

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electric welding equipment – Assessment of restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) –
Part 2: Arc welding equipment**

**Matériels de soudage électrique – Évaluation des restrictions relatives à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz à 300 GHz) –
Partie 2: Matériels de soudage à l'arc**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 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 Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electric welding equipment – Assessment of restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) –
Part 2: Arc welding equipment**

**Matériels de soudage électrique – Évaluation des restrictions relatives à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz à 300 GHz) –
Partie 2: Matériels de soudage à l'arc**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.160; 25.160.30

ISBN 978-2-8322-3271-2

**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
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms, definitions and abbreviations	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 Quantities and units	8
3.3 Constants	8
4 Requirements	8
5 Assessment methods.....	8
5.1 General considerations.....	8
5.1.1 Time averaging	8
5.1.2 Spatial averaging of external field values.....	8
5.1.3 Spatial averaging of intracorporeal values	9
5.1.4 Equipment with pulsed or non-sinusoidal welding current.....	9
5.1.5 Considerations for spectral analysis	12
5.1.6 Uncertainty of assessment	13
5.2 Measurement of external field levels.....	14
5.2.1 General	14
5.2.2 Measurement equipment	14
5.3 Calculation of external field levels	14
5.3.1 General	14
5.3.2 Source model and calculation equation.....	14
5.4 Calculation of intracorporeal levels.....	15
5.4.1 General	15
5.4.2 Source model.....	15
5.4.3 Body model for analytical calculations	15
5.4.4 Anatomical body models for numerical calculations.....	17
6 Assessment conditions.....	18
6.1 Assessment configurations.....	18
6.1.1 General	18
6.1.2 Exposure of the head	18
6.1.3 Exposure of the trunk	21
6.1.4 Exposure of limbs	24
6.2 Welding current conditions	26
6.2.1 General	26
6.2.2 Single operating mode	27
6.2.3 Multiple operating modes	28
6.2.4 Worst case power source capability	28
6.2.5 Current ripple.....	28
7 EMF data sheet and assessment report.....	28
Annex A (informative) Example for EMF data sheet structure	30
Annex B (informative) Assessment example for maximum power-source capability.....	31
B.1 Equipment description	31
B.2 Welding current measurement and spectral analysis	31
B.3 Assessment of non-thermal effects	32
Annex C (informative) Summation with approximated and piecewise linear limit values	36

Annex D (informative) Coupling factors for various distances and disk radii.....	37
Bibliography	38
Figure 1 – Piecewise linear and approximated limit amplitudes	11
Figure 2 – Piecewise linear and approximated summation function phase angles	11
Figure 3 – Spectral synthesis for the validation of the analysis.....	12
Figure 4 – Equivalent waveform for non-repetitive signals.....	13
Figure 5 – Conducting disk in a uniform magnetic flux density.....	15
Figure 6 – Electrical conductivity for homogeneous body models	16
Figure 7 – Field measurement at head position.....	19
Figure 8 – Field calculation at head position.....	19
Figure 9 – Analytical calculation of intracorporeal metrics for the head.....	20
Figure 10 – Numerical calculation of intracorporeal metrics for the head	21
Figure 11 – Field measurement at trunk position.....	21
Figure 12 – Field calculation at trunk position	22
Figure 13 – Analytical calculation of intracorporeal metrics for the trunk.....	22
Figure 14 – Numerical calculation of intracorporeal metrics for the trunk	23
Figure 15 – Field measurement at limb positions, hand and thigh.....	24
Figure 16 – Field calculation at limb positions, hand and thigh	24
Figure 17 – Analytical calculation of intracorporeal metrics for hand and thigh	25
Figure 18 – Numerical calculation of intracorporeal metrics for hand and thigh	26
Figure B.1 – Example 1 – Current ripple	31
Figure B.2 – Example 1 – Maximum power-source capability	32
Figure B.3 – Example 1 – EI calculation element	33
Figure B.4 – Example 1 – EI calculation summary	34
Figure B.5 – Example 1 – EMF data sheet.....	35
Figure C.1 – EI comparison with approximated and piecewise linear values	36
Table 1 – Phase angles of weighting function or summation function.....	9
Table 2 – Radii and coupling factors for 2D disk models	16
Table D.1 – Coupling factors for various distances and disk radii	37

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRIC WELDING EQUIPMENT – ASSESSMENT OF RESTRICTIONS RELATED TO HUMAN EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS (0 Hz to 300 GHz) –

Part 2: Arc welding 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.

International Standard IEC 62822-2 has been prepared by IEC technical committee 26: Electric welding.

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

FDIS	Report on voting
26/584/FDIS	26/591/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62822 series, published under the general title *Electric welding equipment – Assessment of restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*, can be found on the IEC website.

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

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

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 62822-2:2016

ELECTRIC WELDING EQUIPMENT – ASSESSMENT OF RESTRICTIONS RELATED TO HUMAN EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS (0 Hz to 300 GHz) –

Part 2: Arc welding equipment

1 Scope

This part of IEC 62822 applies to equipment for arc welding and allied processes designed for occupational use by professionals and for use by laymen.

NOTE 1 Typical allied processes are electric arc cutting and arc spraying.

This standard specifies procedures for the assessment of human exposure to magnetic fields produced by arc welding. It covers non-thermal biological effects in the frequency range from 0 Hz to 10 MHz and defines standardized test scenarios.

NOTE 2 The general term “field” is used throughout this document for “magnetic field”.

NOTE 3 For the assessment of exposure to electric fields and thermal effects, the methods specified in the Generic Standard IEC 62311 apply.

This standard does not define methods for workplace assessment regarding the risks arising from electromagnetic fields (EMF). However, the EMF data that results from the application of this standard can be used to assist in workplace assessment.

Other standards may apply to products covered by this standard. In particular this standard cannot be used to demonstrate electromagnetic compatibility with other equipment. It does not specify any product safety requirements other than those specifically related to human exposure to electromagnetic fields.

2 Normative references

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

IEC 60050-851:2008, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 851: Electric welding*

IEC 60974-1, *Arc welding equipment – Part 1: Welding power sources*

IEC 60974-6, *Arc welding equipment – Part 6: Limited duty equipment*

IEC 61786-1, *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments*

IEC 61786-2, *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 2: Basic standard for measurements*

IEC 62822-1, *Electric welding equipment – Assessment of restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) – Part 1: Product family standard*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-851 on electric welding, in IEC 60974-1 and IEC 60974-6, as well as the following, apply.

3.1.1

basic restrictions

exposure limit value

restrictions on exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields that are based directly on established health effects and biological considerations

3.1.2

exposure index

EI

result of the evaluation of exposure to (both sinusoidal and non-sinusoidal) EMF, expressed as a fraction or percentage of the permissible values

Note 1 to entry: Fractions higher than 1 (100 %) represent exceeding the permissible values.

3.1.3

general public

individuals of all ages and of varying health conditions

Note 1 to entry: Varying ages and health conditions can increase the individuals susceptibilities to EMF.

3.1.4

general public exposure

the exposure of members of the general public to EMF

Note 1 to entry: In many cases, members of the general public are unaware of their exposure to EMF.

3.1.5

health effects

adverse effects, such as thermal heating or stimulation of nerve and muscle tissue as a result of human exposure to EMF

3.1.6

intracorporeal

situated or occurring within the body

3.1.7

layman

operator who does not weld in the performance of his profession and may have little or no formal instruction in welding

[SOURCE: IEC 60050-851:2008, 851-11-14, modified – "arc welding" was replaced by "welding"]

3.1.8

non-thermal effects

the stimulation of muscles, nerves or sensory organs as a result of human exposure to EMF

3.1.9

occupational exposure

the exposure of workers to EMF at their workplaces, generally under known conditions, and as a result of performing their regular or assigned job activities

Note 1 to entry: A worker is any person employed by an employer, including trainees and apprentices.

3.1.10

reference levels

action levels

directly measurable quantities, derived from basic restrictions, provided for practical exposure assessment purposes

Note 1 to entry: Respect of the reference levels will ensure respect of the relevant basic restriction. If the reference levels are exceeded, it does not necessarily follow that the basic restriction will be exceeded.

3.1.11

sensory effects

transient disturbed sensory perceptions and minor changes in brain functions as a result of human exposure to EMF

3.2 Quantities and units

The internationally accepted SI units are used throughout this document.

Physical quantity	Symbol	Unit	Dimension
Current density	J	Ampere per square metre	$A\ m^{-2}$
Electric conductivity	σ	Siemens per metre	$S\ m^{-1}$
Electric current	I	Ampere	A
Electric field strength	E	Volt per metre	$V\ m^{-1}$
Frequency	f	Hertz	Hz
Magnetic flux density	B	Tesla	$T\ (Vs\ m^{-2})$
Permeability	μ	Henry per metre	$H\ m^{-1}$

3.3 Constants

Physical constant	Symbol	Magnitude	Dimension
Permeability of free space	μ_0	$4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$	$H\ m^{-1}$

4 Requirements

Equipment shall be assessed as defined in Clause 7, using the methods given in Clause 5 and the conditions defined in Clause 6. The results shall be reported as specified in Clause 7.

5 Assessment methods

5.1 General considerations

5.1.1 Time averaging

Time averaging of exposure is not permitted for non-thermal effects unless the applied national or international requirements explicitly specify time averaging procedures.

5.1.2 Spatial averaging of external field values

Reference levels are typically based on spatial averaging over the relevant part of the body. If spatial averaging of exposure is not excluded and no specific procedures are defined in applicable national and international requirements, the procedures detailed in the relevant subclauses of 6.1 shall be applied.

5.1.3 Spatial averaging of intracorporeal values

If spatial averaging of exposure is not excluded and no specific procedures are specified in applicable national and international requirements, the procedures detailed in the relevant subclauses of 5.3 and 6.1 shall be applied.

5.1.4 Equipment with pulsed or non-sinusoidal welding current

5.1.4.1 General

Several methods for the assessment of pulsed and non-sinusoidal fields are available. For the purpose of this standard, only the weighted peak methods as given in 5.1.4.2 and 5.1.4.3 are applicable. For additional information, see IEC 61786-2. The result of these calculation methods is the exposure index (EI).

NOTE Applications of the weighted peak method in time domain or frequency domain are mathematically equivalent and give exactly the same results, if applied correctly. For some cases, e.g. when large numbers of spectral components have to be considered for the complete analysis of a signal, the application of the time domain method can be less complex.

Phase angles used for the weighted peak methods are given in Table 1.

Table 1 – Phase angles of weighting function or summation function

proportionality p_A ^{a)}	$1/f^2$	$1/f$	f^0 (constant)	f
phase angle φ_1 ^{b)}	180°	90°	0°	-90°
^{a)} p_A is the proportionality factor defining the variation of the basic restriction/reference level as specified in the applicable national and international requirements.				
^{b)} φ_1 is the phase angle of the weighting function or summation function.				

5.1.4.2 Weighted peak method in the time domain

For time domain evaluation, an evaluation system which incorporates a weighting function is applicable. The evaluation shall be based on the peak value of the weighted signal. This method can be used for both external field levels and intracorporeal metrics.

For comparison with the given exposure levels, the weighting function shall have a frequency response which matches the applicable national and international requirements, so that the weighting and summation of spectral components occurs in the time domain.

Further information on this method is given in IEC 62311.

The attenuation and phase angles of the weighting functions can be approximated with electronic or digital filters. The attenuation shall not deviate more than 3 dB and the phase angles not more than 90° from the piecewise linear frequency response. The piecewise linear values for phase angles are given in Table 1.

5.1.4.3 Weighted peak method in the frequency domain

For frequency domain evaluation, a phase corrected summation of the weighted spectral components of the signal is applicable. The evaluation shall be based on the peak value of the weighted signal as given in Equation (1). This method can be used for both external field levels and intracorporeal metrics.

The sum of the weighted spectral components shall not exceed 1 at any time t within the evaluation interval, which shall be one period of the pulsed or non-sinusoidal signal. The time increments used for evaluation shall be less than or equal to 1/10 of the period of the highest relevant spectral component, as defined in 5.1.5.4.

$$\left| \sum_i \frac{A_i}{L_i} \cos(2 \times \pi \times f_i \times t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (1)$$

where

A_i is the amplitude of the spectral component at frequency f_i ;

L_i is the applicable limit at frequency f_i ;

f_i is the frequency of the spectral component i ;

θ_i is the phase angle of the spectral component at frequency f_i ;

φ_i is the phase angle of the summation function at frequency f_i , see Table 1.

The amplitudes and phase angles of the limit values can be approximated with electronic or digital filters. The amplitudes shall not deviate more than 3 dB and the phase angles not more than 90° from the piecewise linear frequency response. The piecewise linear values for phase angles are given in Table 1.

Approximation of the piecewise linear values of limits L_i at frequencies f_i shall be done using complex functions such as Equation (2). The initial amplitude V_0 , the number of corner frequencies and the position of the relevant terms are dependent on the applicable limits.

$$L_i = \left| V_0 \frac{(1 + s_i/\omega_1)(1 + s_i/\omega_2)(1 + s_i/\omega_3)}{(1 + s_i/\omega_4)(1 + s_i/\omega_5)(1 + s_i/\omega_6)} \right| \quad (2)$$

where

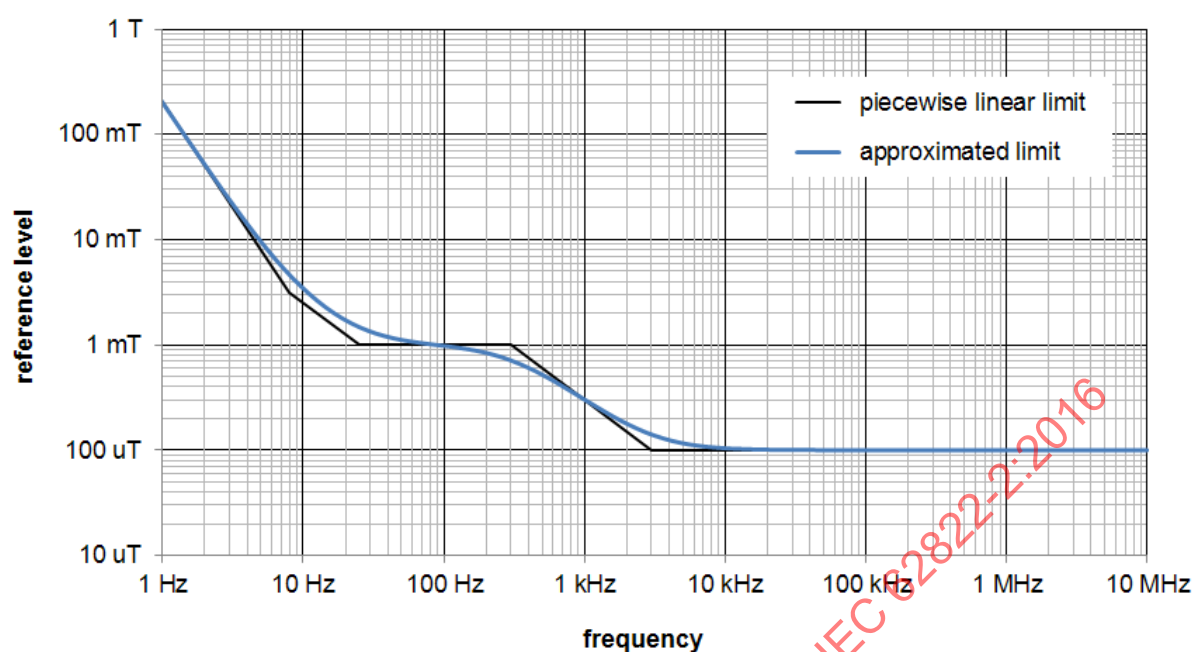
s_i is calculated as $j 2 \pi f_i$;

ω_n is ω at the n^{th} corner frequency $f_{c n}$;

$f_{c n}$ is the n^{th} corner frequency.

An example for a piecewise linear limit and the derived approximation is shown in Figure 1. The example shows the combined reference levels for sensory and health effects in the head as specified in the European EMF Workers Directive 2013/35/EU [2]¹.

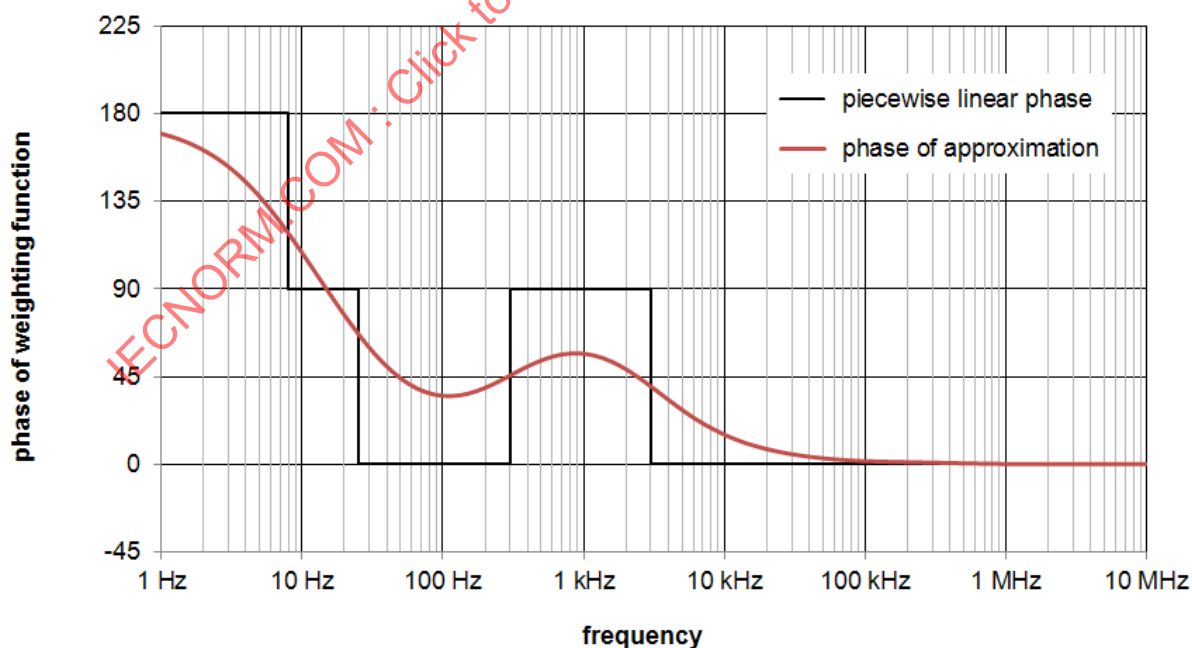
¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.



IEC

Figure 1 – Piecewise linear and approximated limit amplitudes

The phase angles φ_i of the summation function shall be calculated from the complex function for the approximated amplitudes. An example for piecewise linear phase angles and the phase angles of the derived approximation is shown in Figure 2, an example for the effect of this approximation is given in Annex C. The example in Figure 2 shows the phase angle of the combined reference levels for sensory and health effects in the head as specified in the European EMF Workers Directive 2013/35/EU [2].



IEC

Figure 2 – Piecewise linear and approximated summation function phase angles

5.1.5 Considerations for spectral analysis

5.1.5.1 Validation

The results of spectral analyses, i.e. the amplitudes and phase angles of the spectral components of the assessed welding current or magnetic field, shall be validated. An example for validation by spectral synthesis is given in Figure 3.

NOTE The purpose of the validation is to check if major mistakes were made when performing spectral analysis (e.g. 90° errors in the phase angles) rather than checking for small deviations due to sampling rates or digitizing.

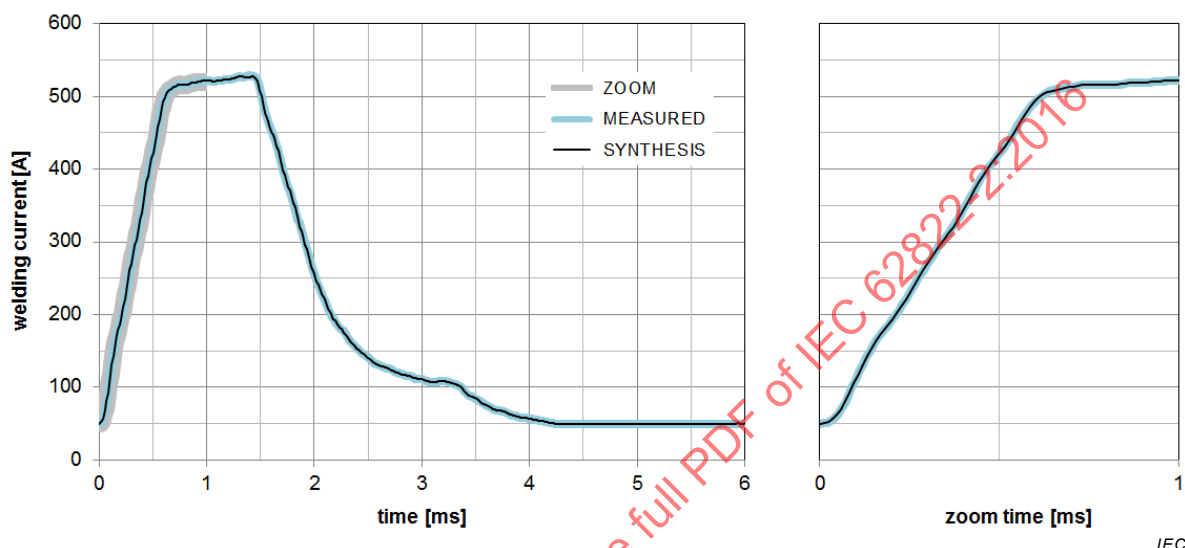


Figure 3 – Spectral synthesis for the validation of the analysis

5.1.5.2 Analysis of repetitive signals

Spectral analysis of repetitive signals (e.g. pulsed welding, a.c. welding or the welding current ripple) shall be based on one full cycle of the signal, where the amplitude at the beginning and the end of the assessment time-frame shall be equal. The number of spectral components to be calculated, i.e. the highest frequency covered by the spectral components, shall comply with the requirements given in 5.1.5.4.

5.1.5.3 Analysis of non-repetitive signals

In order to simplify the spectral analysis of non-repetitive signals (e.g. the maximum rate of change of current with respect to time (di/dt) capability of the welding power source), the constant part after the change can be replaced by a slope with a weighted value that is considerably lower than that of the change to be assessed, and does not influence the resulting value of the exposure index EI. The repetition time shall be sufficiently long to allow the EI curve to decay to zero before the end of the artificial cycle. By this, the non-repetitive signal is replaced by a repetitive signal that can be assessed as given in 5.1.5.2. See Figure 4.

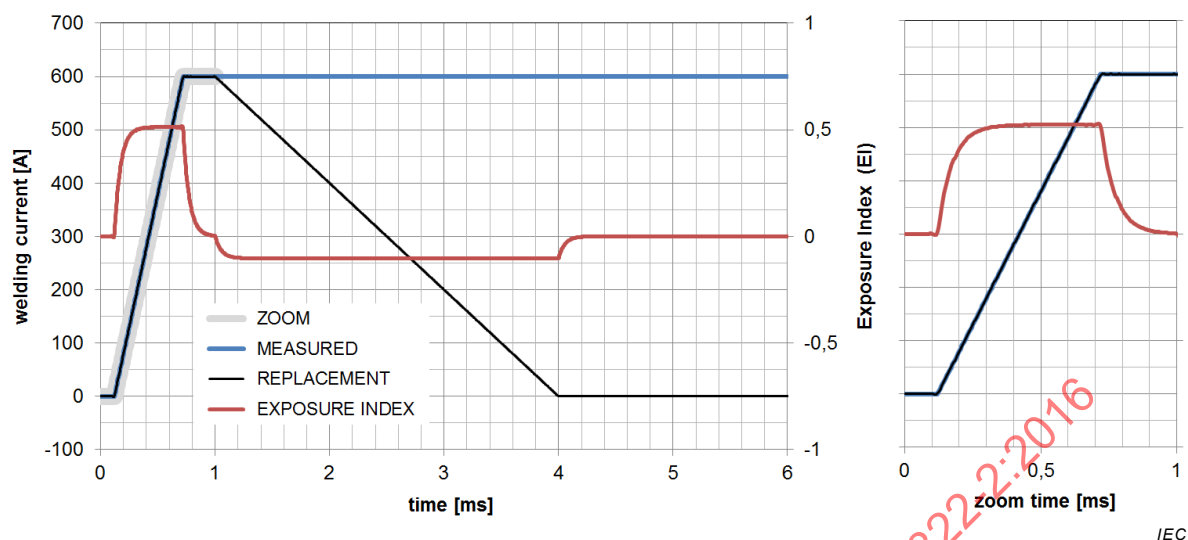


Figure 4 – Equivalent waveform for non-repetitive signals

5.1.5.4 Frequency range limitations

Assessment, dependent on the type of welding current waveform, shall be made in the relevant frequency range from 0 Hz (d.c., as applicable) to an upper frequency defined as the highest applicable value of

- 1 kHz for single phase transformer-rectifier types;
- 3 kHz for three phase transformer-rectifier types;
- 10 kHz for thyristor controlled types;
- 10 times the ripple frequency for inverter types;
- 10 times the a.c. welding current frequency;
- the frequency $f_{\max}$ defined by the minimum rise or fall time $\tau_{p \min}$ of the maximum welding current (10 % to 90 %, from 0 A to $I_{2 \max \text{ pos}}$ or $I_{2 \max \text{ neg}}$).

$$f_{\max} = 10 \times \frac{1}{4 \times \tau_{p \min}} \quad (3)$$

The maximum upper frequency within the scope of this standard is 10 MHz.

The manufacturer, based on his knowledge of the process or special techniques used in the apparatus, shall select a higher upper frequency if applicable. An example for such a case is an a.c. square-wave power source.

If the output-current ripple-amplitude meets the exclusion criteria given in IEC 62822-1, the upper frequency range boundary based on ripple frequency can be neglected.

5.1.6 Uncertainty of assessment

The expanded uncertainty of the assessment shall be calculated as defined in IEC 61786-2.

If the expanded uncertainty is higher than the value specified IEC 62822-1, and the assessment is not proven to provide conservative results (i.e. overestimates the exposure), the method to calculate penalties given in IEC 62822-1 shall be applied.

5.2 Measurement of external field levels

5.2.1 General

This method is based on field measurements and can be used to show compliance without the need for complex calculation or modelling procedures related to basic restrictions. Reference levels typically include additional margins and are derived from the basic restrictions by using assumptions with regard to the properties of the field and the coupling conditions. Therefore this method represents a conservative approach and generally overestimates exposure.

The results shall be compared to the limits that are applicable to the relevant parts of the body as specified in IEC 62822-1.

Field measurements shall be made with straight welding cables carrying the relevant test current I_t . Return cables shall be routed in a way that eliminates or minimizes the influence of the return current on the measured field.

In the case of a metallic floor, the welding cables shall be placed on a non-metallic support with a minimum height of 0,8 m. Any other metallic objects, which could distort the magnetic field, should be at a horizontal distance of at least 2 m from the measurement points.

Measurements of background levels are recommended to establish the presence of external fields.

If necessary the influence of external field sources should be minimized. For medium and high frequency ranges this can be achieved by measurements in shielded enclosures, which shall be of sufficient size to avoid field distortion. Generally, increasing the distance to external sources of magnetic fields will dramatically decrease the background field strength.

5.2.2 Measurement equipment

The field probes(s) used for measurement shall comply with the requirements of IEC 61786-1, the probe(s) shall be of an area of $3 \text{ cm}^2 \pm 0,6 \text{ cm}^2$.

5.3 Calculation of external field levels

5.3.1 General

This method is based on analytical field calculations using welding current parameters and other data (e.g. source models and assessment configuration) and can be used to show compliance without the need for extensive field measurement campaigns or complex calculation or modelling procedures related to basic restrictions. Reference levels typically include additional margins and are derived from the basic restrictions by using assumptions with regard to the properties of the field and the coupling conditions. Therefore this method represents a conservative approach and generally overestimates exposure.

The results shall be compared to the limits that are applicable to the relevant parts of the body as specified in IEC 62822-1.

5.3.2 Source model and calculation equation

The model of an infinite single straight wire shall be used. Reference levels are typically applicable to field levels B_{AV} that are averaged over the relevant part of the body, therefore Equation (4), which includes averaging of the maximum and minimum values over the assessment range covered, shall be applied.

$$B_{AV} = \frac{\mu_0 \times I_t}{4 \times \pi} \times \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \quad (4)$$

where

d_1 is the smallest distance between the body part and the virtual welding cable;

d_2 is the largest distance between the body part and the virtual welding cable;

I_t is the value of a spectral component or the total value of the welding current.

NOTE Equation (4) can be used for any type of current values. The type of current values for the above equation needs to match the type of limit used for assessment (for example, r.m.s. current values will result in r.m.s. field values).

Simplified versions of Equation (4), considering the standardized distances to and dimensions of relevant body parts, are given in the relevant subclauses of 6.1.

If spatial averaging is not allowed, Equation (4) shall be used with d_2 equal to d_1 .

5.4 Calculation of intracorporeal levels

5.4.1 General

Analytical and numerical calculations of body internal metrics shall be based on the external field generated by the welding circuit and its coupling to body models. External field strengths shall be calculated, to obtain realistic results the use of anatomical body models should be combined with numerical calculation of the field-distribution.

The results for the relevant tissues and/or parts of the body shall be compared to the applicable limits as specified in IEC 62822-1.

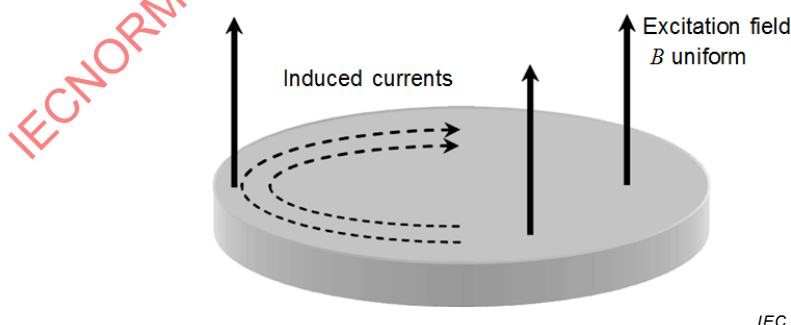
5.4.2 Source model

The model of an infinite single straight wire shall be used.

5.4.3 Body model for analytical calculations

5.4.3.1 General

The simplest analytical model used in EMF health guidelines is based on the hypothesis of coupling between a uniform external magnetic field at a single frequency, and a homogeneous disk of given conductivity, used to represent the part of the body under consideration. This is illustrated in Figure 5.



IEC

NOTE The source of this figure is Figure 1 of IEC 62226-2-1:2004.

Figure 5 – Conducting disk in a uniform magnetic flux density

The effects (current density and electric field strength) induced in the disk by a non-uniform magnetic field from a localised source are always lower than the effects that would be induced by a uniform magnetic field whose magnitude is equal to the magnitude of the non-uniform field at the edge of the disk closest to the localised source. This reduction of induced effects for non-uniform fields is quantified using the coupling factor K .

More information on the 2D disk model and the coupling factor K is given in IEC 62226-2-1.

5.4.3.2 Parameters for 2D disk models

The radii of the disks which shall be used for calculations with regard to head, trunk and limbs of the welder's body are given in Table 2, together with the coupling factors applicable to the respective standardized assessment distances.

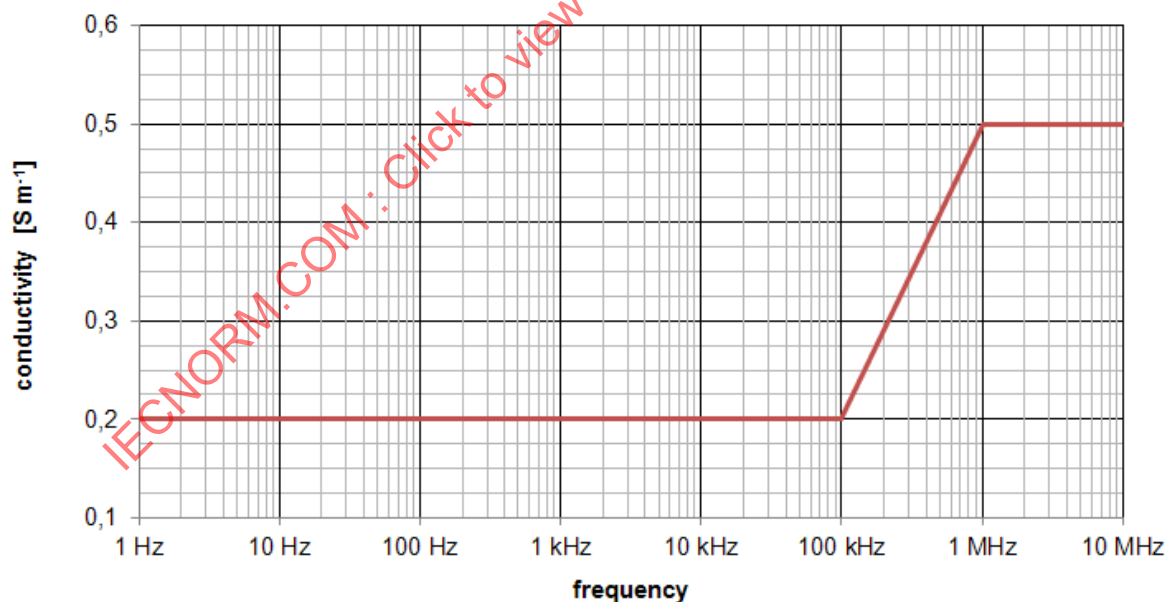
Table 2 – Radii and coupling factors for 2D disk models

	head	trunk	limbs	
			hand	thigh
Disk radius R	100 mm	200 mm	30 mm	100 mm
Coupling factor K ^{a)}	0,682 at 100 mm	0,556 at 100 mm	0,629 at 30 mm	0,432 at 30 mm

^{a)} The coupling factor K is dependent on both the radius of the disk and the distance to the welding cable. The values given here are applicable to the standardized distances as defined in 6.1.2.3, 6.1.3.3 and 6.1.4.3. Correction factors for other distances, if needed, can be found in Table D.1 or be derived based on the information given in IEC 62226-2-1.

5.4.3.3 Conductivity for 2D disk models

The value of the electrical parameters to be used for human body modelling is of critical importance with regard to the computation of induced current densities. Average values of electrical conductivity σ for a human body are given in Figure 6. These average values shall only be used for assessment procedures using simplified body models with homogeneous electrical conductivity.



IEC

Figure 6 – Electrical conductivity for homogeneous body models

The average values in Figure 6, combined with the application of homogeneous body models, provide a conservative approach to the assessment of exposure. Therefore the uncertainty for these values shall be taken as 0 %.

5.4.3.4 Calculation equations for 2D disk models

The induced current density J and the internal electric field E_i in a disk with the conductivity σ are closely linked by the simple relation given in Equation (5).

$$J = \sigma \times E_i \quad (5)$$

It is assumed that the part of the body exposed is a circular section of radius R . The calculation of the maximum electric field $E_{i \text{ MAX } u}$ at the circumference of this disk under maximum coupling conditions, i.e. with a uniform magnetic field perpendicular to this disk, is based on Equation (6).

$$E_{i \text{ MAX } u} = \pi \times R \times f \times B \quad (6)$$

where

f is the frequency of a spectral component of the welding current;

B is the magnetic flux density of the uniform field.

Considering the coupling factor K for a non-uniform field around an infinite single straight wire and the model for the magnetic field around such a field source, the maximum electric field $E_{i \text{ MAX}}$ in a disk shall be calculated as given in Equation (7).

$$E_{i \text{ MAX}} = K \times \pi \times R \times f \times \mu_0 \times \frac{I_{(f)}}{2 \times \pi \times d} \quad (7)$$

where

K is the coupling factor for non-uniform magnetic fields as given in Table 2;

R is the radius of the disk;

f is the frequency of a spectral component of the welding current;

$I_{(f)}$ is the amplitude of a spectral component of the welding current;

d is the distance between the single wire and the disk.

NOTE Equation (7) can be used for any type of current values. The type of current values for the above equation needs to match the type of limit used for assessment (for example, r.m.s. current values will result in r.m.s. electric field values).

Combined and simplified versions of Equations (5) and (7), considering the standardized distances to and dimensions of disks, are given in the relevant subclauses of 6.1.

There is a phase shift between the welding current creating the magnetic field and the induced electric field or current density in the disk, which is important for summation procedures considering phases. The phase angle of induced effects $\theta_{Ei,J}$ shall be calculated in accordance with Equation (8).

$$\theta_{Ei,J} = \theta_I + 90^\circ \quad (8)$$

where

θ_I is the phase angle of the spectral welding current component.

5.4.4 Anatomical body models for numerical calculations

Induced current density or intracorporeal electric field-strength may be derived by numerical simulation using a 3D body model where the dielectric properties of the various tissues are taken into account.

The body model shall represent relevant parts of the body (i.e. head, trunk or limbs) or the whole body, as applicable based on the relevant applicable national and international requirements setting limits.

Induced current densities and intracorporeal electric fields are calculated at the resolution of the model used. Because these models are anatomically based, it is possible to obtain results for particular tissue types, for example for Central Nervous System (CNS) tissues (the brain and/or the spinal cord), or other types as appropriate for the type of exposure assessment and the exposure requirements being used.

Such assessment involves the use of sophisticated millimetre resolution body models. These models are often derived from MRI data or from photographs of the anatomical sectional diagrams, and include accurate tissue conductivities, including those for CNS tissues, such as the brain and the spinal cord. This standard does not specify any individual method, model or technique, as several are equally applicable and accurate. Research is continuing in this area and new methods and information will become available. Additional information is given in IEC 62311.

If such simulation techniques are used, appropriate validation is required. This can be provided by peer review, appropriate published reference citations or comparison against other reviewed or referenced models.

6 Assessment conditions

6.1 Assessment configurations

6.1.1 General

Typically, different permissible values and coupling models need to be applied for different parts of the human body. This differentiation is based on the variety of tissue types, anatomic shapes or dimensions and distances to the source of electromagnetic fields that are applicable for various parts of the body.

Standardized assessment configurations, reflecting the normal operator position for manual welding, are defined below. One of the assessment options given below shall be applied for the head, trunk, and limbs of the welder.

If applicable national and international requirements exclude configurations specified in 6.1.2, 6.1.3 or 6.1.4 (e.g. if the assessment of the exposure of limbs is not required), these configurations may be omitted.

If applicable national and international requirements specifically call for the application of exposure configurations that are not specified in 6.1.2, 6.1.3 or 6.1.4, the manufacturer shall derive suitable assessment configurations following the underlying principles in 6.1.2, 6.1.3 and 6.1.4.

If applicable national and international requirements specifically exclude averaging of external field levels, measurements shall only be made at the distance d and analytical calculations shall be based on Equation (4) with $d = d_1 = d_2$.

6.1.2 Exposure of the head

6.1.2.1 Measurement of external field levels

Measurements shall be made in accordance with Figure 7. The standardized distance d from the axis of the welding cable to the closest surface of the field probes is 0,1 m.

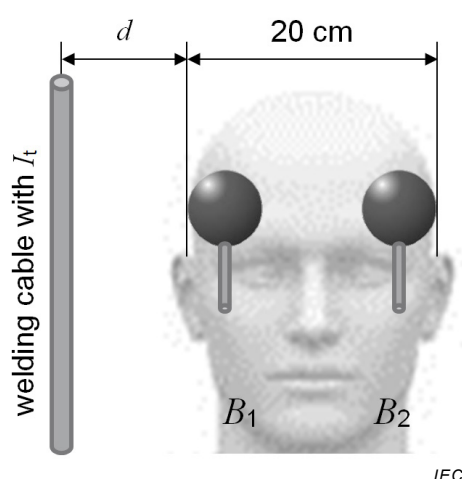


Figure 7 – Field measurement at head position

The average field level for the head $B_{AV\ head}$ shall be calculated as given in Equation (9).

$$B_{AV\ head} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (9)$$

where

B_1 is the measured value at the position closest to the welding cable;

B_2 is the measured value at the position furthest from the welding cable.

6.1.2.2 Analytical calculation of external field levels

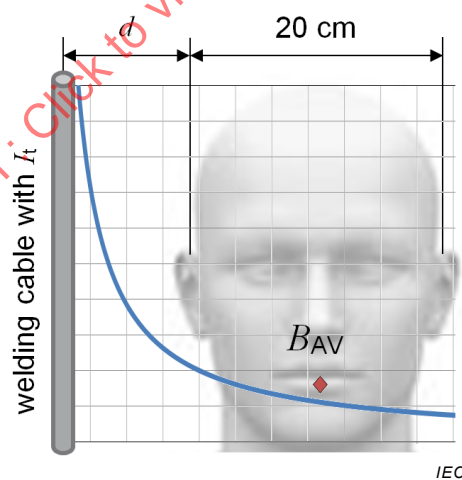


Figure 8 – Field calculation at head position

For the standardized value of $d = 0,1\text{ m}$ and a calculation range of $0,2\text{ m}$, as shown in Figure 8, the averaged external magnetic flux-density for the head $B_{AV\ head}$ shall be calculated as given in Equation (10).

$$B_{AV\ head} = 1,333 \times 10^{-6} \times I_t T \quad (10)$$

where

I_t is the value of a spectral component or the total value of the welding current.

6.1.2.3 Analytical calculation of intracorporeal levels

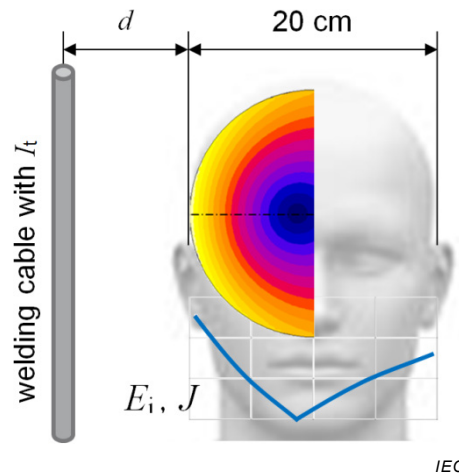


Figure 9 – Analytical calculation of intracorporeal metrics for the head

For the standardized value of $d = 0,1$ m and the standardized disk radius $R = 0,1$ m, as shown in Figure 9, the maximum intracorporeal electric field strength in the head $E_{i(f) \text{ MAX head}}$ shall be calculated as given in Equation (11).

$$E_{i(f) \text{ MAX head}} = 4,285 \times 10^{-7} \times f \times I_{(f)} \text{ V m}^{-1} \quad (11)$$

where

f is the frequency of a spectral component of the welding current;

$I_{(f)}$ is the amplitude of a spectral component of the welding current.

For the standardized value of $d = 0,1$ m and the standardized disk radius $R = 0,1$ m, as shown in Figure 9, the maximum induced current density in the head $J_{(f) \text{ MAX head}}$ shall be calculated as given in Equation (12).

$$J_{(f) \text{ MAX head}} = 4,285 \times 10^{-7} \times \sigma_{(f)} \times f \times I_{(f)} \text{ A m}^{-2} \quad (12)$$

where

$\sigma_{(f)}$ is the conductivity of the disk at the frequency f as given in Figure 6;

f is the frequency of a spectral component of the welding current;

$I_{(f)}$ is the amplitude of a spectral component of the welding current.

Other configurations can be calculated based on the information given in IEC 62226-2-1.

6.1.2.4 Numerical calculation of intracorporeal levels

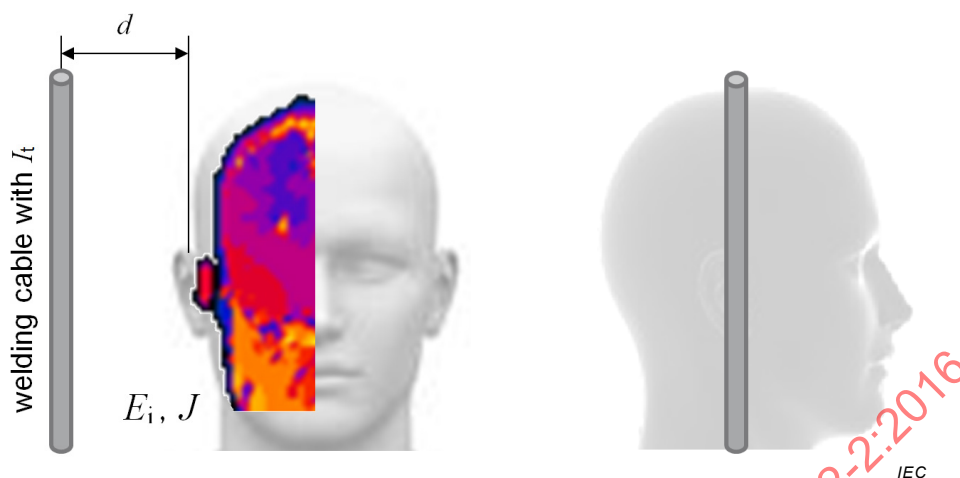


Figure 10 – Numerical calculation of intracorporeal metrics for the head

The standardized value for the distance d between the virtual welding cable and the model for the head, as defined in 5.4.4, is 0,1 m, as shown in Figure 10.

The relevant induced electric field value shall be the 99th percentile value of the vectorial averages within small contiguous tissue volumes of $2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3$.

The relevant induced current density value shall be the maximum of planar averages including only central nervous system tissues, excluding other types of tissue. The averaging area shall be perpendicular to the induced current flow and shall be smaller than or equal to 1 cm^2 .

6.1.3 Exposure of the trunk

6.1.3.1 Measurement of external field levels

Measurements shall be made in accordance with Figure 11. The standardized distance d from the axis of the welding cable to the closest surface of the field probes is 0,1 m.

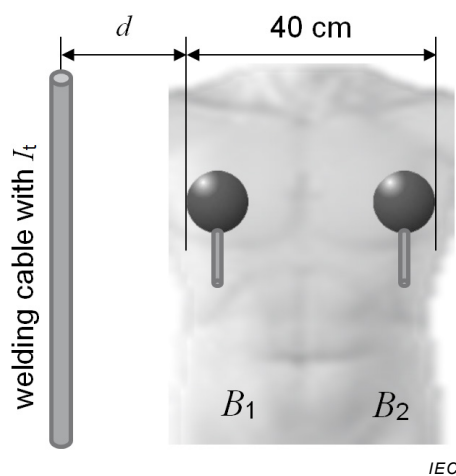


Figure 11 – Field measurement at trunk position

The average field level for the trunk $B_{AV \text{ trunk}}$ shall be calculated as given in Equation (13).

$$B_{AV \text{ trunk}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (13)$$

where

B_1 is the measured value at the position closest to the welding cable;

B_2 is the measured value at the position furthest from the welding cable.

6.1.3.2 Analytical calculation of external field levels

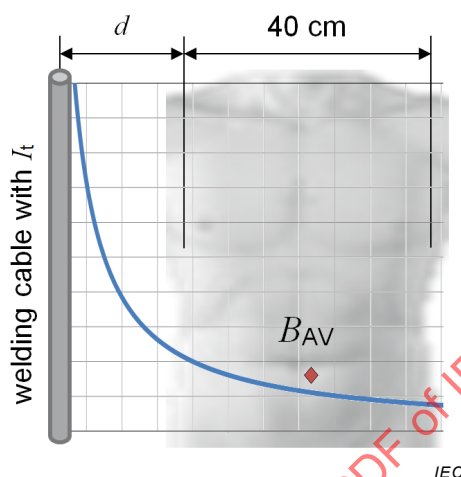


Figure 12 – Field calculation at trunk position

For the standardized value of $d = 0,1 \text{ m}$ and a calculation range of $0,4 \text{ m}$, as shown in Figure 12, the averaged external magnetic flux-density for the trunk $B_{AV \text{ trunk}}$ shall be calculated as given in Equation (14).

$$B_{AV \text{ trunk}} = 1,200 \times 10^{-6} \times I_t \text{ T} \quad (14)$$

where

I_t is the value of a spectral component or the total value of the welding current.

6.1.3.3 Analytical calculation of intracorporeal levels

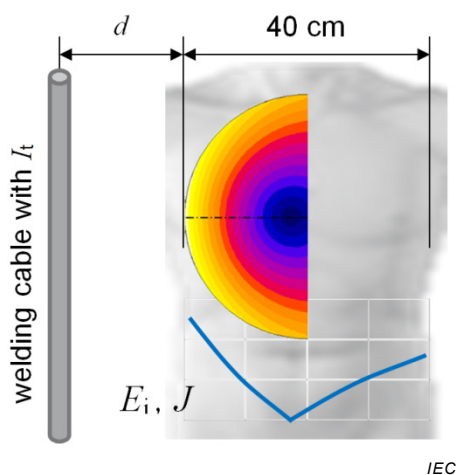


Figure 13 – Analytical calculation of intracorporeal metrics for the trunk

For the standardized value of $d = 0,1$ m and the standardized disk radius $R = 0,2$ m, as shown in Figure 13, the maximum intracorporeal electric field strength in the trunk $E_{i(f) \text{ MAX trunk}}$ shall be calculated as given in Equation (15).

$$E_{i(f) \text{ MAX trunk}} = 6,987 \times 10^{-7} \times f \times I_{(f)} \text{ V m}^{-1} \quad (15)$$

where

f is the frequency of a spectral component of the welding current;

$I_{(f)}$ is the amplitude of a spectral component of the welding current;

d is the distance to the virtual welding cable.

For the standardized value of $d = 0,1$ m and the standardized disk radius $R = 0,2$ m, as shown in Figure 13, the maximum induced current density in the trunk $J_{(f) \text{ MAX trunk}}$ shall be calculated as given in Equation (16).

$$J_{(f) \text{ MAX trunk}} = 6,987 \times 10^{-7} \times \sigma_{(f)} \times f \times I_{(f)} \text{ A m}^{-2} \quad (16)$$

where

$\sigma_{(f)}$ is the conductivity of the disk at the frequency f as given in Figure 6;

f is the frequency of a spectral component of the welding current;

$I_{(f)}$ is the amplitude of a spectral component of the welding current.

Other configurations can be calculated based on the information given in IEC 62226-2-1.

6.1.3.4 Numerical calculation of intracorporeal levels

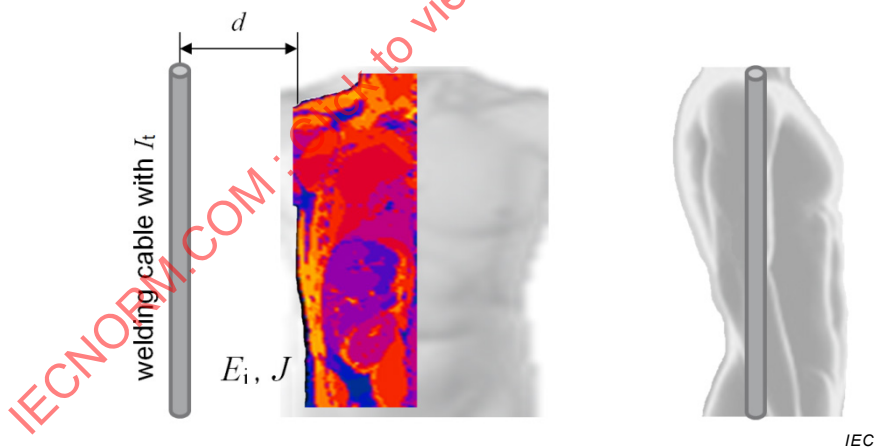


Figure 14 – Numerical calculation of intracorporeal metrics for the trunk

The standardized value for the distance d between the virtual welding cable and the model for the trunk, as defined in 5.4.4, is 0,1 m, see Figure 14.

The relevant induced electric field value shall be the 99th percentile value of the vectorial averages within small contiguous tissue volumes of $2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3$.

The relevant induced current density value shall be the maximum of planar averages including only central nervous system tissues, excluding other types of tissue. The averaging area shall be perpendicular to the induced current flow and shall be smaller than or equal to 1 cm^2 .

6.1.4 Exposure of limbs

6.1.4.1 Measurement of external field levels

The highest localized exposure of limbs during manual electric welding operation is to be expected at the hand holding the welding gun and at the thigh, which may be close to the welding cable. Therefore the configurations as defined in Figure 15 shall be applied. The standardized distance d from the axis of the welding cable to the closest surface of the field probe(s) is 0,03 m.

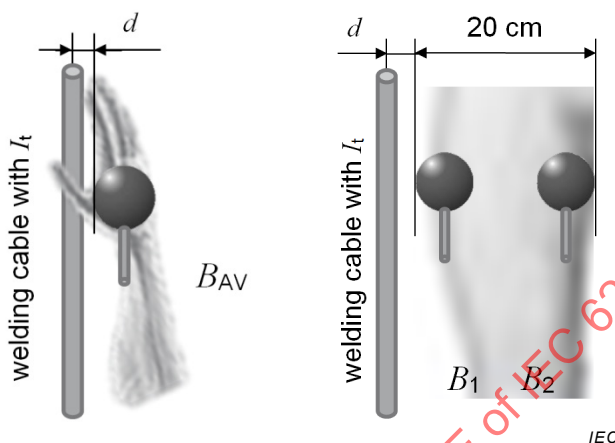


Figure 15 – Field measurement at limb positions, hand and thigh

Based on the intrinsic averaging effect due to the physical dimension of the field-probe, no additional averaging is applicable for the hand.

The average field level for the thigh $B_{AV \text{ thigh}}$ shall be calculated in accordance with Equation (17).

$$B_{AV \text{ thigh}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (17)$$

where

B_1 is the measured value at the position closest to the welding cable;

B_2 is the measured value at the position furthest from the welding cable.

6.1.4.2 Analytical calculation of external field levels

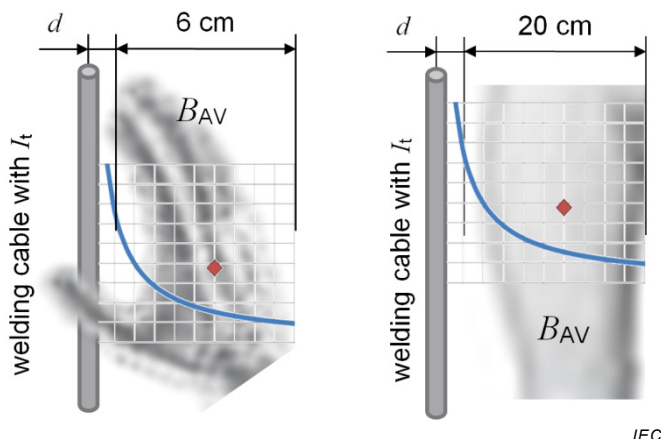


Figure 16 – Field calculation at limb positions, hand and thigh

For the standardized value of $d = 0,03$ m and a calculation range of 0,06 m, as shown in Figure 16, the averaged external magnetic flux-density for the hand $B_{AV\ hand}$ shall be calculated as given in Equation (18).

$$B_{AV\ hand} = 4,444 \times 10^{-6} \times I_t T \quad (18)$$

where

I_t is the value of a spectral component or the total value of the welding current.

For the standardized value of $d = 0,03$ m and a calculation range of 0,2 m, as shown in Figure 16, the averaged external magnetic flux-density for the thigh $B_{AV\ thigh}$ shall be calculated as given in Equation (19).

$$B_{AV\ thigh} = 3,768 \times 10^{-6} \times I_t T \quad (19)$$

where

I_t is the value of a spectral component or the total value of the welding current.

6.1.4.3 Analytical calculation of intracorporeal levels

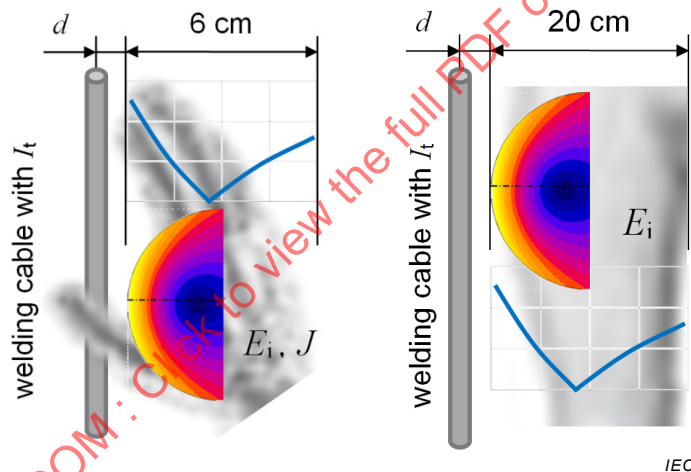


Figure 17 – Analytical calculation of intracorporeal metrics for hand and thigh

For the standardized value of $d = 0,03$ m and the standardized disk radius $R = 0,03$ m, as shown in Figure 17, the maximum intracorporeal electric field strength in the hand $E_{(i(f))\ MAX\ hand}$ shall be calculated as given in Equation (20).

$$E_{(i(f))\ MAX\ hand} = 3,952 \times 10^{-7} \times f \times I_{(f)} V\ m^{-1} \quad (20)$$

where

f is the frequency of a spectral component of the welding current;

$I_{(f)}$ is the amplitude of a spectral component of the welding current.

For the standardized value of $d = 0,03$ m and the standardized disk radius $R = 0,1$ m, as shown in Figure 17, the maximum intracorporeal electric field strength in the thigh $E_{(i(f))\ MAX\ thigh}$ shall be calculated as given in Equation (21).

$$E_{(i(f))\ MAX\ thigh} = 9,048 \times 10^{-7} \times f \times I_{(f)} V\ m^{-1} \quad (21)$$

where

f is the frequency of a spectral component of the welding current;

$I_{(f)}$ is the amplitude of a spectral component of the welding current.

Typically induced current density limitations apply to central nervous system tissues only. As there is no central nervous system tissue in limbs, the calculation of induced current densities in limbs is not applicable.

Other configurations can be calculated based on the information given in IEC 62226-2-1.

6.1.4.4 Numerical calculation of intracorporeal levels

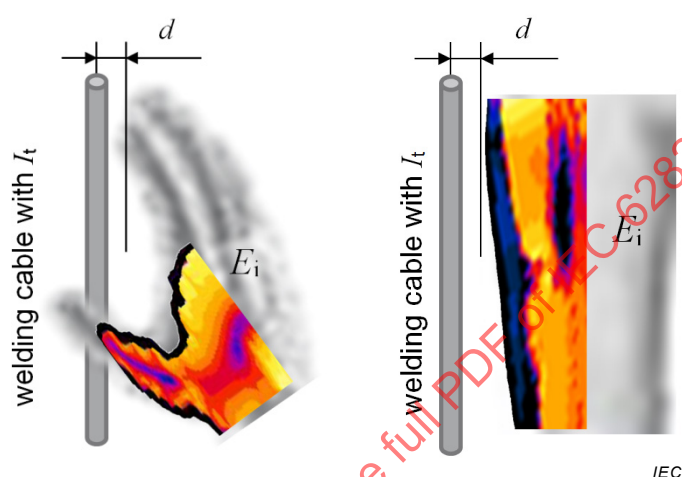


Figure 18 – Numerical calculation of intracorporeal metrics for hand and thigh

The standardized value for the distance between the virtual welding cable and the model for the limbs, as defined in 5.4.4, is 0,03 m, see Figure 18.

The relevant induced electric field value shall be the 99th percentile value of the vectorial averages within small contiguous tissue volumes of $2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3$, restricted to skin tissue.

Typically the relevant induced current density value is the maximum of planar averages including only central nervous system tissues, excluding other types of tissue. As there is no central nervous system tissue in limbs, assessment based on induced current densities in limbs is not applicable.

6.2 Welding current conditions

6.2.1 General

6.2.1.1 Procedure

The manufacturer shall select at least one of the assessment conditions given in 6.2.2, 6.2.3 and 6.2.4.

If the output-current ripple-amplitude, analysed as specified in 6.2.5, does not meet the exclusion criteria given in IEC 62822-1, the current ripple shall be included in the wave-shape to be assessed.

The wave-shape of the welding current shall be established by measurements or, if applicable, based on other data, e.g. pre-programmed welding current parameters of digitally controlled welding power sources.

6.2.1.2 Measurement of the current wave-shape

A conventional load as specified in IEC 60974-1 may be used. It is not necessary to set the load to the value corresponding to the conventional load voltages as specified in IEC 60974-1, provided that there is no influence on the selected waveform of the welding current. The load shall be connected to the welding power-source by two welding cables of appropriate cross-section.

NOTE 1 Influence on the welding current waveform could occur when short-circuit protection functions, special control routines or other functions are implemented in the welding power-source under test.

If realistic welding current waveforms cannot be achieved with a conventional load or the manufacturer prefers not to use a conventional load, measurements may be performed with constant voltage loads or under real arc conditions.

For the measurement of the welding current wave-shape, the inductance of the welding circuit including welding cables and load, as applicable, shall be less than 10 μH within the relevant frequency range.

Instruments (current transducer and oscilloscope) used for the measurement of the welding current shall have capabilities over the relevant frequency range and in terms of resolution and peak current.

Resistive shunts are not recommended for such measurements.

The sampling rate of the oscilloscope shall be set high enough to allow spectral analysis of the highest relevant frequency component.

Measurement results shall be validated in order to exclude noise or artefacts that are based on measurement errors. A possible method for validation is to derive the maximum realistic di/dt rate of the power-source before processing the data.

6.2.1.3 Current wave-shape based on other data

Current wave-shapes or the maximum di/dt capability of the power source may be derived by using parameters of the included welding programs or design parameters of the power source.

The relevant conditions given in 6.2.1.2 also apply, as applicable.

6.2.2 Single operating mode

Equipment shall be evaluated using the settings and conditions that lead to the highest exposure for the applied limits.

NOTE The highest exposure settings can be different depending on the applied limits (i.e. for EU Directive basic restrictions for sensory and health effects).

The selection of the relevant assessment conditions shall be based on the manufacturers' technical knowledge of the welding equipment and, at least, the following parameters:

- rate of change of the welding current with respect to time (di/dt);
- welding current amplitude;
- pulse repetition rate, if applicable;
- a.c. frequency, if applicable.

The application of this concept allows the assessment of the worst case setting of the welding equipment at the time of testing. If new options for setting or use (e.g. new welding programs) are added after the assessment, the assessment shall be repeated.

6.2.3 Multiple operating modes

Equipment shall be assessed in multiple operation modes as specified by the manufacturer. The specification of assessment conditions shall be based on the manufacturers' technical knowledge of the welding equipment and shall include the settings that lead to the highest exposure.

The application of this concept allows the provision of multiple sets of EMF data for the users, reducing overestimation of exposure for operating modes with EMF lower than the worst case mode (e.g. d.c. TIG welding, compared to a.c. square-wave TIG welding). Therefore unnecessary restrictions for workplaces where only lower EMF operating modes are used can be avoided. If new options for setting or use (e.g. new welding programs) are added after the assessment, the assessment shall be repeated.

NOTE The range of complexity for the differentiation of operating modes is broad, from providing data sets for each available process (e.g. MMA, MIG, TIG a.c., TIG d.c.) to providing a database for all implemented welding programs.

6.2.4 Worst case power source capability

Equipment shall be assessed using the current waveform that includes the maximum di/dt capability of the welding power source.

NOTE 1 For d.c. equipment, the current change is assessed from 0 to I_{2max} or from I_{2max} to 0. For a.c. equipment between $I_{max\ neg}$ and $I_{max\ pos}$.

This worst case exposure capability is determined by the design of the welding power source including related control systems (controlling the power circuit) and is independent from pre-programmed or otherwise pre-defined current wave-shapes (controlling the welding process).

NOTE 2 It might be appropriate to override standard operating modes to perform this assessment.

The application of this concept represents the assessment of the worst case technical di/dt capability of the welding power source. If new options for setting or use (e.g. new welding programs) are added after the assessment, there is no need to repeat the assessment.

6.2.5 Current ripple

In order to identify if the output-current ripple-amplitude meets the exclusion criteria given in IEC 62822-1, it shall be analysed at the rated welding current at 100 % duty cycle. If no rated current is specified for 100 % duty cycle (e.g. for equipment within the scope of IEC 60974-6), the analysis shall be made at 50 % of $I_{2\ max}$.

7 EMF data sheet and assessment report

The contents of the EMF datasheet are based on the mandatory compliance criteria and the required EMF data for the user, as specified in IEC 62822-1 and the decision of the manufacturer to provide additional data, exceeding the mandatory amount of information.

The minimum information to be collected during the assessment is given in the list below:

- a confirmation of compliance with the applicable basic restrictions at the standardized configurations for head, trunk and limbs – or a statement that the equipment does not comply at the standardized configurations;
- the exposure indices at the standardized configurations for head (for sensory effects and health effects, as applicable), trunk and limbs;
- the distances between the welding cable and the head, trunk and limbs with regard to the standardized configurations;
- required minimum distances for head, trunk and limbs at which compliance is ensured;

- if compliance could not be shown at all standardized configurations – the distances from the welding cable where compliance is reached for head, trunk and limbs.
- the distance from the welding cable where the exposure index falls below 20 %, based on the applicable basic restriction or reference level.
- for professional equipment – the distance from the welding cable where the exposure index falls below 100 %, based on the basic restriction or reference level for the general public.
- as applicable – if reference levels are exceeded at the standardized configurations for head, trunk and limbs;
- as applicable – if the basic restrictions for sensory effects are exceeded at the standardized configurations for the head.

NOTE 1 All distances refer to the centre of the welding cable.

NOTE 2 If applicable national and international requirements exclude parts of the body (e.g. limbs), information regarding these parts may not be required.

An example for additional information that may be collected during the assessment is given below:

- data for multiple operation modes.

The information collected shall be presented in an EMF datasheet. Examples of EMF data sheets based on the scenarios above are included in Annexes A and B.

Requirements for the assessment report are given in IEC 61786-2.

Annex A (informative)

Example for EMF data sheet structure

EMF DATA SHEET FOR ARC WELDING POWER SOURCE

Issued by | company name | | responsible person |
Valid from | 20XX-YY-ZZ | Revision | A |

Equipment information

Brand name | brand name |
Model name(s) | model name 1, model name 2, ... |
Model number(s) | model number 1, model number 2, ... |
Intended use ☐ for occupational use ☐ for use by laymen

Basic information

Applied regulation | Directive 2006/95/EC |
Referenced limits | Directive 2013/35/EU, Recommendation 1999/519/EC |
Applied standard(s) | EN 62822-1:20XX, EN 62822-2:20XX |

Non- thermal effects need to be considered for workplace assessment ☐ YES ☐ NO
Thermal effects need to be considered for workplace assessment ☐ YES ☐ NO

- ☐ Data is based on maximum power source capability (valid unless firmware / hardware is changed)
☐ Data is based on worst case setting / program (only valid until setting options / welding programs are changed)
☐ Data is based on multiple settings / programs (only valid until setting options / welding programs are changed)

Compliance information summary

Compliance with the exposure limit values for health effects at the standardized configurations ☐ YES ☐ NO
(if NO, specific required minimum distances apply)

Compliance with the exposure limit values for sensory effects at the standardized configurations ☐ n.a. ☐ YES ☐ NO
(if applicable and NO, specific measures may be needed)

All values below the action levels at the standardized configurations ☐ n.a. ☐ YES ☐ NO
(if applicable and NO, specific signage may be needed)

EMF data for non-thermal effects

Exposure indices (EI) and distances to welding circuit (for each operation mode, as applicable)

	Head		Trunk	Limb hand	Limb thigh
	sensory effects	health effects			
Standardized distance	10 cm	10 cm	10 cm	3 cm	3 cm
EI at standardized distance	XX	XX	XX	XX	XX
Required minimum distance	XX cm	XX cm	XX cm	XX cm	XX cm

Distance where all EIs fall below 20 % | XX cm |

Distance where compliance with general public limits is reached (as applicable) | XX cm |

Annex B (informative)

Assessment example for maximum power-source capability

B.1 Equipment description

The welding power-source is a multi-process, inverter type equipment for d.c. welding applications. It is built in accordance with IEC 60974-1. The maximum rated welding current is 600 A. Apart from the switched mode power-circuit, the equipment does not contain EMF relevant field sources.

B.2 Welding current measurement and spectral analysis

The manufacturer decided to assess the equipment based on the worst case power source condition, as described in 6.2.4. As a first step, the current ripple due to the inverter power circuit was measured as defined in 6.2.5. The result is shown in Figure B.1 it gives a peak-peak amplitude of 20 A at a ripple frequency of 100 kHz. Based on IEC 62822-1, the current ripple is therefore excluded from EMF assessment, both for non-thermal and thermal effects.

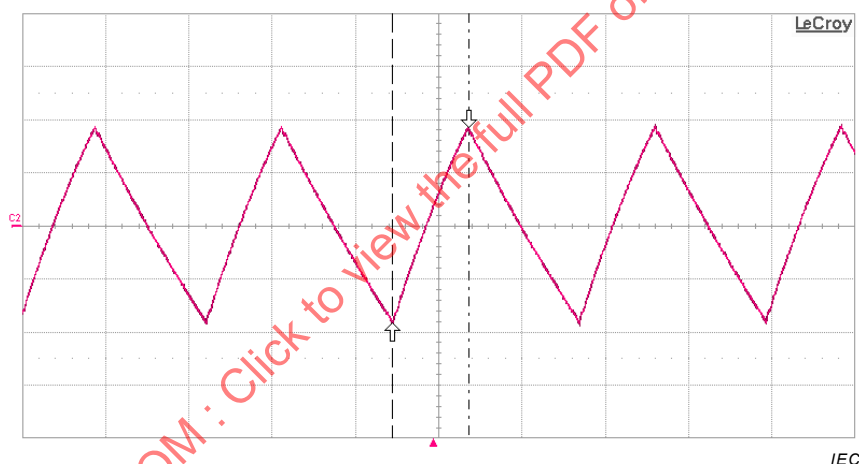


Figure B.1 – Example 1 – Current ripple

The maximum di/dt capability of the welding power source was identified and measured as defined in 6.2.4, the result is shown in Figure B.2.

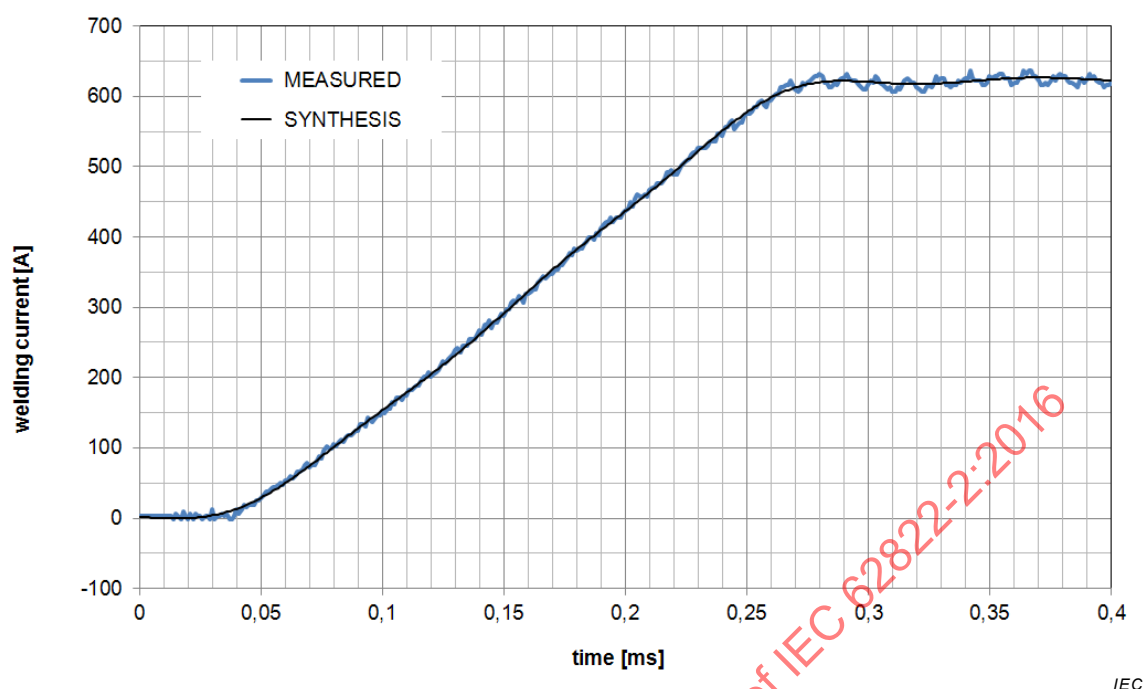


Figure B.2 – Example 1 – Maximum power source capability

Based on the rise time of approximately 0,2 ms (and the identified non-relevance of the current ripple), the upper frequency range limitation for EMF assessment, as defined in 5.1.5.4, was calculated as 12,5 kHz. This means that thermal effects need not be considered.

An FFT analysis of the measured welding current was performed, before that the current slope was transformed to an equivalent repetitive signal as defined in 5.1.5.3.

The validation of the FFT (by synthesis of the identified spectral components up to the upper frequency) is included in Figure B.2.

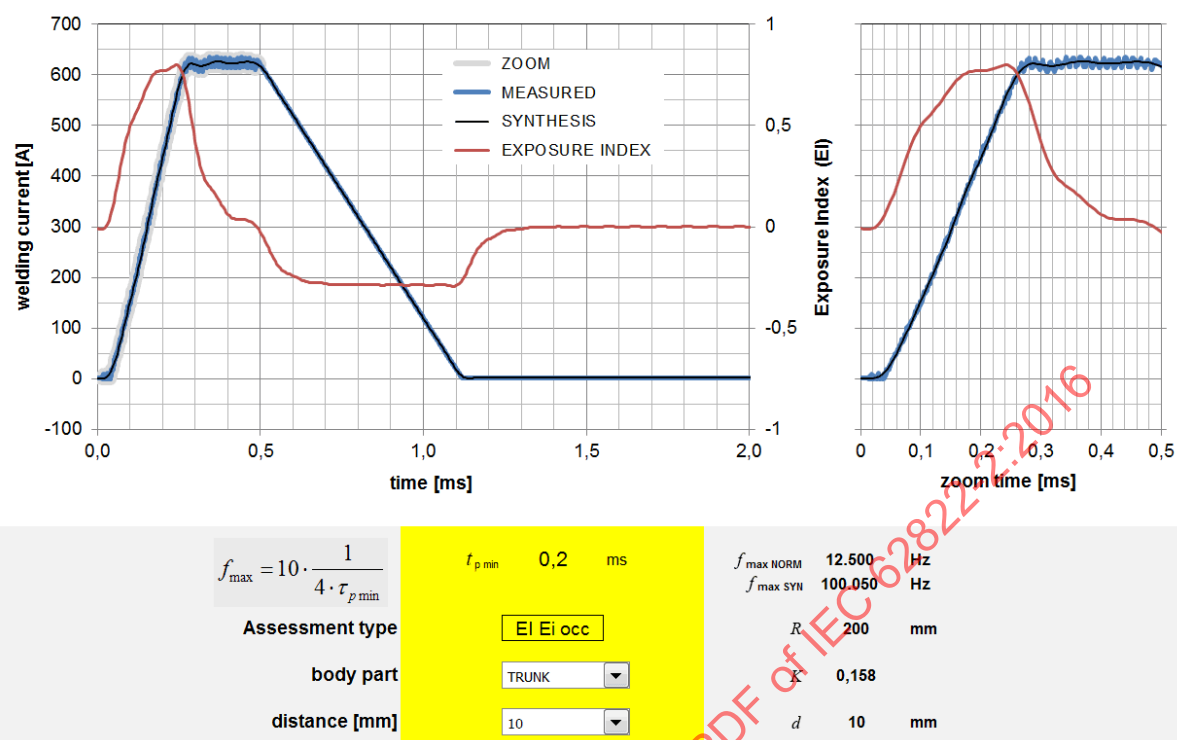
B.3 Assessment of non-thermal effects

The calculated spectral components (including phase information) were used to compute EI by using the weighted peak method in the frequency domain, as given in 5.1.4.3, for the standardized assessment configurations as defined in 6.1.

EIs were calculated based on the resulting external magnetic flux-densities (in comparison to the respective action levels) and the induced internal electric fields and current densities in conductive disks (in comparison to the respective exposure limit values). No numerical calculations were utilized for this assessment.

In addition, EIs for non-standardized distances between 10 mm and 5 000 mm were computed using an automated tool based on a spreadsheet. This was applied in order to define the minimum distances (lower than the standardized distances) for all parts of the body and the distances where the EIs fall below a value of 20 %. EI values were calculated for general public and occupational exposure.

The result of one of the assessment elements, the occupational EI for a conductive disk representing the trunk of the welder at a distance of 10 mm, is shown in Figure B.3.



IEC

Figure B.3 – Example 1 – EI calculation element

The results of all EI calculations were collected in a table and summarized in the graph as shown in Figure B.4. This graph can be used to identify all information necessary for the EMF datasheet presented in Figure B.5

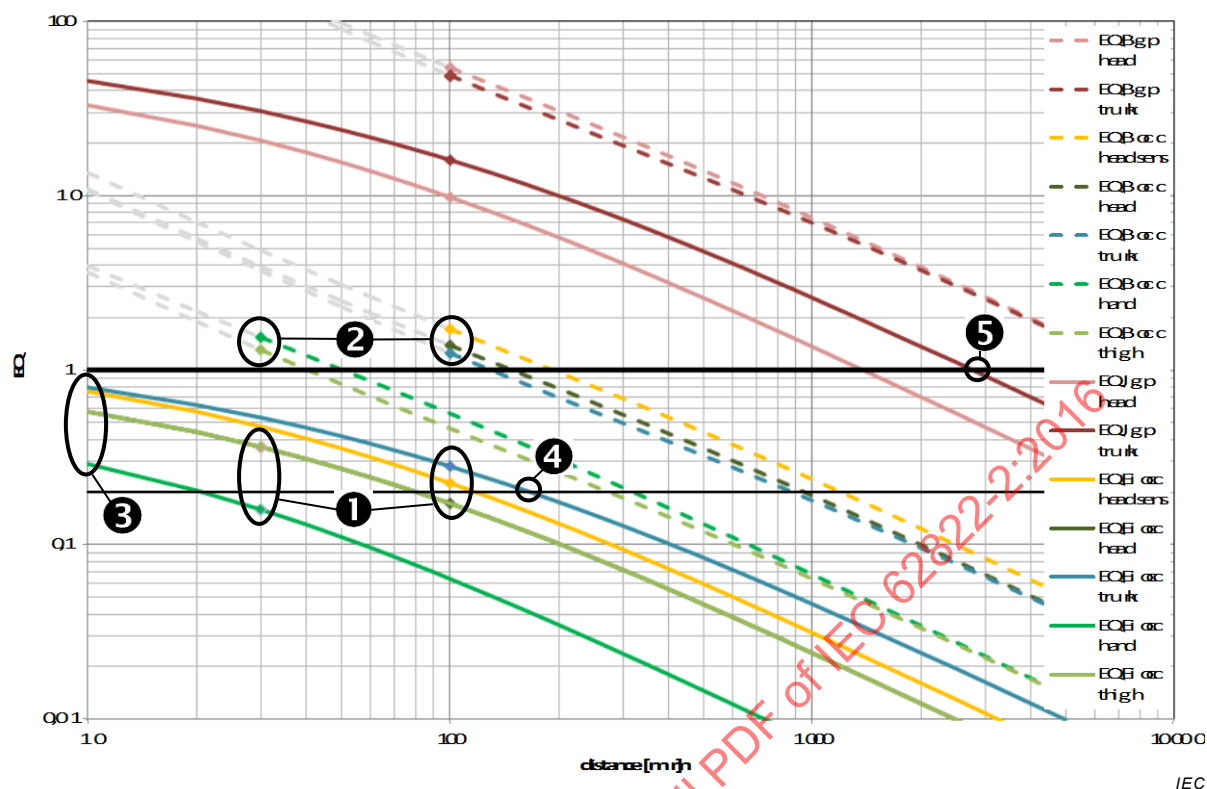


Figure B.4 – Example 1 – EI calculation summary

The main information contained in Figure B.4 is marked by the numbers in black circles. The respective conclusions are summarized below.

The results marked with ❶ show that all EIs based on the exposure limit values for occupational exposure, including the one for sensory effects, are below 1 (100 %) at the standardized configurations and distances.

The results marked with ❷ show that all EIs based on the action levels for occupational exposure are higher than 1 (100 %) at the standardized configurations and distances. I.e., assessment based on external field levels cannot be used. It further means that, based on the contents of Directive 2013/35/EU, signage of the workplaces where the equipment is used might be required even though compliance with the exposure limit values is shown.

The results marked with ❸ show that all EI lines based on exposure limit values for occupational exposure are below 1 (100 %), even at a distance of 1 cm (the lowest distance calculated) for all configurations.

The result marked with ❹ shows that the highest EI line based on the exposure limit value for occupational exposure (the configuration for the trunk) falls below 0,2 (20 %) at a distance of 19 cm.

The result marked with ❺ shows that the higher EI line based on the exposure limit value for general public exposure (the configuration for the trunk) only falls below 1 (100 %) at a distance of approximately 3 m.

EMF DATA SHEET FOR ARC WELDING POWER SOURCE

Issued by Compaweld Ltd Daniel Tester
Valid from 2016-06-30 revision A

Equipment information

Brand name Compaweld
Model name(s) Superwelder 2016
Model number(s) 12-3456-000-789
Intended use ☒ for occupational use ☐ for use by laymen

Basic information

Applied regulation Directive 2006/95/EC
Referenced limits Directive 2013/35/EU, Recommendation 1999/519/EC
Applied standard(s) EN 62822-1:2015, EN 62822-2:2015
Non- thermal effects need to be considered for workplace assessment ☒ YES ☐ NO
Thermal effects need to be considered for workplace assessment ☐ YES ☒ NO

☒ Data is based on maximum power source capability (valid unless firmware / hardware is changed)
☐ Data is based on worst case setting / program (only valid until setting options / welding programs are changed)
☐ Data is based on multiple settings / programs (only valid until setting options / welding programs are changed)

Compliance information summary

Compliance with the exposure limit values for health effects at the standardized configurations ☒ YES ☐ NO
(if NO, specific required minimum distances apply)
Compliance with the exposure limit values for sensory effects at the standardized configurations ☐ n.a. ☒ YES ☐ NO
(if applicable and NO, specific measures may be needed)
All values below the action levels at the standardized configurations ☐ n.a. ☐ YES ☒ NO
(if applicable and NO, specific signage may be needed)

EMF data for non-thermal effects

Exposure indices (EI) and distances to welding circuit (for each operation mode, as applicable)

	Head		Trunk	Limb hand	Limb thigh
	sensory effects	health effects			
Standardized distance	10 cm	10 cm	10 cm	3 cm	3 cm
EI at standardized distance	0,23	0,18	0,28	0,16	0,36
Required minimum distance	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm

Distance where all EIs fall below 20 % 19 cm
Distance where compliance with general public limits is reached (as applicable) 300 cm

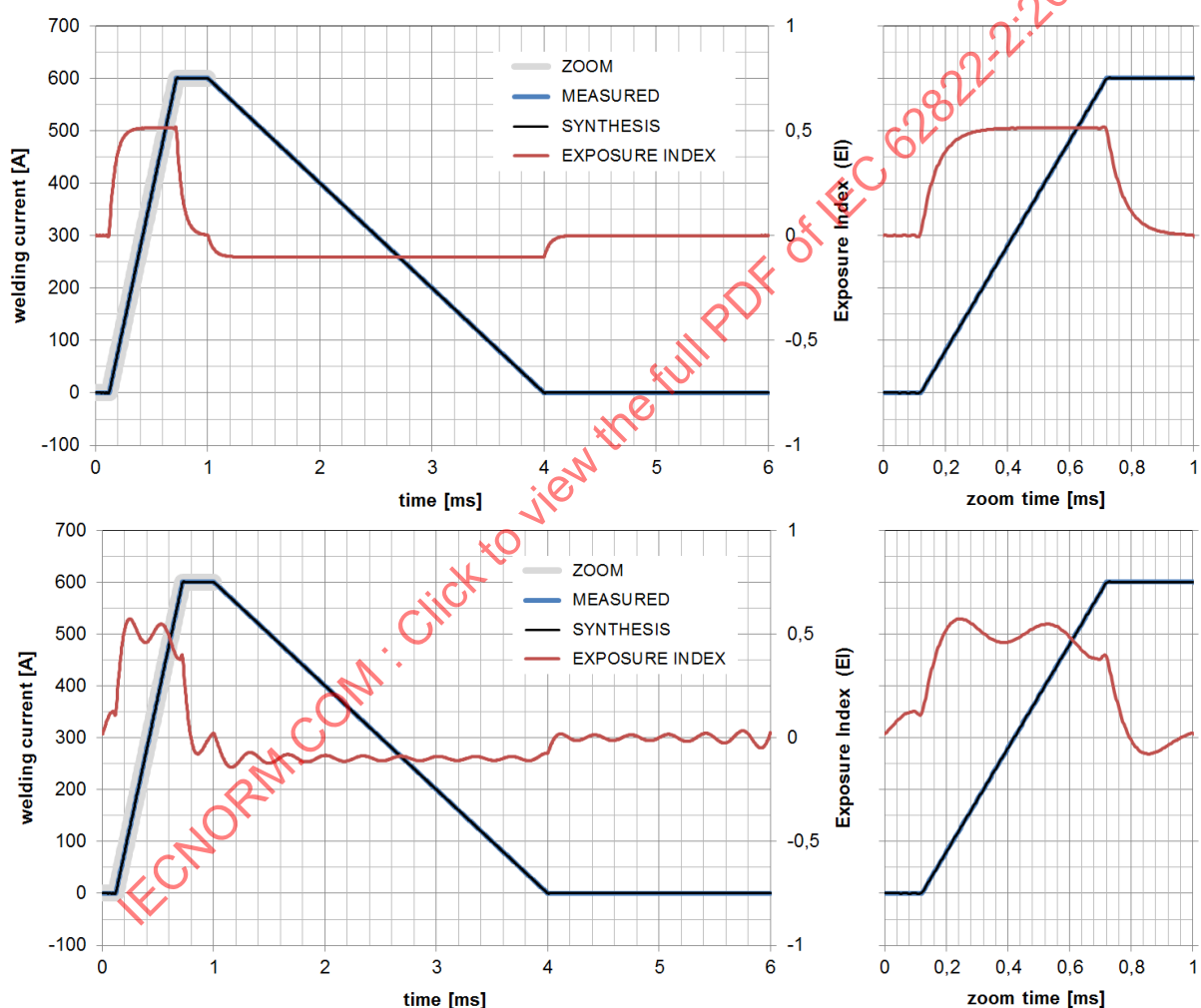
IEC

Figure B.5 – Example 1 – EMF data sheet

Annex C (informative)

Summation with approximated and piecewise linear limit values

The example for frequency domain evaluations of a pulsed welding current wave-shape given in Figure C.1 was calculated with the limit parameters (magnitudes and phase angles of the weighting function) for health effects as specified in the European EMF Workers Directive 2013/35/EU. Both the piecewise linear limit parameters and the approximated parameters, derived using a complex function as defined in 5.1.4.3, were used for calculation. It can be clearly seen that oscillations (bottom graph) at the corner frequency of the limit line (3 kHz), caused by the piecewise linear parameters, are eliminated when using the approximation approach (top graph).



IEC

Figure C.1 – EI comparison with approximated and piecewise linear values

For this example, the maximum value of the EI is higher with the piecewise linear limit parameters. Comparing the EI wave-shape with the response of a real RC filter (which is the basis for the applied limit), it is obvious that the approximation approach leads to more realistic results than the piecewise linear approach.

Annex D (informative)

Coupling factors for various distances and disk radii

Table D.1 – Coupling factors for various distances and disk radii

Distance d between the single wire and the disk mm	Coupling factors K for disk radii R		
	$R = 30$ mm	$R = 100$ mm	$R = 200$ mm
10	0,383	0,229	0,158
20	0,539	0,350	0,250
30	0,629	0,432	0,318
40	0,689	0,492	0,371
50	0,732	0,540	0,415
60	0,764	0,579	0,451
70	0,789	0,611	0,483
80	0,810	0,638	0,510
90	0,826	0,661	0,535
100	0,840	0,682	0,556
130	0,871	0,730	0,610
160	0,892	0,765	0,651
190	0,907	0,792	0,683
220	0,919	0,813	0,710
260	0,930	0,835	0,739
300	0,939	0,852	0,762
350	0,947	0,869	0,785
388	0,952	0,879	0,800
426	0,956	0,888	0,813
464	0,959	0,896	0,825
503	0,962	0,903	0,835
579	0,967	0,914	0,851
656	0,971	0,922	0,865
732	0,974	0,929	0,876
809	0,976	0,935	0,885
886	0,978	0,940	0,893
1 000	0,981	0,946	0,903
1 115	0,982	0,951	0,911
1 230	0,984	0,955	0,918
1 345	0,985	0,958	0,924
1 460	0,987	0,961	0,929
1 575	0,988	0,964	0,933
1 881	0,990	0,969	0,942
2 500	0,992	0,979	0,961
3 000	0,994	0,982	0,967
4 000	0,995	0,987	0,975
5 000	0,996	0,989	0,980

NOTE 1 The K values for $R = 100$ mm and $R = 200$ mm are copied from IEC 62226-2-1, the K values for $R = 30$ mm were calculated based on the procedures defined in IEC 62226-2-1.

NOTE 2 Coupling factors between successive values of d are derived by linear interpolation.

NOTE 3 An approximated coupling factor of 1 applies at distances larger than 5 m.

Bibliography

- [1] *Council Recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*, Official Journal L 199, 30.07.1999, p.59-70
- [2] *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, Official Journal L 179, 29.06.2013, p.1-21
- [3] Practical guides to Directive 2013/35/EU2
- [4] International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, *Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields, Health Physics*, Volume 96, Number 4, 2009, p.504-514
- [5] International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz to 100 kHz)*, Health Physics, Volume 99, Number 6, 2010, p.818-836
- [6] International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, *Guidance on Determining Compliance of Exposure to Pulsed and Complex Non-Sinusoidal Waveforms below 100 kHz with ICNIRP Guidelines*, Health Physics, Volume 84, Number 3, March 2003, p.383-387
- [7] IEEE Std C95.1-2005, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA
- [8] IEEE Std C95.6-2002, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0–3 kHz*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA
- [9] IEEE Std C95.3.1-2010, *IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields with Respect to Human Exposure to Such Fields, 0 Hz to 100 kHz*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA
- [10] IEC 62226-1, *Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range – Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body – Part 1: General*
- [11] IEC 62226-2-1:2004, *Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range – Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body – Part 2-1: Exposure to magnetic fields – 2D models*
- [12] IEC 62311, *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62822-2:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	42
1 Domaine d'application.....	44
2 Références normatives	44
3 Termes, définitions et abréviations	45
3.1 Termes et définitions	45
3.2 Grandeurs et unités.....	46
3.3 Constantes	46
4 Exigences	46
5 Méthodes d'évaluation	47
5.1 Considérations générales	47
5.1.1 Calcul de la moyenne dans le temps.....	47
5.1.2 Calcul de la moyenne spatiale des valeurs de champs extérieurs.....	47
5.1.3 Calcul de la moyenne spatiale des valeurs intracorporelles.....	47
5.1.4 Matériel à courant de soudage pulsé ou non sinusoïdal.....	47
5.1.5 Considérations relatives à l'analyse spectrale	50
5.1.6 Incertitude d'évaluation	52
5.2 Mesurage des niveaux de champs extérieurs.....	52
5.2.1 Généralités	52
5.2.2 Équipement de mesure	52
5.3 Calcul des niveaux de champs extérieurs.....	53
5.3.1 Généralités	53
5.3.2 Modèle source et équation de calcul.....	53
5.4 Calcul des niveaux intracorporels.....	53
5.4.1 Généralités	53
5.4.2 Modèle source	53
5.4.3 Modèle corporel pour les calculs analytiques	54
5.4.4 Modèles corporels anatomiques pour les calculs numériques.....	56
6 Conditions d'évaluation.....	57
6.1 Configurations d'évaluation	57
6.1.1 Généralités	57
6.1.2 Exposition de la tête.....	57
6.1.3 Exposition du tronc	60
6.1.4 Exposition des membres	62
6.2 Conditions du courant de soudage.....	65
6.2.1 Généralités	65
6.2.2 Mode de fonctionnement simple	66
6.2.3 Modes de fonctionnement multiples.....	67
6.2.4 Capacité de la source d'alimentation la plus défavorable.....	67
6.2.5 Ondulation de courant.....	67
7 Fiche technique EMF et rapport d'évaluation	67
Annexe A (informative) Exemple de structure de fiche technique EMF	69
Annexe B (informative) Exemple d'évaluation pour la capacité de source d'alimentation maximale.....	70
B.1 Description du matériel.....	70
B.2 Mesurage du courant de soudage et analyse spectrale	70
B.3 Évaluation des effets non thermiques	71

Annexe C (informative) Sommation avec des valeurs limites linéaires approximées et par pièce exacte	75
Annexe D (informative) Facteurs de couplage pour différentes distances et différents rayons de disque	76
Bibliographie	77
Figure 1 – Amplitudes limites linéaires et approximées par pièce exacte	49
Figure 2 – Déphasages de la fonction de sommation linéaire par pièce exacte et approximée.....	50
Figure 3 – Synthèse spectrale pour la validation de l'analyse.....	50
Figure 4 – Forme d'onde équivalente des signaux non répétitifs.....	51
Figure 5 – Disque de conduction dans une induction magnétique uniforme	54
Figure 6 – Conductivité électrique des modèles corporels homogènes	55
Figure 7 – Mesurage du champ au niveau de la tête	57
Figure 8 – Calcul du champ au niveau de la tête.....	58
Figure 9 – Calcul analytique des métriques intracorporelles pour la tête.....	58
Figure 10 – Calcul numérique des métriques intracorporelles pour la tête	59
Figure 11 – Mesurage du champ au niveau du tronc	60
Figure 12 – Calcul du champ au niveau du tronc.....	60
Figure 13 – Calcul analytique des métriques intracorporelles pour le tronc.....	61
Figure 14 – Calcul numérique des métriques intracorporelles pour le tronc	62
Figure 15 – Mesurage du champ au niveau des membres (main et cuisse).....	62
Figure 16 – Calcul du champ au niveau des membres (main et cuisse)	63
Figure 17 – Calcul analytique des métriques intracorporelles pour la main et la cuisse.....	64
Figure 18 – Calcul numérique des métriques intracorporelles pour la main et la cuisse.....	65
Figure B.1 – Exemple 1 – Ondulation du courant	70
Figure B.2 – Exemple 1 – Capacité de source d'alimentation maximale	71
Figure B.3 – Exemple 1 – Élément de calcul de l'EI	72
Figure B.4 – Exemple 1 – Récapitulatif du calcul d'EI	73
Figure B.5 – Exemple 1 – Fiche technique EMF.....	74
Figure C.1 – Comparaison d'EI avec des valeurs approximées et des valeurs linéaires par pièce exacte	75
Tableau 1 – Déphasages de la fonction de pondération ou de la fonction de sommation.....	47
Tableau 2 – Rayons et facteurs de couplage des modèles de disques 2D	54
Tableau D.1 – Facteurs de couplage pour différentes distances et différents rayons de disque	76

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIELS DE SOUDAGE ÉLECTRIQUE – ÉVALUATION DES RESTRICTIONS RELATIVES À L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (0 Hz à 300 GHz) –

Partie 2: Matériels de soudage à l'arc

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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62822-2 a été établie par le comité d'études 26 de l'IEC: Soudage électrique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants

FDIS	Rapport de vote
26/584/FDIS	26/591/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62822, publiées sous le titre général *Matériels de soudage électrique – Évaluation des restrictions relatives à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz à 300 GHz)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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 62822-2:2016

MATÉRIELS DE SOUDAGE ÉLECTRIQUE – ÉVALUATION DES RESTRICTIONS RELATIVES À L'EXPOSITION HUMAINE AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (0 Hz à 300 GHz) –

Partie 2: Matériels de soudage à l'arc

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62822 s'applique aux matériels de soudage à l'arc et techniques connexes conçus pour un usage professionnel et non professionnel.

NOTE 1 Des techniques connexes typiques sont le coupage à l'arc électrique et la projection à l'arc électrique.

La présente norme spécifie les procédures d'évaluation de l'exposition humaine aux champs magnétiques générés par le soudage à l'arc. Elle couvre les effets biologiques non thermiques dans la plage de fréquences comprises entre 0 Hz et 10 MHz et définit des scénarios d'essai normalisés.

NOTE 2 Tout au long du présent document, le terme général "champ" fait référence au "champ magnétique".

NOTE 3 Pour évaluer l'exposition aux champs électriques et les effets thermiques, les méthodes spécifiées dans la Norme générique IEC 62311 s'appliquent.

La présente norme ne définit pas les méthodes d'évaluation du lieu de travail eu égard aux risques liés aux champs électromagnétiques (EMF). Toutefois, les données EMF résultant de l'application de la présente norme peuvent être utilisées pour aider à l'évaluation du lieu de travail.

D'autres normes peuvent s'appliquer aux produits couverts par la présente Norme. En particulier, la présente Norme ne peut pas être utilisée pour démontrer la compatibilité électromagnétique avec d'autres matériels. Elle ne spécifie pas d'exigences de sécurité du produit autres que celles spécifiquement liées à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-851:2008, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 851: Soudage électrique*

IEC 60974-1, *Matériel de soudage à l'arc – Partie 1: Sources de courant de soudage*

IEC 60974-6, *Matériel de soudage à l'arc – Partie 6: Matériel à service limité*

IEC 61786-1, *Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 1: Exigences applicables aux instruments de mesure*

IEC 61786-2, *Mesure de champs magnétiques continus et de champs magnétiques et électriques alternatifs dans la plage de fréquences de 1 Hz à 100 kHz dans leur rapport à l'exposition humaine – Partie 2: Norme de base pour les mesures*

IEC 62822-1, *Matériels de soudage électrique – Évaluation des restrictions relatives à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz à 300 GHz) – Partie 1: Norme de famille de produits*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-851 sur le soudage électrique, l'IEC 60974-1 et l'IEC 60974-6, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1.1

restrictions de base

valeur limite d'exposition

restrictions sur l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques basées directement sur des effets sur la santé et biologiques établis

3.1.2

indice d'exposition

EI

résultat de l'évaluation de l'exposition aux champs électriques, magnétiques ou électromagnétiques (sinusoïdaux et non sinusoïdaux), exprimé en fraction ou pourcentage des valeurs admissibles

Note 1 à l'article: Les fractions supérieures à 1 (100 %) représentent le dépassement des valeurs admissibles.

Note 2 à l'article: L'abréviation "EI" est dérivée du terme anglais développé correspondant "exposure index".

3.1.3

grand public

individus de tous les âges et d'états de santé variables

Note 1 à l'article: Les âges et états de santé variables peuvent augmenter les sensibilités des individus aux EMF.

3.1.4

exposition du grand public

exposition du grand public aux EMF

Note 1 à l'article: Dans la plupart des cas, le grand public n'a pas conscience de son exposition aux EMF.

3.1.5

effets sur la santé

effets néfastes (échauffement thermique ou stimulation des tissus nerveux et musculaires, par exemple) par suite d'une exposition humaine aux EMF

3.1.6

intracorporel

situé ou se produisant à l'intérieur du corps

3.1.7

non professionnel

opérateur qui ne soude pas dans le cadre de sa profession et qui peut avoir peu ou pas d'instruction formelle en soudage

[SOURCE: IEC 60050-851:2008, 851-11-14, modifiée – “arc welding” a été remplacé par “welding”]

3.1.8

effets non thermiques

stimulation des muscles, des nerfs ou des organes sensoriels suite à une exposition humaine aux EMF

3.1.9

exposition professionnelle

exposition des travailleurs aux EMF sur leur lieu de travail, en général dans des conditions connues, et dans le cadre de leurs activités professionnelles normales et attribuées

Note 1 à l'article: Un travailleur est une personne salariée par un employeur, y compris les stagiaires et les apprentis.

3.1.10

niveaux de référence

niveaux d'action

grandeurs directement mesurables, déduites des restrictions de base, permettant de procéder à une évaluation pratique de l'exposition

Note 1 à l'article: Le respect des niveaux de référence assure le respect des restrictions de base correspondantes. Si les niveaux de référence sont dépassés, les restrictions de base ne le seront pas nécessairement.

3.1.11

effets sensoriels

perceptions sensorielles perturbées transitoires et variations mineures des fonctions cérébrales par suite d'une exposition humaine aux EMF

3.2 Grandeurs et unités

Le Système International d'unités SI est utilisé dans le présent document.

Grandeur physique	Symbole	Unité	Dimension
Densité de courant	J	Ampère par mètre carré	$A\ m^{-2}$
Conductivité électrique	σ	Siemens par mètre	$S\ m^{-1}$
Courant électrique	I	Ampère	A
Intensité de champ électrique	E	Volt par mètre	$V\ m^{-1}$
Fréquence	f	Hertz	Hz
Induction magnétique	B	Tesla	T ($Vs\ m^{-2}$)
Perméabilité	μ	Henry par mètre	$H\ m^{-1}$

3.3 Constantes

Constante physique	Symbole	Amplitude	Dimension
Perméabilité du vide	μ_0	$4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$	$H\ m^{-1}$

4 Exigences

Le matériel doit être évalué comme indiqué à l'Article 7, à l'aide des méthodes données à l'Article 5 et des conditions définies à l'Article 6. Les résultats doivent être reportés comme indiqué à l'Article 7.

5 Méthodes d'évaluation

5.1 Considérations générales

5.1.1 Calcul de la moyenne dans le temps

Le calcul de la moyenne d'exposition dans le temps n'est pas admis pour les effets non thermiques, à moins que les exigences nationales ou internationales appliquées ne spécifient explicitement les procédures de calculs de la moyenne dans le temps.

5.1.2 Calcul de la moyenne spatiale des valeurs de champs extérieurs

Les niveaux de référence reposent en général sur une moyenne spatiale réalisée sur la partie du corps concernée. Si le calcul de la moyenne spatiale d'exposition n'est pas exclu et qu'aucune procédure particulière n'est définie dans les exigences nationales et internationales applicables, les procédures détaillées dans les paragraphes pertinents de 6.1 doivent être appliquées.

5.1.3 Calcul de la moyenne spatiale des valeurs intracorporelles

Si le calcul de la moyenne spatiale d'exposition n'est pas exclu et qu'aucune procédure particulière n'est spécifiée dans les exigences nationales et internationales applicables, les procédures détaillées dans les paragraphes pertinents de 5.3 et 6.1 doivent être appliquées.

5.1.4 Matériel à courant de soudage pulsé ou non sinusoïdal

5.1.4.1 Généralités

Plusieurs méthodes d'évaluation des champs pulsés et non sinusoïdaux sont disponibles. Pour les besoins de la présente Norme, seules les méthodes de crête pondérée données en 5.1.4.2 et 5.1.4.3 sont applicables. Pour des informations supplémentaires, voir l'IEC 61786-2. Le résultat de ces méthodes de calcul est l'indice d'exposition (EI).

NOTE D'un point de vue mathématique, les applications de la méthode de crête pondérée dans le domaine temporel ou le domaine fréquentiel sont équivalentes et donnent exactement le même résultat, si elles sont appliquées correctement. Dans certains cas, lorsqu'un grand nombre de composantes spectrales doivent être prises en compte pour l'analyse exhaustive d'un signal, par exemple, l'application de la méthode du domaine temporel peut être moins complexe.

Les déphasages utilisés pour les méthodes de crête pondérée sont donnés au Tableau 1.

**Tableau 1 – Déphasages de la fonction de pondération
ou de la fonction de sommation**

proportionnalité p_A ^{a)}	$1/f^2$	$1/f$	f^0 (constante)	f
déphasage φ_l ^{b)}	180°	90°	0°	-90°
^{a)} p_A est le facteur de proportionnalité qui définit la variation de la restriction de base/du niveau de référence, comme indiqué dans les exigences nationales et internationales applicables. ^{b)} φ_l est le déphasage de la fonction de pondération ou de la fonction de sommation.				

5.1.4.2 Méthode de crête pondérée dans le domaine temporel

Pour l'évaluation du domaine temporel, un système d'évaluation intégrant une fonction de pondération est applicable. L'évaluation doit reposer sur la valeur de crête du signal pondéré. Cette méthode peut être utilisée pour des niveaux de champs extérieurs et des métriques intracorporelles.

Pour la comparaison avec les niveaux d'exposition donnés, la réponse en fréquence de la fonction de pondération doit satisfaire aux exigences nationales et internationales

applicables, de sorte que la pondération et la sommation des composantes spectrales se produisent dans le domaine temporel.

Des informations supplémentaires relatives à cette méthode sont données dans l'IEC 62311.

L'atténuation et les déphasages des fonctions de pondération peuvent être approximés avec des filtres électroniques ou numériques. L'atténuation ne doit pas s'écarter de plus de 3 dB et les déphasages de plus de 90° par rapport à la réponse en fréquence linéaire par pièce exacte. Les valeurs linéaires par pièce exacte des déphasages sont données au Tableau 1.

5.1.4.3 Méthode de crête pondérée dans le domaine fréquentiel

Pour l'évaluation dans le domaine fréquentiel, une sommation à correction de phase des composantes spectrales pondérées du signal est applicable. L'évaluation doit reposer sur la valeur de crête du signal pondéré de l'Équation (1). Cette méthode peut être utilisée pour les niveaux de champs extérieurs et les métriques intracorporelles.

La somme des composantes spectrales pondérées ne doit pas dépasser 1 à l'instant t dans l'intervalle d'évaluation, qui doit être une période du signal pulsé ou non sinusoïdal. Les incréments de temps utilisés pour l'évaluation doivent être inférieurs ou égaux à 1/10 de la période de la composante spectrale pertinente la plus élevée, telle que définie en 5.1.5.4.

$$\left| \sum_i \frac{A_i}{L_i} \cos(2\pi \times f_i \times t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (1)$$

où

A_i est l'amplitude de la composante spectrale à la fréquence f_i ;

L_i est la limite applicable à la fréquence f_i ;

f_i est la fréquence de la composante spectrale i ;

θ_i est le déphasage de la composante spectrale à la fréquence f_i ;

φ_i est le déphasage de la fonction de sommation à la fréquence f_i , voir le Tableau 1.

Les amplitudes et les déphasages des valeurs limites peuvent être approximés avec des filtres électroniques ou numériques. Les amplitudes ne doivent pas s'écarter de plus de 3 dB et les déphasages de plus de 90° par rapport à la réponse en fréquence linéaire par pièce exacte. Les valeurs linéaires par pièce exacte des déphasages sont données au Tableau 1.

L'approximation des valeurs linéaires par pièce exacte des limites L_i aux fréquences f_i doit être déterminée à l'aide de fonctions complexes, comme l'Équation (2). L'amplitude initiale V_0 , le nombre de fréquences de coupure et la position des termes pertinents dépendent des limites applicables.

$$L_i = \left| V_0 \frac{(1 + s_i/\omega_1)(1 + s_i/\omega_2)(1 + s_i/\omega_3)}{(1 + s_i/\omega_4)(1 + s_i/\omega_5)(1 + s_i/\omega_6)} \right| \quad (2)$$

où

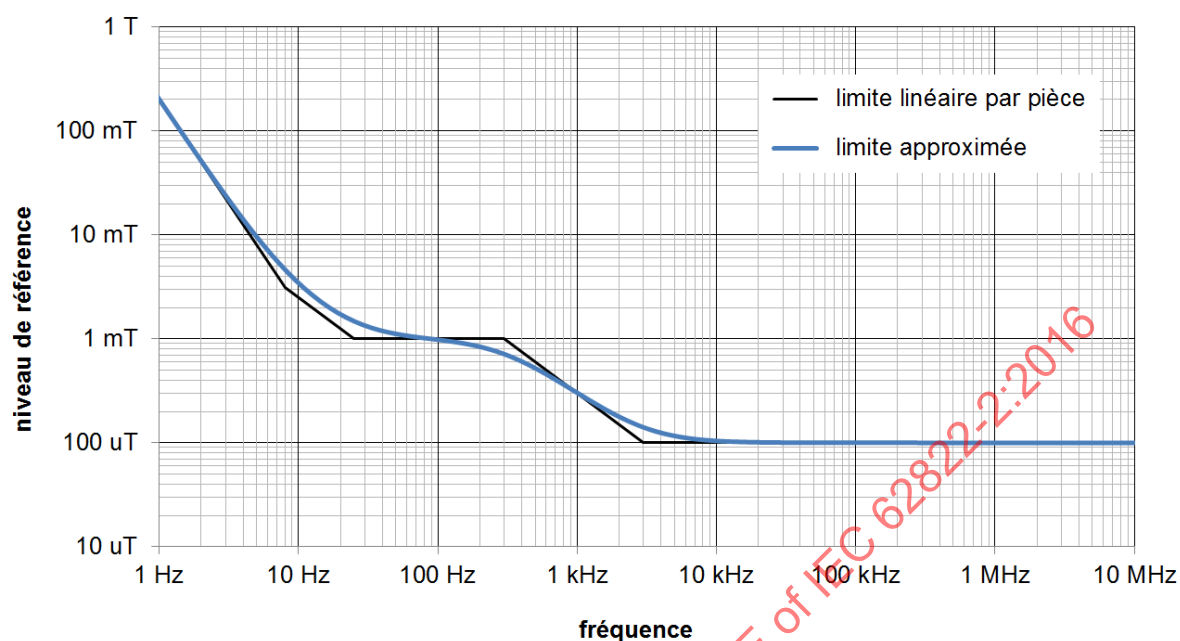
s_i est calculé sous la forme $j 2 \pi f_i$;

ω_n est ω à la $n^{\text{ième}}$ fréquence de coupure f_{cn} ;

f_{cn} est la $n^{\text{ième}}$ fréquence de coupure.

Un exemple de limite linéaire par pièce exacte et d'approximation déduite est présenté à la Figure 1. L'exemple présente les niveaux de référence combinés pour les effets sensoriels et

sur la santé dans la tête comme indiqué dans la Directive européenne 2013/35/UE [2]¹ relative à l'exposition des travailleurs aux EMF.

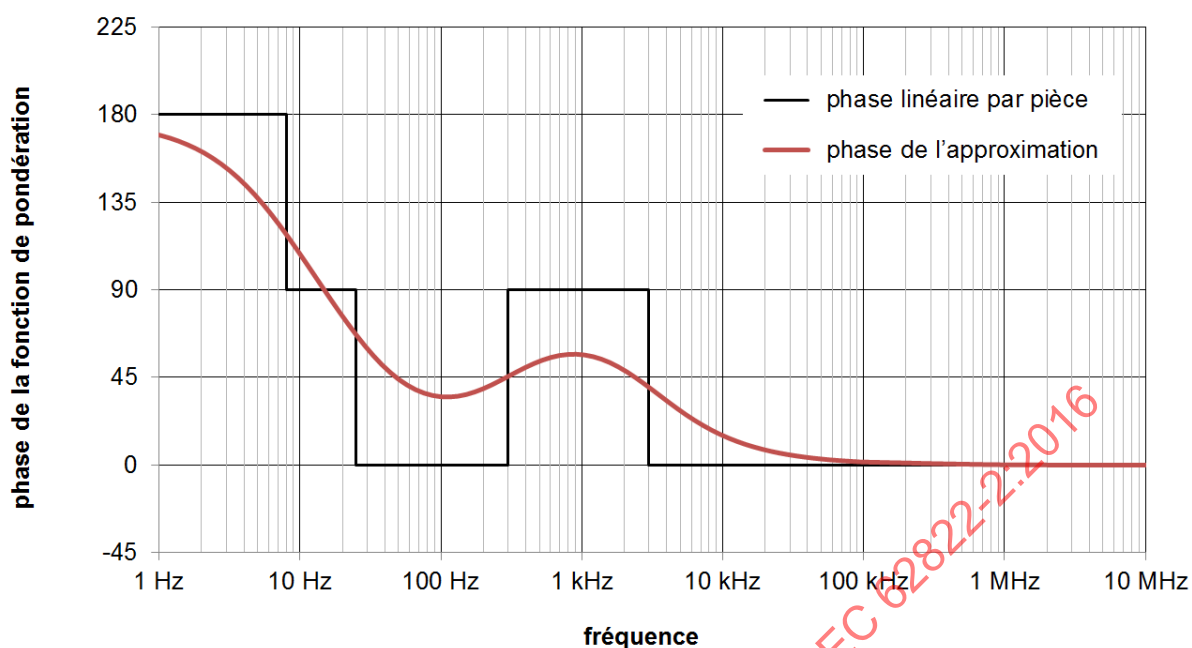


IEC

Figure 1 – Amplitudes limites linéaires et approximées par pièce exacte

Les déphasages φ_i de la fonction de sommation doivent être calculés à partir d'une fonction complexe pour les amplitudes approximées. Un exemple de déphasages linéaires par pièce exacte et de déphasages de l'approximation déduite est présenté à la Figure 2, un exemple des effets de cette approximation est donné à l'Annexe C. L'exemple de la Figure 2 présente le déphasage des niveaux de référence combinés pour les effets sensoriels et sur la santé dans la tête comme indiqué dans la Directive européenne 2013/35/UE [2] relative à l'exposition des travailleurs aux EMF.

¹ Les numéros entre crochets font référence à la bibliographie.



IEC

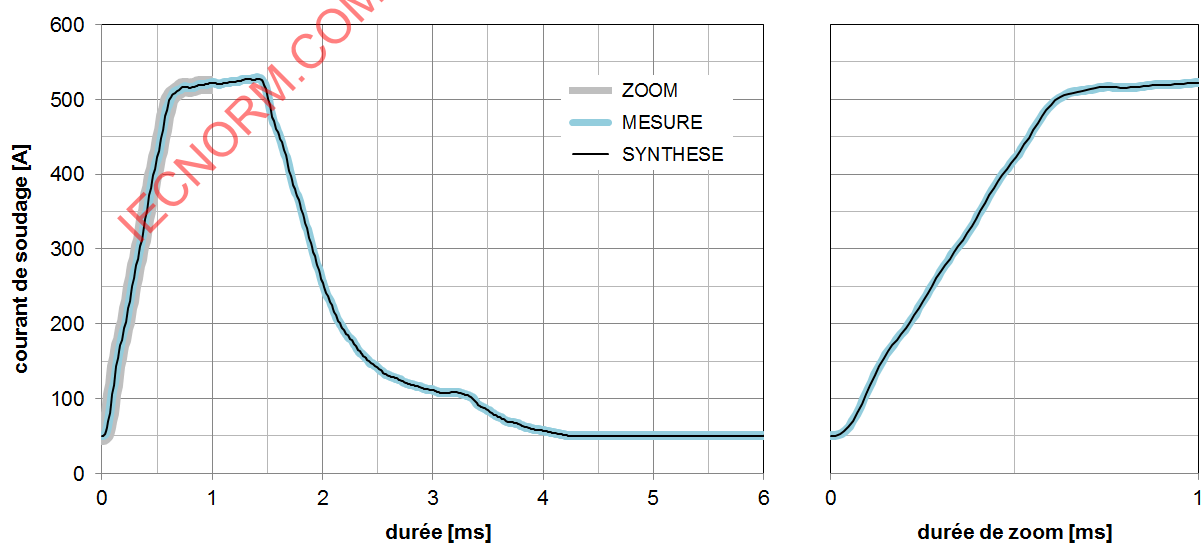
Figure 2 – Déphasages de la fonction de sommation linéaire par pièce exacte et approximée

5.1.5 Considérations relatives à l'analyse spectrale

5.1.5.1 Validation

Les résultats des analyses spectrales, c'est-à-dire les amplitudes et les déphasages des composantes spectrales du courant de soudage ou du champ magnétique évalué, doivent être validés. Un exemple de validation par synthèse spectrale est donné à la Figure 3.

NOTE La validation a pour objet de vérifier si des erreurs majeures ont été commises lors de l'analyse spectrale (erreurs de déphasage de 90°) plutôt que de vérifier les petits écarts dus aux fréquences d'échantillonnage ou à la numérisation.



IEC

Figure 3 – Synthèse spectrale pour la validation de l'analyse

5.1.5.2 Analyse des signaux répétitifs

L'analyse spectrale des signaux répétitifs (soudage pulsé, soudage en courant alternatif ou l'ondulation du courant de soudage, par exemple) doit reposer sur un cycle complet du signal, dans lequel les amplitudes au début et à la fin du bloc de temps d'évaluation doivent être égales. Le nombre de composantes spectrales à calculer, c'est-à-dire la fréquence la plus élevée couverte par les composantes spectrales, doit satisfaire aux exigences données en 5.1.5.4.

5.1.5.3 Analyse des signaux non répétitifs

Pour simplifier l'analyse spectrale des signaux non répétitifs (le taux de variation maximal du courant par rapport au temps (di/dt) de la source de courant de soudage, par exemple), la partie constante après la variation peut être remplacée par une pente présentant une valeur pondérée considérablement inférieure à celle de la variation à évaluer, et n'ayant aucune influence sur la valeur obtenue de l'indice d'exposition EI. La durée de répétition doit être suffisamment longue pour permettre à la courbe EI de diminuer vers zéro avant la fin du cycle artificiel. À cet effet, le signal non répétitif est remplacé par un signal répétitif qui peut être évalué comme indiqué en 5.1.5.2. Voir la Figure 4.

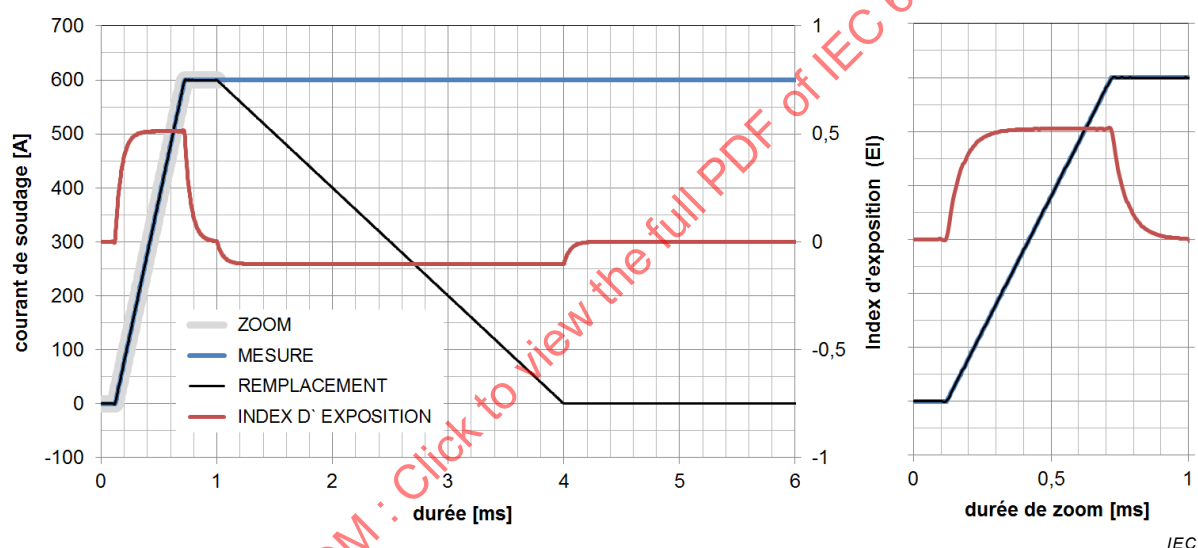


Figure 4 – Forme d'onde équivalente des signaux non répétitifs

5.1.5.4 Limitations de plage de fréquences

L'évaluation, qui dépend du type de forme d'onde de courant de soudage, doit être réalisée dans la plage de fréquences pertinente comprises entre 0 Hz (courant continu, selon le cas) et une fréquence supérieure définie comme étant la valeur applicable la plus élevée de

- 1 kHz pour les types de redresseurs-transformateurs monophasés;
- 3 kHz pour les types de redresseurs-transformateurs triphasés;
- 10 kHz pour les types contrôlés par thyristor;
- 10 fois la fréquence d'ondulation pour les types d'onduleurs;
- 10 fois la fréquence de courant de soudage en courant alternatif;
- la fréquence $f_{\max}$ définie par le temps de montée ou de descente minimal $\tau_{p \min}$ du courant de soudage maximal (10 % à 90 %, entre 0 A et $I_{2 \max \text{ pos}}$ ou $I_{2 \max \text{ neg}}$).

$$f_{\max} = 10 \times \frac{1}{4 \times \tau_{p \min}} \quad (3)$$

La fréquence supérieure maximale dans le domaine d'application de la présente Norme est de 10 MHz.

Le fabricant, selon sa connaissance du processus ou des techniques particulières utilisées dans l'appareil, doit sélectionner une fréquence supérieure plus élevée, le cas échéant. Un exemple de ce type de cas est une source de puissance à onde carrée en courant alternatif.

Si l'amplitude de l'ondulation du courant de sortie satisfait aux critères d'exclusion de l'IEC 62822-1, la limite de plage de fréquences supérieure reposant sur la fréquence d'ondulation peut être ignorée.

5.1.6 Incertitude d'évaluation

L'incertitude élargie de l'évaluation doit être calculée comme indiqué dans l'IEC 61786-2.

Si l'incertitude élargie est supérieure à la valeur spécifiée dans l'IEC 62822-1, et si l'évaluation n'est pas réputée donner des résultats prudents (c'est-à-dire des surestimations de l'exposition), la méthode de calcul des pénalités donnée dans l'IEC 62822-1 doit être appliquée.

5.2 Mesurage des niveaux de champs extérieurs

5.2.1 Généralités

Cette méthode repose sur des mesurages de champs et peut être utilisée pour démontrer la conformité sans calcul complexe ni procédure de modélisation en fonction des restrictions de base. En règle générale, les niveaux de référence incluent des marges supplémentaires et sont déduits des restrictions de base à l'aide d'hypothèses relatives aux propriétés du champ et aux conditions de couplage. Par conséquent, cette méthode représente une approche prudente et surestime en général l'exposition.

Les résultats doivent être comparés aux limites qui sont applicables aux parties correspondantes du corps comme défini dans l'IEC 62822-1.

Les mesurages du champ doivent être réalisés avec des câbles de soudage droits transportant le courant d'essai I_t . Les câbles de retour doivent être acheminés de manière à éliminer ou limiter le plus possible l'influence du courant de retour sur le champ mesuré.

Dans le cas d'un sol métallique, les câbles de soudage doivent être placés sur un support non métallique d'une hauteur minimale de 0,8 m. Il convient de placer les autres objets métalliques, qui pourraient déformer le champ magnétique, à une distance horizontale d'au moins 2 m des points de mesure.

Les mesurages des niveaux de fond sont recommandés afin d'établir la présence de champs extérieurs.

Le cas échéant, il convient de limiter le plus possible l'influence des sources de champs extérieurs. Pour les plages de fréquences moyennes et élevées, cela peut être obtenu par des mesurages réalisés dans des enceintes blindées, dont la dimension doit être suffisante pour éviter la distorsion de champ. En règle générale, l'augmentation de la distance par rapport aux sources extérieures de champs magnétiques diminue de manière importante l'intensité de champ de fond.

5.2.2 Équipement de mesure

La ou les sondes de champ utilisées pour le mesurage doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 61786-1. Elles doivent présenter une surface de $3 \text{ cm}^2 \pm 0,6 \text{ cm}^2$.

5.3 Calcul des niveaux de champs extérieurs

5.3.1 Généralités

Cette méthode repose sur les calculs de champs analytiques utilisant des paramètres de courant de soudage et d'autres données (modèles sources et configuration d'évaluation, par exemple) et peut être utilisée pour démontrer la conformité sans campagne de mesures de champ étendue ni de calcul complexe ni de procédure de modélisation en fonction des restrictions de base. En règle générale, les niveaux de référence incluent des marges supplémentaires et sont déduits des restrictions de base à l'aide d'hypothèses relatives aux propriétés du champ et aux conditions de couplage. Par conséquent, cette méthode représente une approche prudente et surestime en général l'exposition.

Les résultats doivent être comparés aux limites qui sont applicables aux parties correspondantes du corps telles que défini dans l'IEC 62822-1.

5.3.2 Modèle source et équation de calcul

Le modèle de fil droit infini doit être utilisé. Les niveaux de référence sont en général applicables aux niveaux de champs B_{AV} qui sont moyennés sur la partie pertinente du corps. Par conséquent, l'Équation (4), qui inclut la moyenne des valeurs maximales et minimales sur la plage d'évaluation concernée, doit être appliquée.

$$B_{AV} = \frac{\mu_0 \times I_t}{4 \times \pi} \times \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \quad (4)$$

où

d_1 est la plus petite distance entre la partie du corps et le câble de soudage virtuel;

d_2 est la plus grande distance entre la partie du corps et le câble de soudage virtuel;

I_t est la valeur d'une composante spectrale ou la valeur totale du courant de soudage.

NOTE L'Équation (4) peut être utilisée quel que soit le type de valeurs de courant. Il est nécessaire que le type de valeurs de courant pour l'équation ci-dessus corresponde au type de limite utilisée pour l'évaluation (des valeurs de courant efficaces donneront des valeurs de champ efficaces, par exemple).

Des versions simplifiées de l'Équation (4), prenant en compte les distances normalisées et les dimensions des parties du corps, sont données dans les paragraphes correspondants de 6.1.

Si le calcul de la moyenne spatiale n'est pas admis, l'Équation (4) doit être utilisée avec d_2 égal à d_1 .

5.4 Calcul des niveaux intracorporels

5.4.1 Généralités

Les calculs analytiques et numériques des métriques internes corporelles doivent reposer sur le champ extérieur généré par le circuit de soudage et son couplage aux modèles corporels. Les intensités de champs extérieurs doivent être calculées. Afin d'obtenir des résultats réalistes, il convient de combiner l'utilisation des modèles corporels anatomiques à un calcul numérique de la distribution de champ.

Les résultats relatifs aux tissus et/ou aux parties du corps correspondant(e)s doivent être comparés aux limites applicables telles que définies dans l'IEC 62822-1.

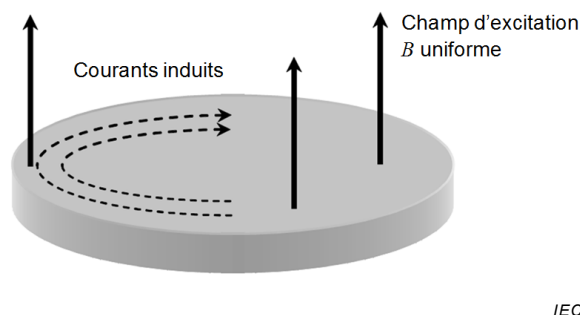
5.4.2 Modèle source

Le modèle de fil droit infini doit être utilisé.

5.4.3 Modèle corporel pour les calculs analytiques

5.4.3.1 Généralités

Le modèle analytique le plus simple utilisé dans les lignes directrices de santé EMF repose sur l'hypothèse d'un couplage entre un champ magnétique extérieur uniforme à une seule fréquence et un disque homogène de conductivité donnée, utilisé pour représenter la partie du corps à l'étude. Cela est représenté à la Figure 5.



NOTE La source de cette figure est la Figure 1 de l'IEC 62226-2-1:2004.

Figure 5 – Disque de conduction dans une induction magnétique uniforme

Les effets (densité de courant et intensité du champ électrique) induits dans le disque par un champ magnétique non uniforme provenant d'une source localisée sont toujours inférieurs aux effets qui seraient induits par un champ magnétique uniforme dont l'amplitude est égale à celle du champ non uniforme au niveau du bord du disque le plus proche de la source localisée. Cette réduction des effets induits pour des champs non uniformes est quantifiée à l'aide du facteur de couplage K .

Des informations supplémentaires relatives au disque 2D et au facteur de couplage K sont données dans l'IEC 62226-2-1.

5.4.3.2 Paramètres des modèles de disques 2D

Les rayons des disques qui doivent être utilisés pour les calculs concernant la tête, le tronc et les membres du corps du soudeur sont donnés au Tableau 2, accompagnés des facteurs de couplage applicables aux distances d'évaluation normalisées respectives.

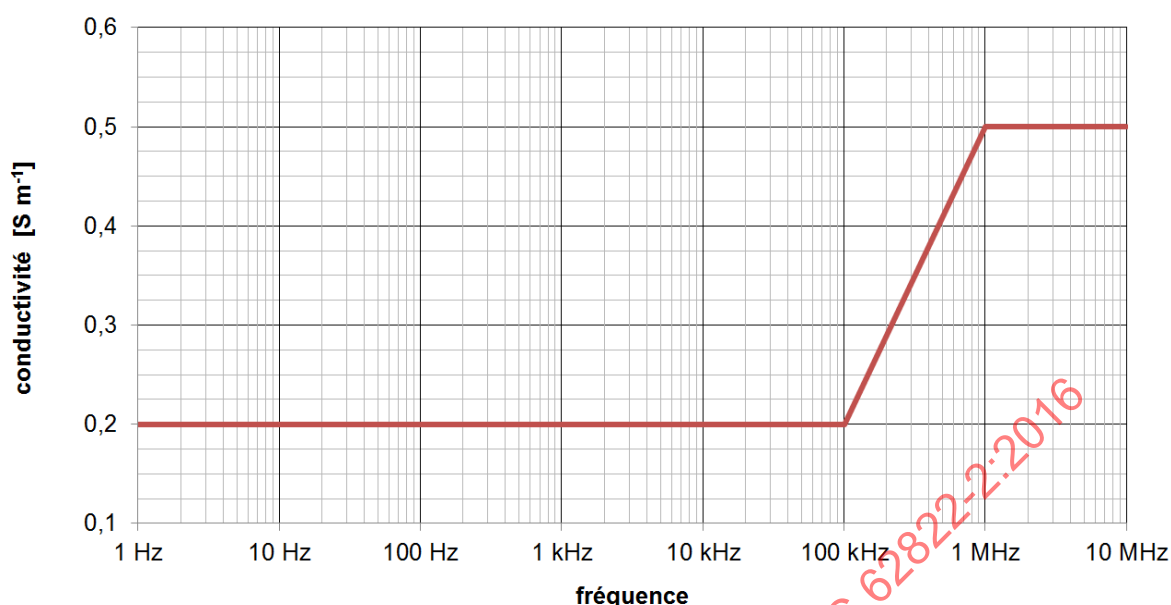
Tableau 2 – Rayons et facteurs de couplage des modèles de disques 2D

	tête	tronc	membres	
			main	cuisse
Rayon du disque R	100 mm	200 mm	30 mm	100 mm
Facteur de couplage K ^{a)}	0,682 à 100 mm	0,556 à 100 mm	0,629 à 30 mm	0,432 à 30 mm

^{a)} Le facteur de couplage K dépend du rayon du disque et de la distance par rapport au câble de soudage. Les valeurs données ici s'appliquent aux distances normalisées définies en 6.1.2.3, 6.1.3.3 et 6.1.4.3. Les facteurs de correction pour d'autres distances, le cas échéant, peuvent être consultés dans le Tableau D.1 ou être déduits en fonction des informations données dans l'IEC 62226-2-1.

5.4.3.3 Conductivité pour les modèles de disques 2D

La valeur des paramètres électriques à utiliser pour modéliser le corps humain revêt une importance essentielle eu égard au calcul des densités de courant induit. Les valeurs moyennes de conductivité électrique σ pour un corps humain sont données à la Figure 6. Ces valeurs moyennes doivent uniquement être utilisées pour les procédures d'évaluation utilisant des modèles corporels simplifiés avec une conductivité électrique homogène.



IEC

Figure 6 – Conductivité électrique des modèles corporels homogènes

Les valeurs moyennes de la Figure 6, combinées à l'application des modèles corporels homogènes, offrent une approche prudente de l'évaluation de l'exposition. Par conséquent, l'incertitude de ces valeurs doit être considérée comme étant de 0 %.

5.4.3.4 Équations de calcul pour les modèles de disques 2D

La densité de courant induit J et le champ électrique interne E_i d'un disque de conductivité σ sont étroitement liés par une simple relation donnée à l'Équation (5).

$$J = \sigma \times E_i \quad (5)$$

Il est considéré par hypothèse que la partie du corps exposée est une section circulaire de rayon R . Le calcul du champ électrique maximal $E_{i \text{ MAX } u}$ à la circonférence du disque dans des conditions de couplage maximal, c'est-à-dire avec un champ magnétique uniforme perpendiculaire à ce disque, repose sur l'Équation (6).

$$E_{i \text{ MAX } u} = \pi \times R \times f \times B \quad (6)$$

où

f est la fréquence d'une composante spectrale du courant de soudage;

B est l'induction magnétique du champ uniforme.

En partant du facteur de couplage K d'un champ non uniforme autour d'un fil droit infini et du modèle de champ magnétique autour de ce type de source de champ, le champ électrique maximal $E_{i \text{ MAX}}$ d'un disque doit être calculé conformément à l'Équation (7).

$$E_{i \text{ MAX}} = K \times \pi \times R \times f \times \mu_0 \times \frac{I(f)}{2 \times \pi \times d} \quad (7)$$

où

K est le facteur de couplage des champs magnétiques non uniformes indiqué au Tableau 2;

- R est le rayon du disque;
 f est la fréquence d'une composante spectrale du courant de soudage;
 $I_{(f)}$ est l'amplitude d'une composante spectrale du courant de soudage;
 d est la distance entre le fil et le disque.

NOTE L'Équation (7) peut être utilisée quel que soit le type de valeurs de courant. Il est nécessaire que le type de valeurs de courant pour l'équation ci-dessus corresponde au type de limite utilisée pour l'évaluation (des valeurs de courant efficaces donneront des valeurs de champ électrique efficaces, par exemple).

Des versions combinées et simplifiées de l'Équation (5) et de l'Équation (7), prenant en compte les distances normalisées et les dimensions des disques, sont données dans les paragraphes correspondants de 6.1.

Il existe un déplacement de phase entre le courant de soudage qui crée le champ magnétique et la densité du champ électrique ou du courant induit dans le disque, ce qui est important pour les procédures de sommation tenant compte des phases. Le déphasage des effets induits $\theta_{Ei,J}$ doit être calculé selon l'Équation (8).

$$\theta_{Ei,J} = \theta_I + 90^\circ \quad (8)$$

où

θ_I est le déphasage de la composante spectrale du courant de soudage.

5.4.4 Modèles corporels anatomiques pour les calculs numériques

La densité de courant induit ou l'intensité de champ électrique intracorporel peut être déduite par simulation numérique à l'aide d'un modèle corporel 3D dont les propriétés diélectriques des différents tissus sont prises en compte.

Le modèle corporel doit représenter les parties concernées du corps (c'est-à-dire la tête, le tronc ou les membres) ou l'ensemble du corps, selon le cas, en fonction des exigences nationales et internationales applicables qui fixent les limites.

Les densités de courant induit et les champs électriques intracorporels sont calculés à la résolution du modèle utilisé. Étant donné qu'il s'agit de modèles anatomiques, il est possible d'obtenir des résultats pour des types de tissus particuliers, par exemple pour les tissus du système nerveux central (SNC) (le cerveau et/ou la moelle épinière) ou pour d'autres types selon le type d'évaluation de l'exposition et les exigences d'exposition utilisées.

Ce type d'évaluation implique d'utiliser des modèles corporels millimétrés sophistiqués. Ces modèles sont souvent déduits des données d'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou de photographies de plans de coupe anatomiques, et incluent les conductivités exactes des tissus, y compris celles des tissus du système nerveux central (le cerveau et la moelle épinière, par exemple). La présente Norme ne spécifie pas de méthode, de modèle ni de technique individuel(le), plusieurs étant tout aussi applicables et exactes. La recherche se poursuit dans ce domaine, et de nouvelles méthodes et informations deviendront disponibles. Des informations supplémentaires figurent dans l'IEC 62311.

Si ces techniques de simulation sont utilisées, une validation appropriée est exigée. Elle peut être assurée par un examen par les pairs, des citations de références publiées appropriées ou une comparaison avec d'autres modèles revus et référencés.

6 Conditions d'évaluation

6.1 Configurations d'évaluation

6.1.1 Généralités

En règle générale, il est nécessaire d'appliquer différentes valeurs et différents modèles de couplage admissibles selon les parties du corps humain concernées. Cette distinction repose sur la variété des types de tissus, les formes ou dimensions anatomiques et les distances par rapport à la source de champs électromagnétiques applicables pour les différentes parties du corps.

Les configurations d'évaluation normalisées, reflétant la position normale de l'opérateur pour le soudage manuel, sont définies ci-dessous. L'une des options d'évaluation données ci-dessous doit être appliquée pour la tête, le tronc ou les membres du soudeur.

Si les exigences nationales et internationales applicables excluent les configurations spécifiées en 6.1.2, 6.1.3 ou 6.1.4 (si l'évaluation de l'exposition des membres n'est pas exigée, par exemple), ces configurations peuvent être ignorées.

Si les exigences nationales et internationales applicables demandent spécifiquement l'application de configurations d'exposition qui ne sont pas spécifiées en 6.1.2, 6.1.3 ou 6.1.4, le fabricant doit déduire des configurations d'évaluation adaptées suivant les principes sous-jacents indiqués en 6.1.2, 6.1.3 et 6.1.4.

Si les exigences nationales et internationales applicables excluent spécifiquement l'établissement de la moyenne des niveaux de champs extérieurs, les mesurages doivent uniquement être effectués à la distance d et les calculs analytiques doivent reposer sur l'Équation (4) avec $d = d_1 = d_2$.

6.1.2 Exposition de la tête

6.1.2.1 Mesurage des niveaux de champs extérieurs

Les mesurages doivent être effectués conformément à la Figure 7. La distance normalisée d entre l'axe du câble de soudage et la surface la plus proche des sondes de champ est de 0,1 m.

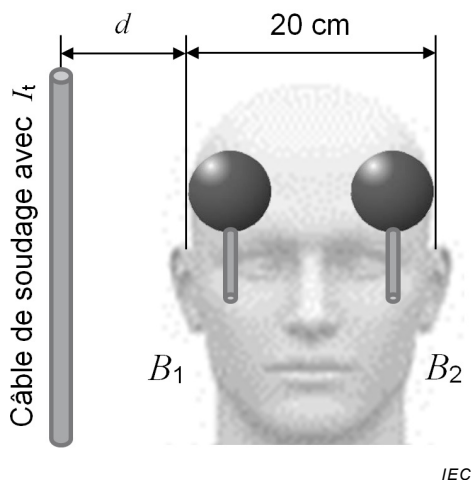


Figure 7 – Mesurage du champ au niveau de la tête

Le niveau de champ moyen pour la tête $B_{AV \text{ head}}$ doit être calculé conformément à l'Équation (9).

$$B_{AV\text{head}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (9)$$

où

B_1 est la valeur mesurée à la position la plus proche du câble de soudage;

B_2 est la valeur mesurée à la position la plus éloignée du câble de soudage.

6.1.2.2 Calcul analytique des niveaux de champs extérieurs

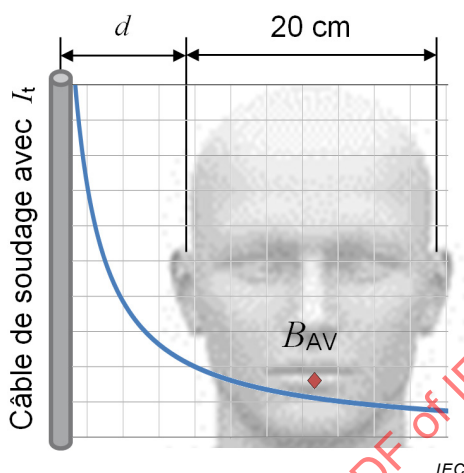


Figure 8 – Calcul du champ au niveau de la tête

Pour la valeur normalisée de $d = 0,1$ m et une plage de calcul de 0,2 m, comme illustré en Figure 8, l'induction magnétique extérieure moyenne pour la tête $B_{AV\text{head}}$ doit être calculée conformément à l'Équation (10).

$$B_{AV\text{head}} = 1,333 \times 10^{-6} \times I_t T \quad (10)$$

où

I_t est la valeur d'une composante spectrale ou la valeur totale du courant de soudage.

6.1.2.3 Calcul analytique des niveaux intracorporels

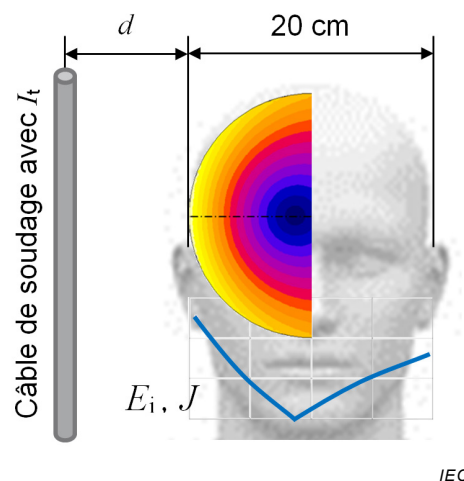


Figure 9 – Calcul analytique des métriques intracorporelles pour la tête

Pour la valeur normalisée de $d = 0,1$ m et le rayon de disque normalisé $R = 0,1$ m, comme illustré en Figure 9, l'intensité maximale du champ électrique intracorporel dans la tête $E_{i(f) \text{ MAX head}}$ doit être calculée conformément à l'Équation (11).

$$E_{i(f) \text{ MAX head}} = 4,285 \times 10^{-7} \times f \times I_{(f)} \text{ V m}^{-1} \quad (11)$$

où

f est la fréquence d'une composante spectrale du courant de soudage;

$I_{(f)}$ est l'amplitude d'une composante spectrale du courant de soudage.

Pour la valeur normalisée de $d = 0,1$ m et le rayon de disque normalisé $R = 0,1$ m tel qu'indiqué à la Figure 9, la densité de courant induit maximale dans la tête $J_{(f) \text{ MAX head}}$ doit être calculée conformément à l'Équation (12).

$$J_{(f) \text{ MAX head}} = 4,285 \times 10^{-7} \times \sigma_{(f)} \times f \times I_{(f)} \text{ A m}^{-2} \quad (12)$$

où

$\sigma_{(f)}$ est la conductivité du disque à la fréquence f donnée à la Figure 6;

f est la fréquence d'une composante spectrale du courant de soudage;

$I_{(f)}$ est l'amplitude d'une composante spectrale du courant de soudage.

D'autres configurations peuvent être calculées selon les informations données dans l'IEC 62226-2-1.

6.1.2.4 Calcul numérique des niveaux intracorporels

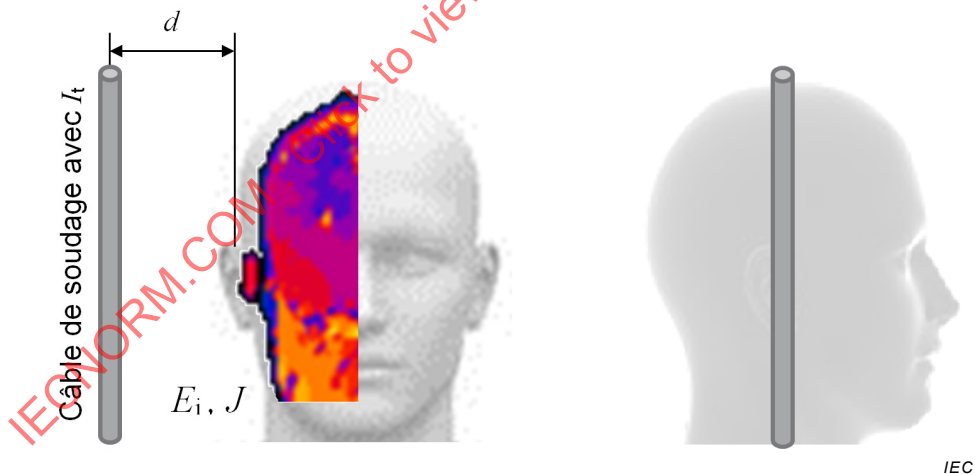


Figure 10 – Calcul numérique des métriques intracorporelles pour la tête

La valeur normalisée de la distance d entre le câble de soudage virtuel et le modèle pour la tête, tel que défini en 5.4.4, est de 0,1 m, comme illustré en Figure 10.

La valeur de champ électrique induit correspondante doit être à 99 % des moyennes vectorielles à l'intérieur de petits volumes de tissus contigus de $2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3$.

La valeur de densité de courant induit correspondante doit être la valeur maximale des moyennes planaires intégrant uniquement les tissus du système nerveux central, à l'exclusion des autres types de tissus. La zone de moyennage doit être perpendiculaire au flux de courant induit et doit être inférieure ou égale à 1 cm^2 .

6.1.3 Exposition du tronc

6.1.3.1 Mesurage des niveaux de champs extérieurs

Les mesures doivent être effectuées conformément à la Figure 11. La distance normalisée d entre l'axe du câble de soudage et la surface la plus proche des sondes de champ est de 0,1 m.

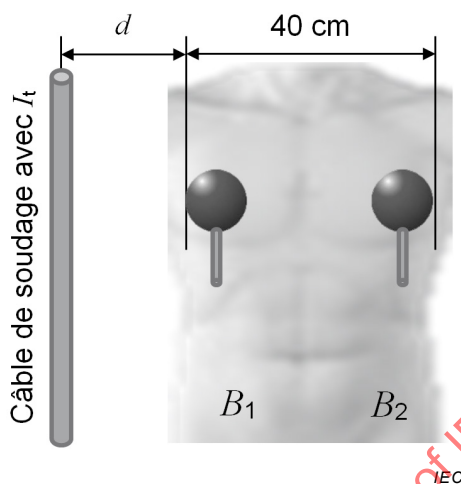


Figure 11 – Mesurage du champ au niveau du tronc

Le niveau de champ moyen pour le tronc $B_{AV \text{ trunk}}$ doit être calculé conformément à l'Équation (13).

$$B_{AV \text{ trunk}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (13)$$

où

B_1 est la valeur mesurée à la position la plus proche du câble de soudage;

B_2 est la valeur mesurée à la position la plus éloignée du câble de soudage.

6.1.3.2 Calcul analytique des niveaux de champs extérieurs

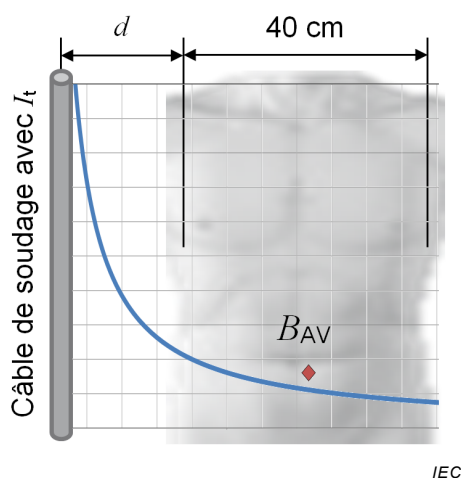


Figure 12 – Calcul du champ au niveau du tronc

Pour la valeur normalisée de $d = 0,1$ m et une plage de calcul de 0,4 m tel qu'illustré en Figure 12, l'induction magnétique extérieure moyenne pour le tronc $B_{AV\ trunk}$ doit être calculée conformément à l'Équation (14).

$$B_{AV\ trunk} = 1,200 \times 10^{-6} \times I_t \ T \quad (14)$$

où

I_t est la valeur d'une composante spectrale ou la valeur totale du courant de soudage.

6.1.3.3 Calcul analytique des niveaux intracorporels

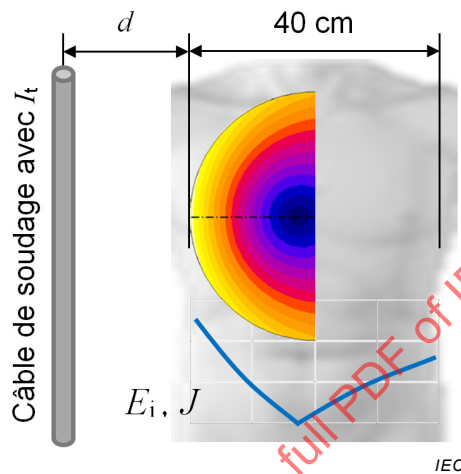


Figure 13 – Calcul analytique des métriques intracorporelles pour le tronc

Pour la valeur normalisée de $d = 0,1$ m et le rayon de disque normalisé $R = 0,2$ m tel qu'illustré en Figure 13, l'intensité maximale du champ électrique intracorporel dans le tronc $E_{i(f)\ MAX\ trunk}$ doit être calculée conformément à l'Équation (15).

$$E_{i(f)\ MAX\ trunk} = 6,987 \times 10^{-7} \times f \times I_{(f)} \ V\ m^{-1} \quad (15)$$

où

f est la fréquence d'une composante spectrale du courant de soudage;

$I_{(f)}$ est l'amplitude d'une composante spectrale du courant de soudage;

d est la distance par rapport au câble de soudage virtuel.

Pour la valeur normalisée de $d = 0,1$ m et le rayon de disque normalisé $R = 0,2$ m tel qu'illustré en Figure 13, la densité de courant induit maximale dans le tronc $J_{(f)\ MAX\ trunk}$ doit être calculée conformément à l'Équation (16).

$$J_{(f)\ MAX\ trunk} = 6,987 \times 10^{-7} \times \sigma_{(f)} \times f \times I_{(f)} \ A\ m^{-2} \quad (16)$$

où

$\sigma_{(f)}$ est la conductivité du disque à la fréquence f donnée à la Figure 6;

f est la fréquence d'une composante spectrale du courant de soudage;

$I_{(f)}$ est l'amplitude d'une composante spectrale du courant de soudage.

D'autres configurations peuvent être calculées selon les informations données dans l'IEC 62226-2-1.

6.1.3.4 Calcul numérique des niveaux intracorporels

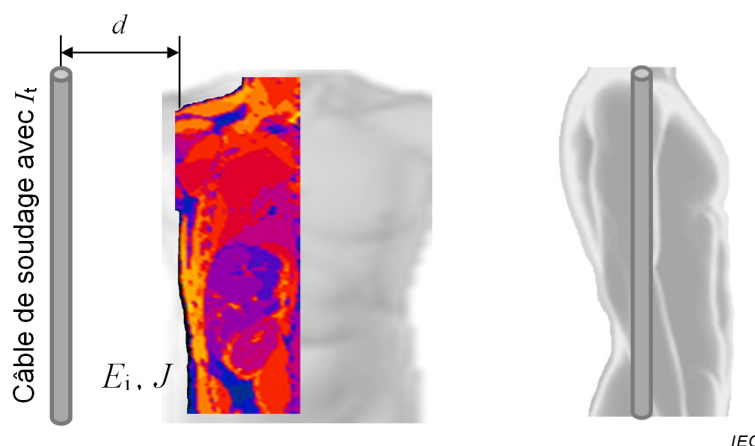


Figure 14 – Calcul numérique des métriques intracorporelles pour le tronc

La valeur normalisée de la distance d entre le câble de soudage virtuel et le modèle pour le tronc, tel que décrit en 5.4.4, est de 0,1 m, comme illustré en Figure 14.

La valeur de champ électrique induit correspondante doit être à 99 % des moyennes vectorielles à l'intérieur de petits volumes de tissus contigus de $2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ mm}^3$.

La valeur de densité de courant induit correspondante doit être la valeur maximale des moyennes planaires intégrant uniquement les tissus du système nerveux central, à l'exclusion des autres types de tissus. La zone de moyennage doit être perpendiculaire au flux de courant induit et doit être inférieure ou égale à 1 cm^2 .

6.1.4 Exposition des membres

6.1.4.1 Mesurage des niveaux de champs extérieurs

L'exposition localisée la plus élevée des membres lors d'une opération de soudage électrique manuelle doit être prévue au niveau de la main qui tient le pistolet de soudage et au niveau de la cuisse, qui peut être proche du câble de soudage. Par conséquent, les configurations définies à la Figure 15 doivent être appliquées. La distance normalisée d entre l'axe du câble de soudage et la surface la plus proche de la ou des sondes de champ est de 0,03 m.

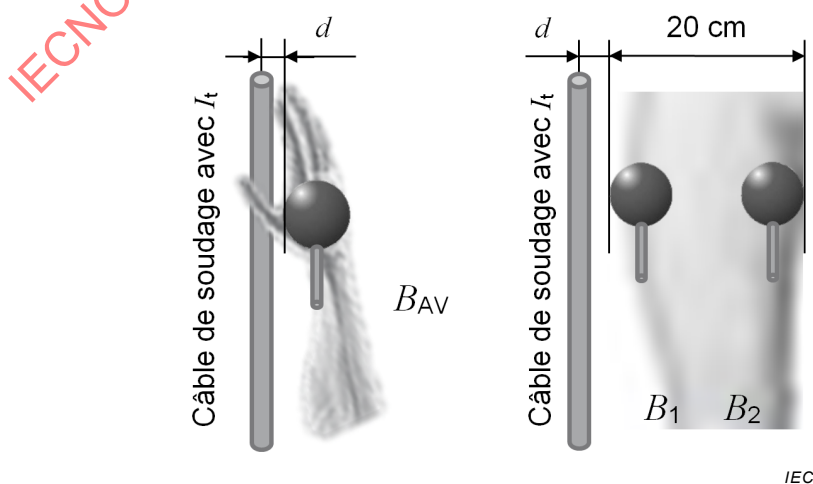


Figure 15 – Mesurage du champ au niveau des membres (main et cuisse)

Compte tenu des effets de moyennage intrinsèques dus à la dimension physique de la sonde de champ, aucune moyenne supplémentaire n'est applicable pour la main.

Le niveau de champ moyen pour la cuisse $B_{AV \text{ thigh}}$ doit être calculé conformément à l'Équation (17).

$$B_{AV \text{ thigh}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (17)$$

où

B_1 est la valeur mesurée à la position la plus proche du câble de soudage;

B_2 est la valeur mesurée à la position la plus éloignée du câble de soudage.

6.1.4.2 Calcul analytique des niveaux de champs extérieurs

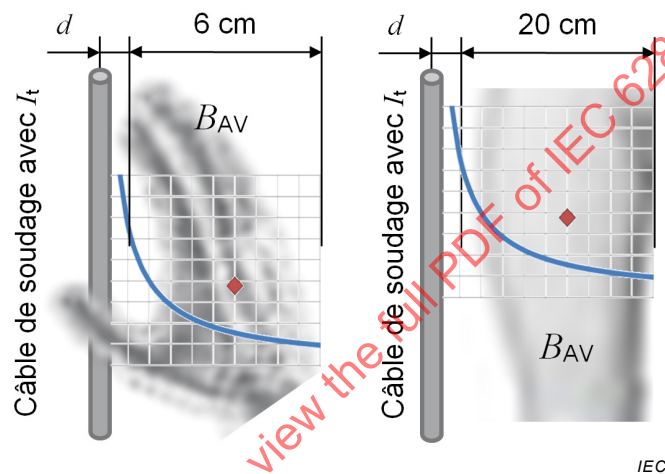


Figure 16 – Calcul du champ au niveau des membres (main et cuisse)

Pour la valeur normalisée de $d = 0,03 \text{ m}$ et une plage de calcul de $0,06 \text{ m}$, comme illustré en Figure 16, l'induction magnétique extérieure moyenne pour la main $B_{AV \text{ hand}}$ doit être calculée conformément à l'Équation (18).

$$B_{AV \text{ hand}} = 4,444 \times 10^{-6} \times I_t T \quad (18)$$

où

I_t est la valeur d'une composante spectrale ou la valeur totale du courant de soudage.

Pour la valeur normalisée de $d = 0,03 \text{ m}$ et une plage de calcul de $0,2 \text{ m}$ tel qu'illustré en Figure 16, l'induction magnétique extérieure moyenne pour la cuisse $B_{AV \text{ thigh}}$ doit être calculée conformément à l'Équation (19).

$$B_{AV \text{ thigh}} = 3,768 \times 10^{-6} \times I_t T \quad (19)$$

où

I_t est la valeur d'une composante spectrale ou la valeur totale du courant de soudage.