

Attention
Le personnel ne doit pas être exposé à l'énergie des hautes fréquences
Ne pas utiliser l'installation sans la charge prévue
Ne pas enlever les barrières ou les écrans
Pour maintenir tout champ électromagnétique externe à une valeur acceptable,
l'équipement de chauffage doit être contrôlé périodiquement et maintenu en bon état
de fonctionnement

AA.2.7 Les **équipements de chauffage à hyperfréquences** mentionnés en AA.2.3 et en AA.2.5 doivent comporter en substance le texte applicable suivant, marqué dans une zone visible près des commandes d'exploitation, dans la ou les langues nécessaires:

ATTENTION
Le personnel ne doit pas être exposé à l'énergie des hyperfréquences
Ne jamais utiliser l'installation sans la charge prévue
Ne pas enlever les barrières
Pour maintenir la fuite d'hyperfréquences à une valeur acceptable, l'équipement à hyperfréquences doit être contrôlé périodiquement et maintenu en bon état de fonctionnement

Si l'installation contient des guides d'ondes accessibles, le texte suivant doit être ajouté:

L'ensemble des connexions, guides d'ondes, brides, joints, etc. doit être solidement fixé afin de maintenir la fuite d'hyperfréquences dans les limites spécifiées

AA.2.8 Les **équipements de chauffage à hautes fréquences** mentionnés en AA.2.3 et en AA.2.4 doivent comporter en substance le texte applicable suivant, marqué dans une zone visible près des commandes d'exploitation, dans la ou les langues nécessaires:

ATTENTION
Le personnel ne doit pas être exposé à l'énergie des hautes fréquences
Ne pas utiliser l'installation sans la charge prévue
Ne pas enlever les barrières ou les écrans
Pour maintenir tout champ électromagnétique externe à une valeur acceptable, l'équipement doit être contrôlé périodiquement et maintenu en bon état de fonctionnement

Annexe L (normative)

Mesures et évaluations de l'émission de hautes fréquences et du courant de contact

L.1 Généralités

Les mesures indiquées à l'Article BB.2 doivent être effectuées dans les conditions spécifiées en BB.9.2 et en BB.9.3, c'est-à-dire pour

- la classification des équipements par le constructeur en ce qui concerne le **chauffage et traitement diélectriques** et les critères d'**émission** associés;
- les mesures de routine effectuées par l'utilisateur.

Les mesures indiquées aux Articles BB.3 et BB.4 doivent être effectuées dans les conditions spécifiées en BB.9.2, c'est-à-dire uniquement pour la classification de l'équipement par le constructeur en ce qui concerne le **chauffage et traitement diélectriques** et les critères d'**émission** associés.

Comme cela est indiqué en 18.8 de la Partie 1, il est admis d'effectuer des calculs et une modélisation numériques à des fins de vérification de sécurité des émissions, mais en pratique, ceux-ci se limitent généralement aux équipements fabriqués en série et pour des utilisations clairement spécifiées. Les lignes directrices normatives pour l'évaluation numérique des émissions électriques et magnétiques sont données en 18.8.3 de la Partie 1.

NOTE Des exemples de procédures de modélisation numérique sont donnés à l'Annexe DD du présent document.

L.2 Conditions de fonctionnement de l'équipement pour les mesures

Les charges spécifiées pour les **conditions de fonctionnement normal** doivent être utilisées. Le choix des impédances de **charge** doit être tel que les émissions les plus élevées possible, mais non anormales, soient obtenues. L'équipement doit être utilisé avec les réglages des commandes les plus défavorables en ce qui concerne l'émission de champ électrique et/ou magnétique, selon le cas.

Une tentative de mise en fonctionnement, comme cela est spécifié en 6.4.2.102, doit également être réalisée.

NOTE Si des mesures sont effectuées à vide ou en présence d'objets métalliques et que cela éteint le **générateur de hautes fréquences/d'hyperfréquences** dans une telle condition, les mesures d'émission ne sont pas effectuées.

L.3 Evaluation des caractéristiques des champs haute fréquence

BB.3.1 La définition du champ proche électrique donnée en 3.1.104 doit être observée. Si cela n'est pas clair, parce que l'impédance de charge est très faible, l'équipement est atypique et la présente annexe n'est fondamentalement pas applicable; les exigences nationales ou régionales en matière d'exposition aux hautes fréquences s'appliquent alors.

NOTE Dans ces situations atypiques, les champs d'exposition magnétiques et électriques doivent être mesurés.

BB.3.2 Si la validité de la présente Annexe BB en ce qui concerne les fréquences de traitement n'est pas certaine pour les fréquences de traitement inférieures à 100 MHz conformément au BB.4.2, des mesures des champs électriques et magnétiques doivent être effectuées, conformément à l'Article BB.4. Sinon, seuls les champs électriques doivent être mesurés pour ces fréquences. Pour les fréquences supérieures ou égales à 100 MHz, les champs électriques et magnétiques doivent être mesurés.

NOTE Les justifications des principes de mesure de la présente Annexe BB sont données à l'Annexe DD.

L.4 Champs électriques, champs magnétiques et courants de contact

L.4.1 Mesures des champs électriques et magnétiques

Les mesures doivent être effectuées sans la présence de l'opérateur normal, les pieds de la personne qui effectue les mesures étant placés à une distance d'au moins 0,5 m, mais inférieure à 0,85 m (c'est-à-dire à portée de bras) entre son corps et l'**enceinte haute fréquence**, depuis une partie fixe de l'**enceinte haute fréquence**.

Les mesures de l'**émission** sont effectuées à tous les emplacements, conformément aux limites spécifiées en 9.1.1.103.

Lorsque le champ magnétique doit également être mesuré, une première mesure est effectuée à l'emplacement du champ électrique maximal. Des mesures supplémentaires des champs électriques et magnétiques sont ensuite effectuées en plusieurs emplacements à une distance d'environ 0,15 m et espacés d'au moins 0,15 m, depuis une partie fixe de l'**enceinte haute fréquence**, où les deux types de champs sont comparativement élevés, afin de déterminer la position où l'intensité du champ est maximale.

L.4.2 Evaluations de $|E|/|H|$

Le présent paragraphe ne s'applique qu'aux **fréquences de traitement** inférieures ou égales à 100 MHz. L'instrumentation doit être conforme au BB.9.2, c'est-à-dire être du même type que celle utilisée par les constructeurs dans leurs spécifications d'équipement.

Le quotient $|E|/|H|$ des valeurs en Vm^{-1} et en Am^{-1} , respectivement, doit être calculé pour les quatre paires de données spécifiées en BB.4.1. Si la moyenne de ce calcul est supérieure à 300 Ω , l'équipement remplit le critère pour le **chauffage et le traitement diélectriques** et les critères d'**émission** du présent document s'appliquent.

Si la moyenne sur de nombreux points de mesure est inférieure à 300 Ω , seules les mesures de la valeur des champs électriques en BB.4.1 et des **courants de contact** en BB.4.3 demeurent une option pour la qualification comme **équipement de chauffage et de traitement diélectriques**.

L.4.3 Mesures des courants de contact

Les mesures doivent être effectuées à l'aide d'une pince ampèremétrique à hautes fréquences spéciale. Au cours des mesures, la puissance de la **fréquence de traitement** doit être réglée sur une valeur faible afin d'éviter les courants de contact qui dépassent les limites indiquées en BB.4.3 ou à l'Article BB.5. Les mesures doivent ensuite être effectuées avec un opérateur volontaire dans une position type seulement, le ou les pieds nus humides de ce dernier étant en contact avec le plancher ou le support isolé. La condition de référence pour que les pieds soient humides consiste à frotter la peau avec un tissu humidifié (non trempé) à l'aide d'une solution saline à 0,9 %, puis à démarrer rapidement l'essai. En prenant pour hypothèse que les courants de contact respectent les limites admissibles, la puissance haute fréquence appliquée doit être augmentée par paliers jusqu'à ce que la puissance haute fréquence maximale du générateur soit atteinte ou que les limites soient sur le point d'être dépassées.

Lorsque l'opérateur est assis sur une chaise en contact avec la terre, les mesures doivent être effectuées sur un pied de chaise en contact avec la terre, les autres pieds étant isolés.

L'utilisation de supports isolés n'est pas recommandée en raison de la possibilité que l'opérateur présente une charge, ce qui permet par la suite la création d'un **courant de contact** lorsque l'opérateur touche un objet en contact avec la terre. Les **courants de contact** ne sont généralement pas admis; voir 7.9.101.

Les mesures de courant de contact effectuées à l'aide d'une pince ampèremétrique sur une chaise placée sur un support isolé ne sont généralement pas fiables. Les mesures de courant doivent plutôt être effectuées comme cela est spécifié en 8.1.2.101, entre un pied nu de l'opérateur sur la plaque métallique isolée et la terre sous le support d'isolation.

Les valeurs mesurées sont recalculées dans les **conditions de fonctionnement normal** spécifiées à l'Article BB.2. Des phénomènes non linéaires tels que le comportement de la **charge** et la stabilité de la **fréquence de traitement** doivent ensuite être observés.

L.5 Valeurs limites, mise sous tension continue de la source de fréquence de traitement

NOTE 1 Un fonctionnement ininterrompu sur une période de plus de 6 min est considéré comme une mise sous tension continue.

NOTE 2 Les valeurs limites numériques E et B du présent Article BB.5 sont les mêmes que pour l'exposition aux ondes planes dans l'IEEE/ANSI C95.1:2019.

- La valeur lue d'intensité maximale d'**émission** de champ électrique doit être de $1842/f \text{ Vm}^{-1}$ pour les **fréquences de traitement** comprises entre 3 MHz et 30 MHz, puis de 61 Vm^{-1} pour les **fréquences de traitement** inférieures ou égales à 300 MHz, f étant exprimé en MHz. Un assouplissement de la valeur limite pour les **fréquences de traitement** inférieures ou égales à 41 MHz est admis sous les conditions décrites à l'Article BB.7.
- L'intensité maximale du champ magnétique doit être de $16,3/f \text{ Am}^{-1}$ jusqu'à 100 MHz et de $0,163 \text{ Am}^{-1}$ pour les **fréquences de traitement** inférieures ou égales à 300 MHz.
- Le courant de contact induit maximal mesuré au niveau de la cheville d'un pied en contact avec la terre doit être inférieur à 100 mA pour les fréquences jusqu'à 100 MHz. Aucun courant de contact significatif au niveau des mains ou des doigts n'est admis. Cette exigence est à l'étude pour les fréquences de traitement supérieures à 100 MHz.

En raison du mouvement de la charge, de la taille et de la distance entre les différents éléments de la charge, des éléments manquants de la charge ou de l'interruption de charge dans l'équipement de chauffage à hautes fréquences transporté, mais également en fonction de la vitesse du convoyeur, l'émission mesurée peut fortement varier dans le temps et l'espace. Dans ce cas, la valeur moyenne dans l'intervalle de 20 s le plus défavorable doit être utilisée. En fonction de la constante de temps réelle de l'instrument, des lectures doivent ensuite être effectuées toutes les 2 s ou 3 s, puis moyennés.

L.6 Valeurs limites, mise sous tension intermittente de la source de fréquence de traitement

Des valeurs d'intensité de champ E de courte durée jusqu'à deux fois supérieures à celles indiquées à l'Article BB.5 sont admises pendant une durée totale maximale de 90 s au cours d'une période de 6 min, à condition qu'aucune durée de fonctionnement continu ne dépasse 20 s, auquel cas cette durée devient la durée limite sur une période de 6 min.

Les limites relatives de courte durée susmentionnées s'appliquent également aux champs B, lorsque ce champ est le facteur déterminant pour la conformité.

La valeur plafond du courant de contact est de 200 mA pour une durée totale maximale de 90 s au cours d'une période de 6 min ou de 500 mA pour une durée totale maximale de 15 s au cours d'une période de 6 min. Si un courant de courte durée mesuré dépasse 200 mA pendant plus de 15 s, cette durée devient la durée limite sur la période de 6 min.

L.7 Assouplissement pour les fréquences de traitement inférieures ou égales à 41 MHz

Les valeurs E de l'Article BB.5 sont doublées pour les **équipements de chauffage et de traitement diélectriques** qui remplissent les critères de **champ proche électrique** donnés en BB.3.2.

Les valeurs E de l'Article BB.6 sont doublées pour les **équipements de chauffage et de traitement diélectriques** qui remplissent les critères de **champ proche électrique** donnés en BB.3.2.

La valeur plafond du courant de contact est de 500 mA pour une durée totale maximale de 15 s au cours d'une période de 6 min.

NOTE Les justifications sont données à l'Annexe DD.

L.8 Classes de risque

Les classes de risque suivantes (voir Tableau 3 de la Partie 1) s'appliquent aux **équipements de chauffage et de traitement diélectriques**:

- classe 1 pour les opérateurs d'équipements dont le **moyen d'accès** est conforme au 14.4.101;
- classe 2 pour les opérateurs d'équipements qui n'exigent pas la manipulation manuelle de la charge par l'opérateur immédiatement avant, pendant ou après le traitement, et pour lesquels l'opérateur est considéré comme étant relié à la terre;
- classe 2 pour le personnel de maintenance qui travaille à distance des zones à hautes tensions ou à hautes fréquences d'équipements dont les fréquences de traitement sont inférieures à 100 MHz;
- classe 3a pour les opérateurs d'équipements autres que ceux énumérés ci-dessus pour la classe 1 et la première entrée de la classe 2, à moins que le constructeur puisse démontrer que la classe 2 est réaliste;
- classe 3a pour les opérateurs d'équipements relevant de la classe 2 s'ils ne sont pas manifestement classés conformément aux définitions données en 3.1.103 et 3.1.104;
- classe 3a pour le personnel de maintenance qui travaille dans les zones à hautes tensions et à hautes fréquences d'équipements dont les fréquences de traitement sont inférieures à 100 MHz;
- classe 3 pour le personnel de maintenance qui travaille dans les zones à hautes tensions et à hautes fréquences d'équipements dont les fréquences de traitement sont supérieures ou égales à 100 MHz.

Les classes de risque 3a et 3 se distinguent par l'accès lors du fonctionnement à la fréquence de traitement: avec la classe 3a, l'accès est autorisé sous réserve que l'utilisateur porte un équipement de protection individuelle, mais un tel accès n'est pas autorisé avec la classe 3; voir Tableau 3 de la Partie 1.

L.9 Instrumentation

L.9.1 Généralités

Le champ magnétique B correspond à la grandeur effectivement mesurée par les sondes à bobines, mais de nombreux instruments utilisent une échelle en unités H et appliquent le facteur d'échelle μ_0 (la constante magnétique) applicable aux circuits non magnétiques. Il est également à noter que certains instruments utilisent une échelle en mW/cm^2 pour les champs électriques et magnétiques, mais cette grandeur n'est valable que pour les ondes qui se propagent dans l'espace libre et qui n'interviennent pas dans le **chauffage et traitement diélectriques**.

L'exactitude de l'instrument, en particulier la conception et les spécifications de sa ou ses sondes, est importante. Très peu d'instruments disponibles sur le marché parviennent à gérer la limite de fréquence supérieure de 300 MHz avec une bonne exactitude. Cela s'applique en particulier aux sondes de champ magnétique à bobines avec transformateurs de courant intégrés ou fournis séparément. L'utilisation de pinces ampèremétriques à hautes fréquences spéciales à des fréquences supérieures à 100 MHz n'est pas spécifiée dans le présent document.

L.9.2 Instruments destinés à être utilisés par les constructeurs

L'instrumentation à utiliser de préférence par les constructeurs d'équipements doit présenter une inexactitude maximale d'environ $\pm 1,5$ dB (soit environ ± 40 %) après l'étalonnage et un couplage minimal avec les parties métalliques adjacentes. Cette inexactitude ne peut alors être spécifiée que pour les hautes fréquences ISM inférieures à 41 MHz. Une erreur d'anisotropie d'environ ± 1 dB ne peut généralement pas être évitée, mais peut être réduite par rotation du capteur. Ces instruments répondent à des exigences relativement strictes et sont traçables aux organismes nationaux chargés de la protection contre les rayonnements non ionisants. Avec ces instruments, les valeurs obtenues doivent ensuite être utilisées sans correction.

NOTE Des considérations relatives à ces inexactitudes sont incluses dans la détermination des facteurs de sûreté, par exemple dans la directive 2013/35/UE et dans la norme IEEE/ANSI C95.1:2019.

L.9.3 Spécifications minimales

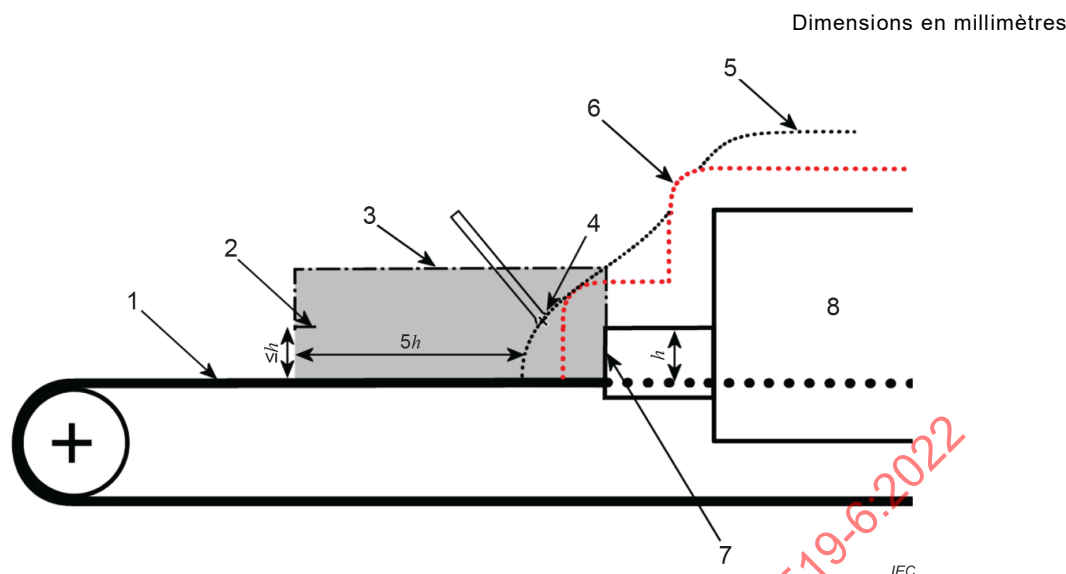
La spécification suivante ne s'applique qu'aux essais individuels de série et peut également s'appliquer pour la vérification des compteurs après une opération de réparation ou de maintenance.

Si l'inexactitude semble douteuse pour un instrument destiné à être utilisé pour des mesures de routine, les alternatives sont les suivantes: utiliser un instrument avec une meilleure exactitude, l'étalonner en utilisant un mode de substitution avec un instrument qui présente une meilleure exactitude, ou utiliser un instrument d'une fiabilité telle qu'une correction maximale des valeurs mesurées d'environ ± 3 dB (soit environ -50 %; $+100$ %) est acceptable. L'anisotropie de la sonde doit être vérifiée et utilisée pour des corrections ultérieures par moyennage. Les valeurs E et H mesurées et ajustées selon l'anisotropie sont doublées afin d'obtenir les valeurs d'émission réelles corrigées lorsque les valeurs mesurées sont proches des limites conformément aux Articles BB.5, BB.6, et BB.7. Si les valeurs mesurées sont significativement inférieures aux limites, une procédure simplifiée s'applique: les valeurs mesurées doivent être consignées et accompagnées d'une évaluation écrite de l'inexactitude de l'instrumentation.

L.9.4 Figures explicatives

La Figure BB.1 et les notes associées montrent et décrivent les données d'une grande barrière HF utilisée dans un scénario, qui comporte un équipement à tunnel de type convoyeur pour le chauffage d'un flux continu de charges. Les charges ne sont pas représentées sur la figure. Les mesures d'émission doivent être effectuées à l'aide de charges types, puis la moyenne est établie conformément aux exigences fournies à l'Article BB.5, BB.6 ou BB.7. La Figure BB.1 représente une coupe verticale centrale. La Figure CC.3 représente une coupe horizontale du même type de tunnel, mais pour les barrières hyperfréquences. Noter que la définition de la surface de référence est différente pour les hautes fréquences et les hyperfréquences.

La Figure BB.2 et les notes associées montrent et décrivent les données d'un **scénario**, qui comporte un équipement de soudage de plastique.



Légende

- 1 bande transporteuse. La **charge** n'est pas représentée et la dimension h ne la contient pas
- 2 ouverture de la **barrière haute fréquence** Sa hauteur est inférieure ou égale à la hauteur accessible h de l'**accès d'entrée ou de sortie**, qui est mesurée entre le haut de la bande transporteuse et le plafond de l'**accès d'entrée ou de sortie**
- 3 toit de la **barrière haute fréquence** (ligne mixte), son niveau étant à la surface de référence sur le plan vertical de l'**accès d'entrée ou de sortie**, ou plus à l'intérieur au-dessus de l'équipement, où est située l'antenne de la sonde lorsque la limite d'émission maximale admise dans les **conditions de fonctionnement normal** est mesurée. (l'emplacement vertical minimal est représenté)
- 4 antenne de la sonde de mesure d'**émission de hautes fréquences** à l'extrémité de la poignée, située sur la **surface de référence**
- 5 positions mesurées de la **surface de référence** (courbe en pointillés noirs) dans la coupe transversale, représentées sans la **barrière haute fréquence**
- 6 distance minimale spécifiée de 150 mm au minimum par rapport à la sonde de mesure d'**émission de hautes fréquences** (courbe en pointillés rouges) de l'équipement, dans la coupe transversale et sans la **barrière haute fréquence**
- 7 accès d'entrée ou de sortie
- 8 chambre de traitement à revêtement métallique. Celle-ci ainsi que les sections d'**accès d'entrée et de sortie** constituent l'**enceinte haute fréquence**

La figure est dessinée pour les cas, où la hauteur accessible h de l'accès d'entrée ou de sortie (7) est $75 \text{ mm} < h \leq 170 \text{ mm}$ (voir Tableau 101). Les doigts, la main et une partie du bras peuvent alors être insérés. La longueur exigée de la **barrière** indiquée dans le Tableau 101, mesurée comme la distance entre la **surface de référence** (6) et l'ouverture de la **barrière** d'accès aux hyperfréquences (2), est alors de $5 \times h$, c'est-à-dire qu'elle est supérieure à 375 mm et inférieure ou égale à 850 mm.

La figure est dessinée vue de côté. Les mêmes exigences concernant la **barrière** d'accès aux hyperfréquences par rapport à la **surface de référence** (5) s'appliquent aussi dans les directions horizontales, c'est-à-dire vue du dessus et du dessous.

Si la surface de référence se prolonge également au-dessous de la bande transporteuse (1) et qu'elle est accessible, la surface se prolonge également dans cette région. La longueur exigée de la **barrière haute fréquence** du Tableau 101 ainsi que sa hauteur globale doivent alors être étendues.

La **barrière haute fréquence** de cette figure est réalisée dans une matière homogène (généralement en plastique) et est située juste à l'extérieur de la surface de référence (6). Si la **barrière haute fréquence** est constituée d'un maillage ou qu'elle comporte des trous, les exigences de la troisième colonne du Tableau 101 spécifient un emplacement le long de la bande transporteuse plus éloigné de la **surface de référence**.

A défaut d'une **barrière haute fréquence** qui comporte des côtés et un plafond, une **barrière haute fréquence** verticale peut être utilisée de chaque côté de la bande transporteuse (1) à l'extérieur de l'accès d'entrée ou de sortie (7). Ce cas est représenté à la Figure CC.3 pour les **barrières hyperfréquences**; noter que la définition du **plan de référence** est différente pour les hautes fréquences et les hyperfréquences.

NOTE L'**enceinte haute fréquence** définie en 3.2.105 n'inclut pas les **barrières hautes fréquences**. Selon la définition donnée en 3.3.101, celles-ci, tout comme les **protecteurs** définis en 3.3.4 de la Partie 1, n'ont aucune incidence sur la position de la **surface de référence**, comme cela est représenté sur cette figure. Les **écrans hautes fréquences** et les **obstacles** définis en 3.3.102 et en 3.3.5 de la Partie 1 ont une incidence sur la position de la **surface de référence** et sont donc inclus pour les mesures, la distance minimale de 150 mm étant observée. Cela s'applique également aux **obstacles**.

**Figure BB.1 – Grande barrière haute fréquence pour
un scénario qui comporte un équipement de chauffage transporté**