

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electric welding equipment – Assessment of restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) –
Part 3: Resistance welding equipment**

**Matériels de soudage électrique – Évaluation des restrictions relatives à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz à 300 GHz) –
Partie 3: Matériels de soudage par résistance**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 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 16 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 16 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 3: Resistance welding equipment**

**Matériels de soudage électrique – Évaluation des restrictions relatives à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (0 Hz à 300 GHz) –
Partie 3: Matériels de soudage par résistance**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.160.30

ISBN 978-2-8322-4814-0

**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.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, quantities, units and constants.....	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Quantities and units	9
3.3 Constants	10
4 Requirements	10
5 Coupling coefficients	10
5.1 General.....	10
5.2 Conductive disks.....	12
5.3 Anatomical body models for numerical calculations.....	14
6 Source model	14
6.1 General.....	14
6.2 Single cable	15
6.3 Parallel cables	15
6.4 Rectangular loop.....	16
7 Assessment methods.....	18
7.1 General.....	18
7.2 General considerations	18
7.2.1 Time averaging.....	18
7.2.2 Spatial averaging.....	18
7.2.3 Frequency range limitations.....	18
7.2.4 Measurement instruments.....	19
7.2.5 Uncertainty of assessment.....	19
7.3 Equipment with sinusoidal welding current.....	19
7.4 Equipment with pulsed or non-sinusoidal welding current.....	20
7.4.1 General	20
7.4.2 Derivation of the weighting function from limits for field quantities	20
7.4.3 Application of the weighted peak method in the frequency domain.....	22
7.4.4 Application of the weighted peak method in the time domain	23
7.5 Method based on measuring of external field levels	23
7.5.1 General	23
7.5.2 Measurement equipment	23
7.5.3 Spatial averaging.....	24
7.5.4 Exposure of the head.....	24
7.5.5 Exposure of the trunk	25
7.5.6 Exposure of the limbs	25
7.6 Assessment procedure.....	26
7.6.1 General	26
7.6.2 Power-source	27
7.6.3 Electrode-assembly	27
7.6.4 Welding-system	27
8 EMF data sheet and assessment report.....	28
8.1 General.....	28
8.2 EMF datasheet of components.....	28

8.2.1	Power sources	28
8.2.2	Electrode assemblies	29
8.2.3	Other components	29
Annex A	(informative) Example of the weighted peak method in the time domain	30
A.1	General	30
A.2	Power source	30
A.2.1	General	30
A.2.2	Applied limits	30
A.2.3	Assessment of the electrode-assembly	32
A.2.4	Datasheets	33
Annex B	(informative) Example of the weighted peak method in the frequency domain	37
B.1	General	37
B.2	Power source	37
B.2.1	General	37
B.2.2	Applied limits	38
B.2.3	Assessment of the electrode-assembly	40
B.2.4	Datasheets	41
Annex C	(informative) IEC 62822-3 for users of IEC 62822-2	45
Annex D	(informative) Coupling coefficients for common arrangements	47
D.1	Single wire	47
D.2	Example of standardized loop configurations	48
D.2.1	0,5 m × 0,5 m	48
D.2.2	1,0 m × 1,0 m	50
D.2.3	1,0 m × 1,5 m	52
Annex E	(informative) Conservative approximation of coupling coefficients for rectangular loops	54
E.1	General	54
E.2	XY-plane	54
E.3	Z-direction	55
E.4	Correlation factors	56
Annex F	(informative) Example EMF datasheets	57
F.1	Example datasheet – Welding system	57
F.2	Example datasheet – Power source	59
F.3	Example datasheet – Electrode assembly	60
Bibliography		61
Figure 1	– Example of a reference system	11
Figure 2	– Conducting disk in a uniform, time variant magnetic flux density	12
Figure 3	– Electrical conductivity for homogeneous body models	13
Figure 4	– Example of the placement of the conductive disks	13
Figure 5	– Source model – Single cable	15
Figure 6	– Assessment configuration – Single cable	15
Figure 7	– Source model – Parallel cables	15
Figure 8	– Assessment Configuration – Parallel Cables	16
Figure 9	– Rectangular loop configuration	16
Figure 10	– Assessment distances for the loop configuration	17
Figure 11	– Piecewise linear and approximated limit amplitudes	21

Figure 12 – Piecewise linear and approximated summation function phase angles	22
Figure 13 – Field measurement at head position	24
Figure 14 – Field measurement at trunk position	25
Figure 15 – Field measurement at limb positions, hand and thigh	26
Figure 16 – Assessment of a complete welding system	27
Figure 17 – Typical component based assessment	27
Figure A.1 – Current waveform	30
Figure A.2 – Combined ELVs for the head [1]	31
Figure A.3 – Unity-coupling waveform	31
Figure A.4 – Geometry of the electrode assembly	32
Figure A.5 – Datasheet of the power source	33
Figure A.6 – Datasheet of the electrode assembly	34
Figure A.7 – Datasheet of the welding system	35
Figure A.8 – Datasheet of the welding system	36
Figure B.1 – Current waveform	37
Figure B.2 – Spectrum of the current waveform	38
Figure B.3 – Combined ELVs for the head [1]	39
Figure B.4 – Unity-coupling waveform	39
Figure B.5 – Geometry of the electrode assembly	40
Figure B.6 – Datasheet of the power source	41
Figure B.7 – Datasheet of the electrode assembly	42
Figure B.8 – Datasheet of the welding system	43
Figure B.9 – Datasheet of the welding system	44
Figure E.1 – Geometry of the electrode assembly – XY-plane	54
Figure E.2 – Geometry of the electrode assembly – Z-direction	55
Figure F.1 – Example datasheet – Welding system	57
Figure F.2 – Example datasheet – Power source	59
Figure F.3 – Example datasheet – Power source	60
Table 1 – Standardized distances	11
Table 2 – Radii for the 2D disk model	13
Table D.1 – Coupling coefficients – Single wire	47
Table D.2 – Coupling coefficients XY-plane – Loop 0,5 m × 0,5 m	48
Table D.3 – Coupling coefficients XY-plane – Loop 0,5 m × 0,5 m	49
Table D.4 – Coupling coefficients XY-plane – Loop 1,0 m × 1,0 m	50
Table D.5 – Coupling coefficients Z-plane – Loop 1,0 m × 1,0 m	51
Table D.6 – Coupling coefficients XY-plane – Loop 1,0 m × 1,5 m	52
Table D.7 – Coupling coefficients Z-plane – Loop 1,0 m × 1,5 m	53
Table E.1 – Correlation factors – XY	56
Table E.2 – Correlation factors – Z	56

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRIC WELDING EQUIPMENT –
ASSESSMENT OF RESTRICTIONS RELATED TO HUMAN
EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS (0 Hz TO 300 GHz) –****Part 3: Resistance 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 62822-3 has been prepared by IEC technical committee 26: Electric welding.

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

FDIS	Report on voting
26/626A/FDIS	26/630/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62822-3:2017

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

Part 3: Resistance welding equipment

1 Scope

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

NOTE 1 Typical allied processes are resistance hard and soft soldering or resistance heating achieved by means comparable to resistance welding equipment.

This document specifies procedures for the assessment of human exposure to magnetic fields produced by resistance welding equipment. 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 or relevant basic standards apply.

This document 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 Basic Standard can be used to assist in workplace assessment.

Other standards can apply to products covered by this document. In particular this document 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.

This document focuses on the use of coupling coefficients to assess the exposure to EMF.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 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 62226-2-1, *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 2-1: Exposure to magnetic fields – 2D models*

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, quantities, units and constants

3.1 Terms and definitions

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

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

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

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

coupling coefficient

CC_B , CC_J , CC_E

coupling-coefficient that map the electric current in a field source to the maximum of the external magnetic flux density (CC_B), the maximum intracorporeal induced electric current density (CC_J) or the maximum intracorporeal electric field strength (CC_E) respectively

Note 1 to entry: Keeping in mind that the electric conductivity can be frequency dependent, a conversion between CC_J and CC_E is possible with the relation given in Formula (1)

$$J(j\omega) = \sigma(j\omega) \cdot E(j\omega) \quad (1)$$

3.1.3

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 %) exceed the permissible values.

3.1.4

general public

individuals of all ages and of varying health conditions

3.1.5

health effect

adverse effect, 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, 851-11-14, modified – "Arc welding" was replaced by "welding".]

3.1.8**non-thermal effect**

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

3.1.9**occupational exposure**

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 level**

directly measurable quantity, 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**resistance welding system**

combination of power source, transformer, cabling and welding circuit

3.1.12**sensory effect**

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

3.1.13**standardized configuration**

configuration reflecting the normal operator positions

3.1.14**standardized distance**

distance from the axis of a part of the welding circuit to the closest surface of the body in standardized configurations

3.1.15**welding circuit**

conductive material through which the welding current is intended to flow

Note 1 to entry: In resistance welding, the workpieces are not part of the welding circuit for the purposes of this document.

[SOURCE: IEC 60050-851, 851-14-10, modified – The two notes to entry have been deleted, and a new note to entry has been added.]

3.2 Quantities and units

The internationally accepted SI units are used throughout this document.

Symbols set in bold type are vector quantities.

Physical quantity	Symbol	Unit	Dimension
Electric conductivity	σ	Siemens per metre	$S\ m^{-1}$
Electric current	I	Ampere	A
Electric current density	J	Ampere per square metre	$A\ m^{-2}$
Electric field strength	E	Volt per metre	$V\ m^{-1}$
Frequency	f	Hertz	Hz
Magnetic flux density	B	Tesla	$V\ s\ m^{-2}$
Magnetic 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 8.

Assessments shall follow the provision in Clause 7.

If the assessment is conducted using calculated external field levels, 7.5 shall be applied in conjunction with Clause 5.

The results shall be reported as specified in Clause 8.

5 Coupling coefficients

5.1 General

A reference system shall be defined to measure the distances between the field source and the part of the human body to be assessed.

For occupational exposure, Figure 1 shows an example where two directions of approach are sufficient to be taken into account for setting a reference system.

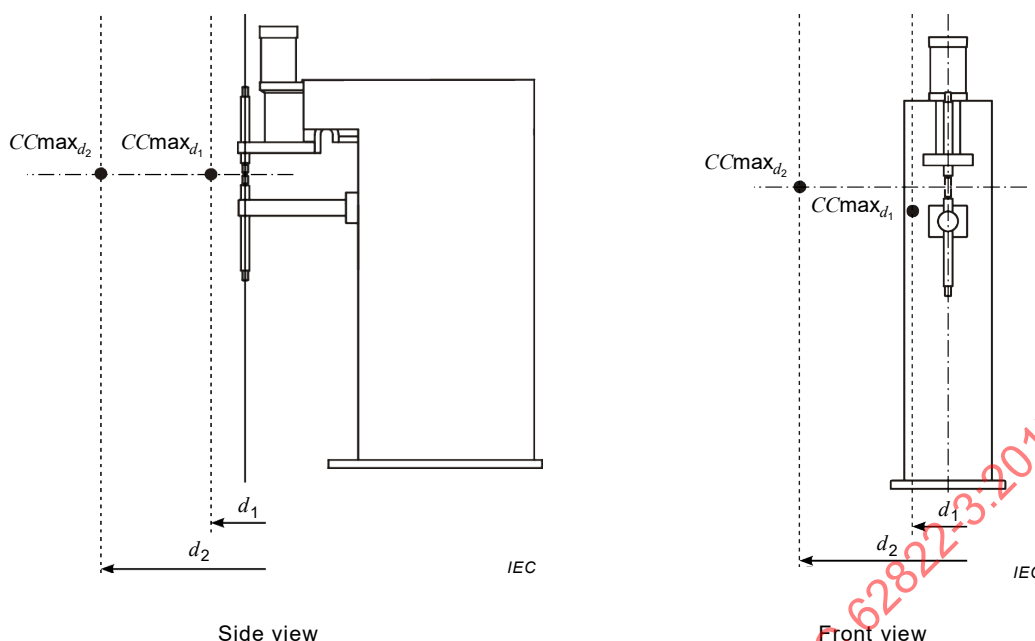


Figure 1 – Example of a reference system

NOTE 1 For other systems, other directions of approach can be considered because of its usage. More examples are shown in Annex A and Annex B.

NOTE 2 In Figure 1, the actual position of the highest CC in respect to the separation distance is only given for further illustration purposes.

NOTE 3 The front-view in Figure 1 illustrates a situation where the position of the highest CC changes in respect to the separation distance and symmetry-axis of the loop.

The coupling coefficients shall map a given welding current to the highest field quantity found at a specific separation distance within this reference system keeping in mind the degrees of freedom provided by the reference system.

NOTE 4 Annex C contains theoretical background information.

Separation distances are given in Table 1 and represent the standardized configurations.

If applicable national and international requirements exclude specific configurations (e.g. the assessment of the exposure of limbs is not required), coupling coefficients for these configurations may be omitted.

If applicable national and international requirements specifically call for the application of exposure configurations covered by this document, suitable assessment configurations following the underlying principles in Clauses 5, 6 and 7 shall be derived.

NOTE 5 For different field quantities (B , J , E) different sets of coupling factors can be used.

Clause 6 shall be applied for the modelling of the field source when deriving coupling coefficients for different field quantities.

Table 1 – Standardized distances

Head	300 mm
Trunk	200 mm
Limbs	100 mm

The coupling coefficients CC_J , and CC_E shall be obtained by the methods given in 5.2 and 5.3 as found appropriate by the manufacturer.

CC_B shall be either obtained using calculated (Clause 6) or measured (7.5) values of the magnetic flux density B .

The coupling coefficients CC for the different field quantities shall be calculated with Formulas (2), (3) and (4).

$$CC_B(R, d) = \frac{B_{\max}}{I} \quad (2)$$

$$CC_J(R, d) = \frac{J_{\max}(f)}{I \cdot f} \quad (3)$$

$$CC_E(R, d) = \frac{E_{\max}(f)}{I \cdot f} \quad (4)$$

where

I is the welding current;

f is the frequency of the welding current;

R is the disk radius;

d is the distance to the field source;

$B_{\max}$, $J_{\max}$, $E_{\max}$ are the maxima of the field quantities B , J and E respectively.

5.2 Conductive disks

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 2.

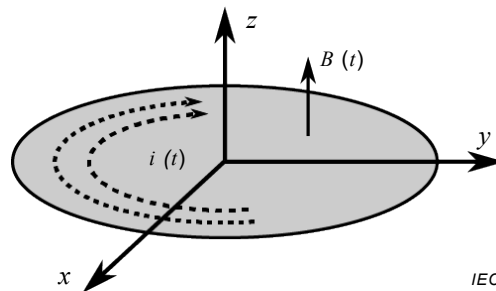


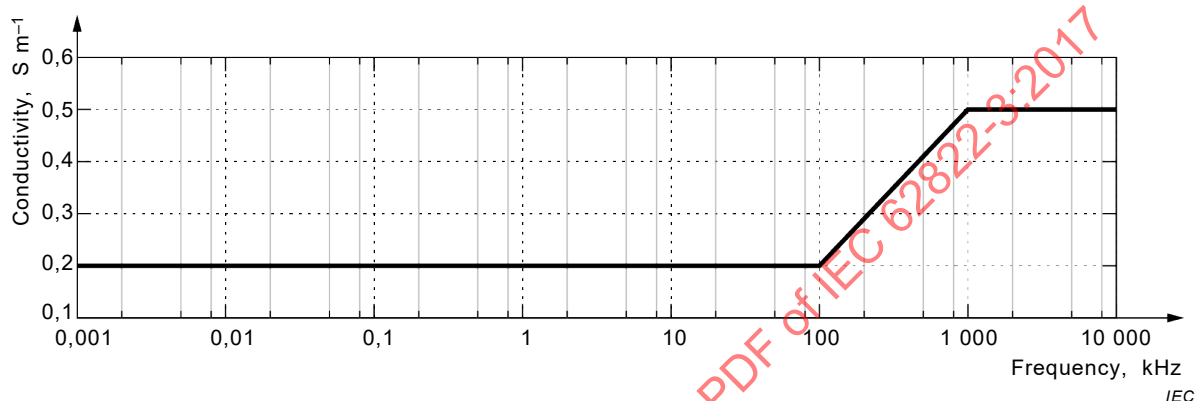
Figure 2 – Conducting disk in a uniform, time variant magnetic flux density

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.

Table 2 – Radii for the 2D disk model

	Head	Trunk	Limbs	
			Hand	Thigh
Disk radius R	100 mm	200 mm	50 mm	100 mm

The electrical parameters used for modelling the human body are very critical. Average values of the electrical conductivity σ are given in Figure 3. These average values shall only be used for assessment procedures using simplified body models with homogeneous electrical conductivity.

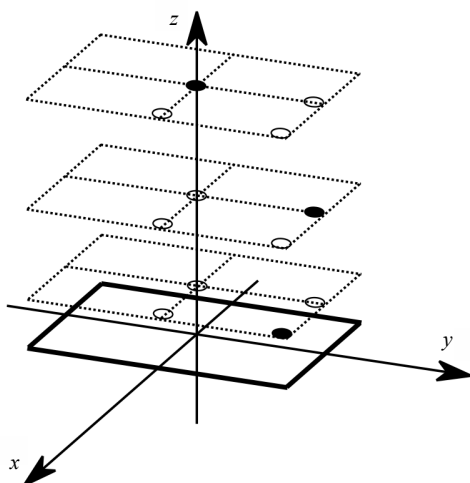
**Figure 3 – Electrical conductivity for homogeneous body models**

NOTE The frequency range can be limited when determining the coupling coefficients as appropriate.

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

IEC 62226-2-1 describes in detail the procedure to find $E_{\max}$ and $J_{\max}$ within the disk area.

To minimize numerical errors, appropriate averaging methods shall be applied to the induced field quantities.



IEC

Figure 4 – Example of the placement of the conductive disks

Due to the nature of the magnetic field, the disk position giving the highest exposure changes with respect to the distance to the field source. In Figure 4, the solid disks represent the locations giving the highest exposure with respect to the assessment distance.

5.3 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.

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.

Considerations on the methodology for numerical simulations is given in IEC 62226-2-1.

The 99th percentile value of the vectorial averages of the induced field quantities within small contiguous tissue volumes of 2 mm × 2 mm × 2 mm shall be used for the assessment. This is restricted to skin tissue.

6 Source model

6.1 General

The main source of EMF is the welding current flowing through the welding circuit, generating a low frequency magnetic field. This has the greatest contributor to the exposure index *EI*.

The magnetic field produced by the welding current is non-homogeneous in close proximity to the equipment.

The parameters of the welding current (e.g. amplitude and waveform), and the welding circuit characteristics (e.g. dimensions), are determined by the equipment only. External factors, for example characteristics of the work piece, may have influence on the magnetic field, but are not taken into account by this document.

NOTE 1 This assumption allows the use of filamentary currents and renders the application of Biot-Savart's Law possible.

Therefore, assessment shall be based on these parameters and the configuration of the welding circuit as specified in this document.

The fact that a magnetic field in the space surrounding resistance welding equipment is non-homogeneous shall be taken into account.

Configuration with simple solutions for the magnetic flux density are given in 6.2, 6.3 and 6.4.

IEC 62226-2-1 gives more information on how to assess more complex situations.

Other methods (e.g. numerical methods) may be used as long as they provide equivalent results.

NOTE 2 An example is the evaluation of the full set of Maxwell's equations.

6.2 Single cable

For a single cable a source model as given in Figure 5 shall be used.

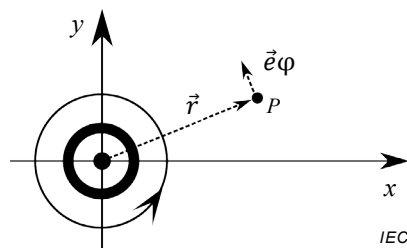


Figure 5 – Source model – Single cable

Due to the symmetry of the field distribution, only a single distance d to the centre of the conductor as shown in Figure 6 shall be considered when deriving the coupling coefficients. The magnitude of the magnetic flux density B is given in Formula (5).

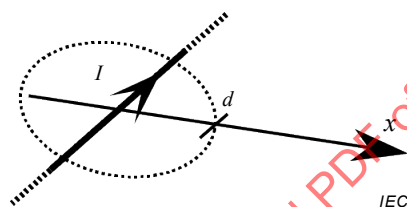


Figure 6 – Assessment configuration – Single cable

$$B(d) = \frac{\mu_0}{2 \pi d} \cdot I \quad (5)$$

where

d is the distance to the field source.

6.3 Parallel cables

For two parallel cables a source model as given in Figure 7 shall be used.

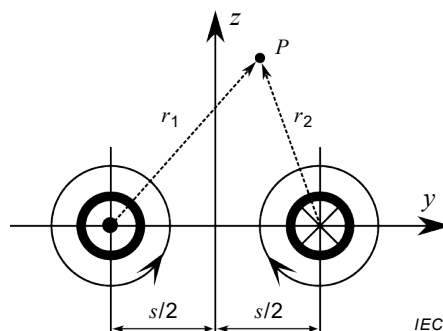


Figure 7 – Source model – Parallel cables

Since the field distribution does not change along the x -axis, two distances (d_y , d_z) as shown in Figure 8 shall be considered when deriving the coupling coefficients. Formula (6) shall be used to calculate the magnetic flux density B . The magnitude of B shall be calculated as given in Formula (7).

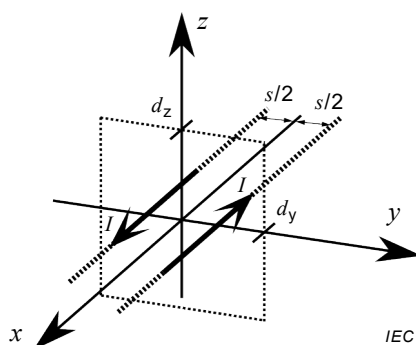


Figure 8 – Assessment Configuration – Parallel Cables

$$B_y(x, y, z) = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \left[\frac{z}{z^2 + \left(y - \frac{s}{2}\right)^2} - \frac{z}{z^2 + \left(y + \frac{s}{2}\right)^2} \right]$$

$$B_z(x, y, z) = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \left[\frac{\frac{s}{2} - y}{z^2 + \left(y - \frac{s}{2}\right)^2} + \frac{\frac{s}{2} + y}{z^2 + \left(y + \frac{s}{2}\right)^2} \right]$$

$$\mathbf{B}(x, y, z) = \begin{bmatrix} 0 \\ B_y(x, y, z) \\ B_z(x, y, z) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$B(x, y, z) = \sqrt{B_y^2 + B_z^2} \quad (7)$$

where

s is the distance between the filamentary currents;

x, y, z are the coordinates of the point P .

6.4 Rectangular loop

For conductors forming a rectangular loop a source model as given in Figure 9 shall be used.

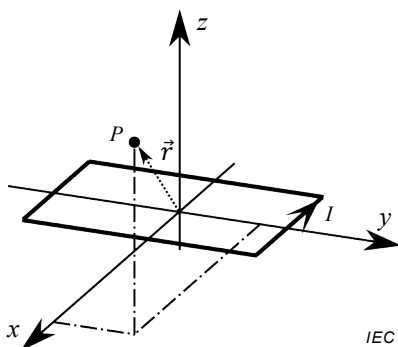


Figure 9 – Rectangular loop configuration

Because of the properties of the field distribution, three distances (d_x , d_y , d_z) to the centre of the conductor as shown in Figure 10 shall be considered.

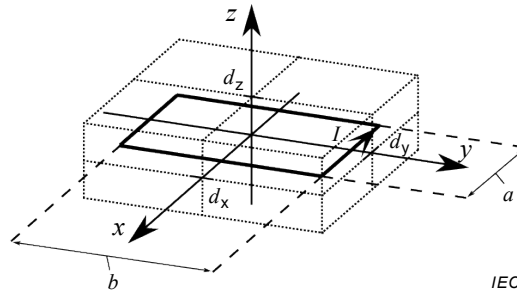


Figure 10 – Assessment distances for the loop configuration

The magnetic flux density $\mathbf{B}$ is calculated using Biot-Savart's Law (8). The magnitude of $\mathbf{B}$ is given in Formula (9).

$$\begin{aligned}
 x_0 &= \frac{a}{2} - x & D_1 &= \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z^2} & R_1 &= \frac{\frac{x_0}{D_1} + \frac{x_1}{D_2}}{y_0^2 + z^2} \\
 x_1 &= \frac{a}{2} + x & D_2 &= \sqrt{x_1^2 + y_0^2 + z^2} & R_2 &= \frac{\frac{y_0}{D_2} + \frac{y_1}{D_3}}{x_1^2 + z^2} \\
 y_0 &= \frac{b}{2} - y & D_3 &= \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z^2} & R_3 &= \frac{\frac{x_1}{D_3} + \frac{x_0}{D_4}}{y_1^2 + z^2} \\
 y_1 &= \frac{b}{2} + y & D_4 &= \sqrt{x_0^2 + y_1^2 + z^2} & R_4 &= \frac{\frac{y_1}{D_4} + \frac{y_0}{D_1}}{x_0^2 + z^2}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{B}(x, y, z) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \begin{bmatrix} z(R_4 - R_2) \\ z(R_1 - R_3) \\ R_1 y_0 + R_2 x_1 + R_3 y_1 + R_4 x_0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

where

a is the dimension of the loop in x -direction as shown in Figure 10;

b is the dimension of the loop in y -direction as shown in Figure 10;

x, y, z are the coordinates of the observation point P .

$$B(x, y, z) = \sqrt{B_x(x, y, z)^2 + B_y(x, y, z)^2 + B_z(x, y, z)^2} \quad (9)$$

where

x, y, z are the coordinates of the observation point P ;

B_x , B_y , B_z are the x , y and z component of the magnetic flux density B .

NOTE 1 Annex E describes a conservative approximation for the coupling coefficients for a wide range of rectangular loop arrangements.

NOTE 2 For several rectangular loops the coupling coefficients are given in Tables D.2, Tables D.3, Tables D.4 and Tables D.5.

7 Assessment methods

7.1 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.

7.2 General considerations

7.2.1 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.

7.2.2 Spatial averaging

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 7.5 shall be applied for external and intracorporeal field values.

7.2.3 Frequency range limitations

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

- 10 times the AC output current frequency for sinusoidal AC output equipment,
- 40 times the AC output current frequency for non-sinusoidal AC output equipment with phase shift current adjustment,
- 1 kHz for single phase transformer-rectifier types operating at mains frequency,
- 3 kHz for three phase transformer-rectifier types operating at mains frequency,
- 10 times the switching frequency for inverter types,
- the frequency $f_{\max}$ defined in Formula (10) using the minimum rise or fall time for non-sinusoidal AC or pulsed types, e.g. capacitor discharge equipment,

$$f_{\max} = 10 \cdot \frac{1}{4 \cdot \tau_{\text{pmin}}} \quad (10)$$

where

$\tau_{\text{p min}}$ is the minimum of the rise and fall time;

$f_{\max}$ is the frequency defined by the manufacturer based on his knowledge of special techniques used in the apparatus.

NOTE These frequency range limitations are based on prior experience of measurements made on resistance welding equipment.

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

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.

For limitations in the time-domain, the largest time-step $t_{\max}$ shall be determined from the highest frequency $f_{\max}$ to be considered using Formula (11).

$$t_{\max} = \frac{1}{2 \cdot f_{\max}} \quad (11)$$

7.2.4 Measurement instruments

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 as 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.

7.2.5 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.

7.3 Equipment with sinusoidal welding current

The maximum of the magnetic flux density ($B_{\max}$) at the bodies positions, the electric field strength ($E_{i, \max}$) and the current densities ($J_{i, \max}$) inside a specific part of the body is calculated with Formulas (12), (13) and (14).

$$B_{\max} = CC_B(R, d) \cdot I \quad (12)$$

$$E_{\max} = CC_E(R, d) \cdot f \cdot I \quad (13)$$

$$J_{\max} = CC_J(R, d) \cdot f \cdot I \quad (14)$$

where

R is the disk radius;

d is the distance to the field source;

I is the welding current;

f is the frequency of the welding current;

$B_{\max}$, $J_{\max}$, $E_{\max}$ are the maxima of the field quantities B , J and E respectively.

NOTE 1 The reference system can allow some degree of freedom. When setting the coupling coefficient, the worst case position was already taken into account in this respect.

An exposure index is derived by dividing a field quantity by the applicable limit value at the frequency under consideration (Formulas (15), (16), (17)).

$$EI_B = \frac{B_{\max}}{L_B} \quad (15)$$

$$EI_E = \frac{E_{\max}}{L_E} \quad (16)$$

$$EI_J = \frac{J_{\max}}{L_J} \quad (17)$$

where

$B_{\max}, J_{\max}, E_{\max}$ are the maxima of the field quantities B, J and E respectively;
 L_B, L_J, L_E are the limit values of the field quantities B, J and E respectively;
 EI_B, EI_J, EI_E are the exposure indices for the B, J and E field respectively.

NOTE 2 Limits can only exist for only one of the given field quantities.

7.4 Equipment with pulsed or non-sinusoidal welding current

7.4.1 General

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

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.

The maximum resulting EI over time shall be used for the assessment.

The weighted peak method is used for assessments based on external fields as well as for assessments based on internal metrics.

Electronic and digital filters can be used to realize the weighting functions representing the applicable limits.

Examples to apply this method are given in Annex A and Annex B.

7.4.2 Derivation of the weighting function from limits for field quantities

The amplitudes and phase angles of the weighting can be approximated. The attenuation should not deviate more than 3 dB and phase not more than 90° from the piecewise linear frequency response.

Approximation of the piecewise linear values of limits L_i at frequencies f_i , shall be done using complex functions, such as Formula (18). The initial amplitude V_0 , the number of corner frequencies and the position of the relevant terms are dependent on the applicable limits.

$$L_i = \left| V_0 \frac{(1 + s_i/\omega_1)(1 + s_i/\omega_2)(1 + s_i/\omega_3)}{(1 + s_i/\omega_4)(1 + s_i/\omega_5)(1 + s_i/\omega_6)} \right| \quad (18)$$

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 11. 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 [1]¹.

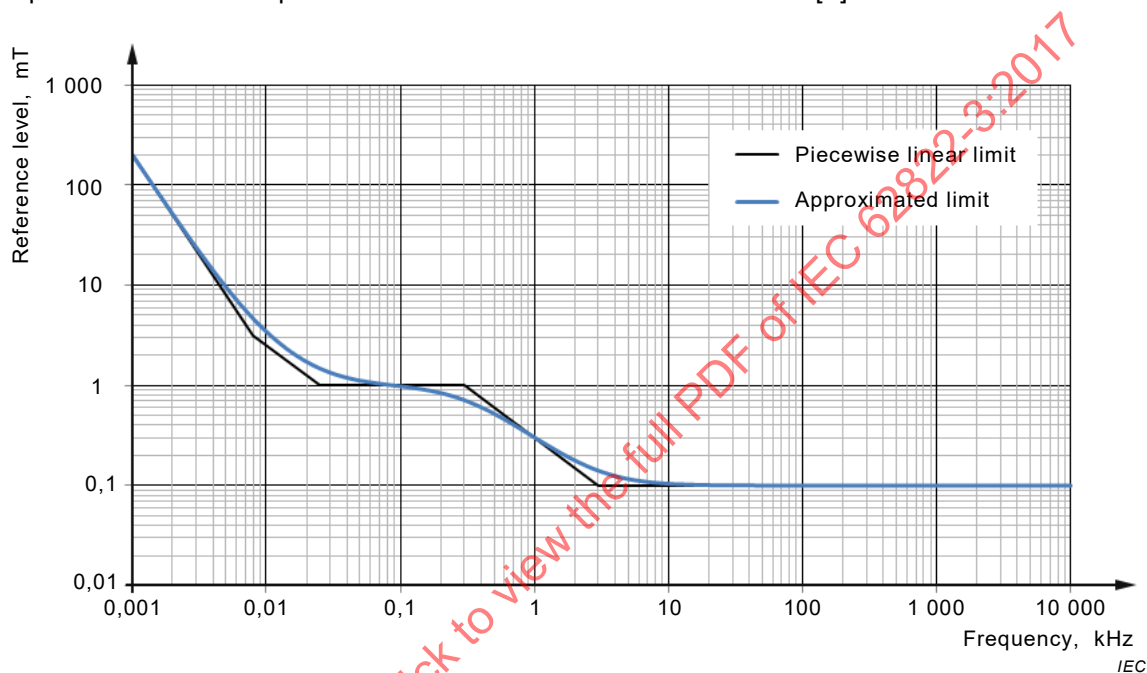


Figure 11 – Piecewise linear and approximated limit amplitudes

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 12. The example in Figure 12 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 [1].

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

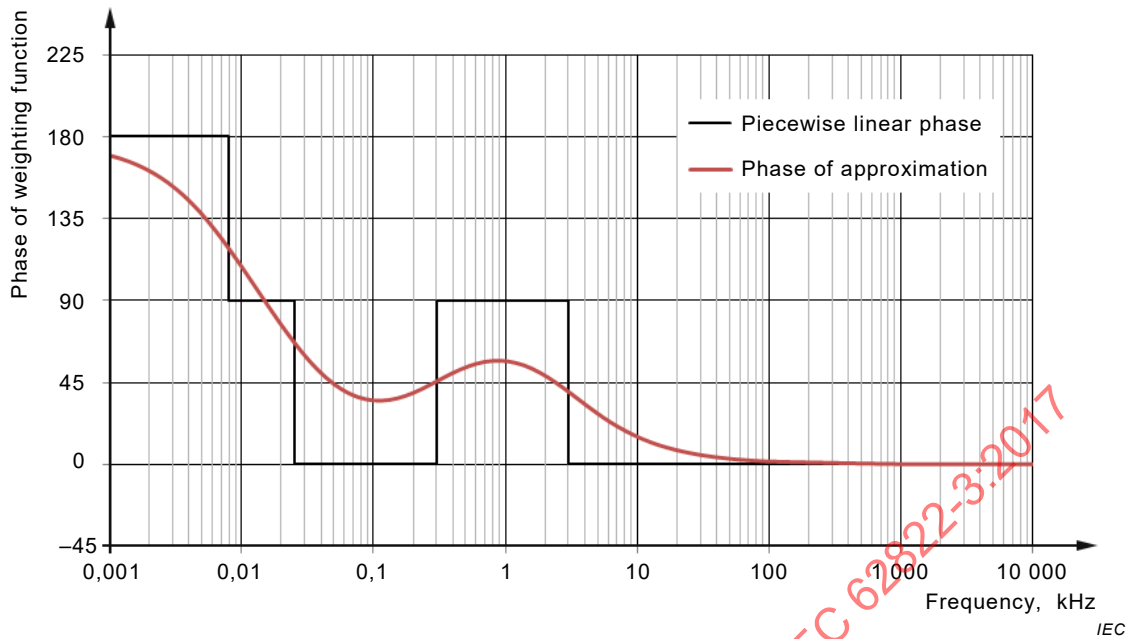


Figure 12 – Piecewise linear and approximated summation function phase angles

The weighting function in time domain is obtained by using the inverse Fourier-Transform.

7.4.3 Application of the 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 Formula (19).

This method can be used for both external field levels and intracorporeal metrics.

The sum of the weighted spectral components shall not exceed 1,0 at any time t within the evaluation interval.

The maximum time increment shall be chosen according to 7.2.3.

$$\left| \sum_i \frac{A_i}{L_i} \cos(2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (19)$$

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 .

The type of value (e.g. r.m.s, peak,...) shall match the type of the limit applied.

Further information on this method is given in IEC 62311.

7.4.4 Application of the 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.

The sum of the weighted spectral components shall not exceed 1,0 at any time t within the evaluation interval.

The maximum time increment shall be chosen according to 7.2.3.

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.

7.5 Method based on measuring of external field levels

7.5.1 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 coefficients. 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.

Influences of field sources not being under assessment shall be eliminated or, at least, minimized.

In the case of a metallic floor, a non-metallic support with a minimum height of 0,8 m shall be used. 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.

The relevant sources shall be identified as given in Clause 5.

To measure the distance to the field source, a reference system according to Clause 6 shall be implemented.

7.5.2 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 $3 \text{ cm}^2 \pm 0,6 \text{ cm}^2$.

NOTE The standardized configurations in this document suggest probe positions relatively near to the welding circuit. As stated for example in [2] these cases need special provisions due to the localized nature of the field source. By using a small field probe this situation gets relaxed.

7.5.3 Spatial averaging

If spatial averaging is not allowed the highest of the taken measurement values shall be used for the assessment instead of the average value.

7.5.4 Exposure of the head

Measurements shall be made in accordance with Figure 13.

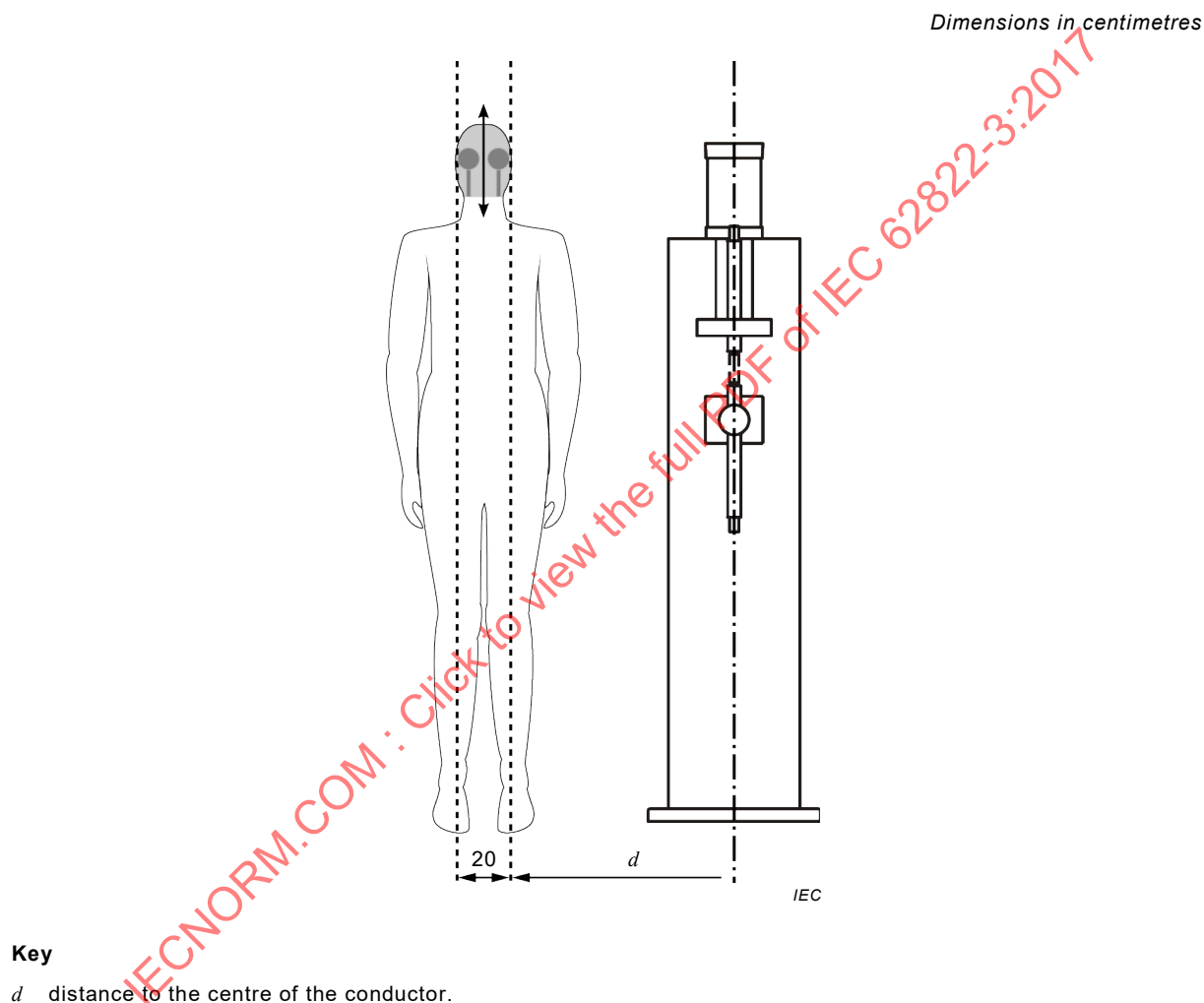


Figure 13 – Field measurement at head position

The average field level for the head $B_{AV \text{ head}}$ shall be calculated as given in Formula (20).

$$B_{AV \text{ head}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (20)$$

where

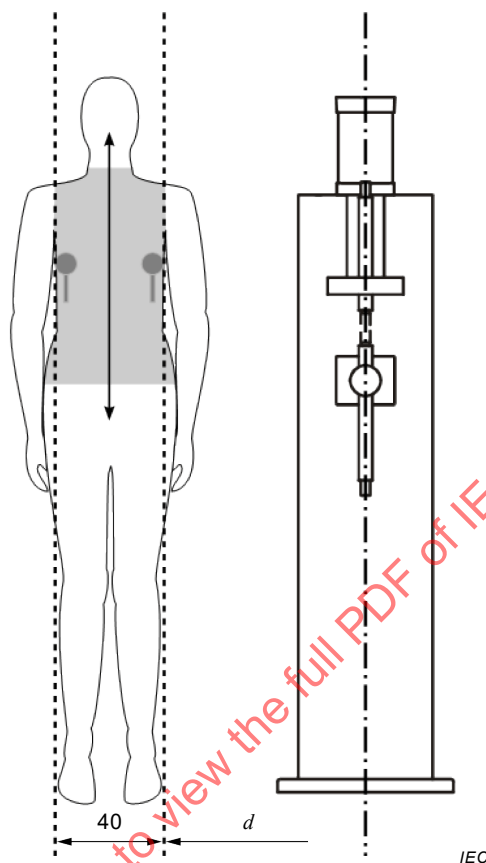
B_1 is the measured value at the position closest to the welding circuit;

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

7.5.5 Exposure of the trunk

Measurements shall be made in accordance with Figure 14.

Dimensions in centimetres



Key

d distance to the center of the conductor.

Figure 14 – Field measurement at trunk position

The average field level for the trunk $B_{AV \text{ trunk}}$ shall be calculated as given in Formula (21).

$$B_{AV \text{ trunk}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (21)$$

where

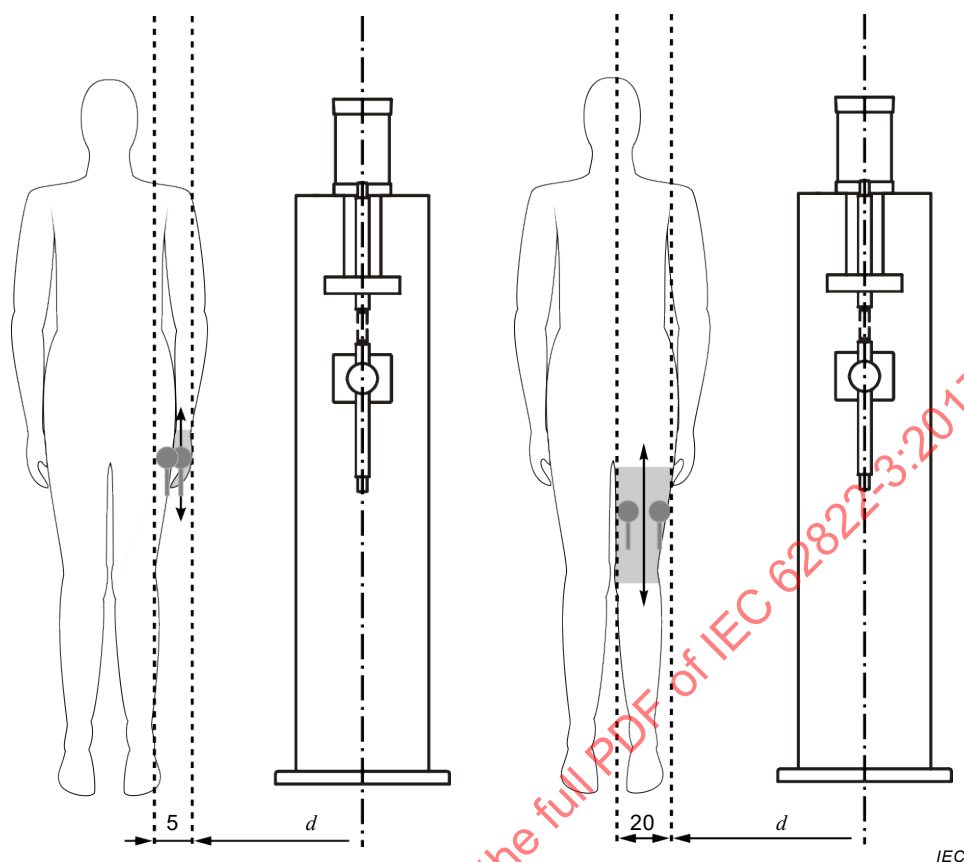
B_1 is the measured value at the position closest to the welding circuit;

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

7.5.6 Exposure of the limbs

Measurements shall be made in accordance with Figure 15.

Dimensions in centimetres



Key

d distance to the centre of the conductor.

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

The c field level for the thigh ($B_{AV \text{ thigh}}$) and the hand ($B_{AV \text{ hand}}$) shall be calculated in accordance with Formulas (22) and (23).

$$B_{AV \text{ thigh}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (22)$$

$$B_{AV \text{ hand}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (23)$$

where

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

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

7.6 Assessment procedure

7.6.1 General

This document allows an assessment of a complete welding system (Figure 16) or an assessment based on the individual components (Figure 17).

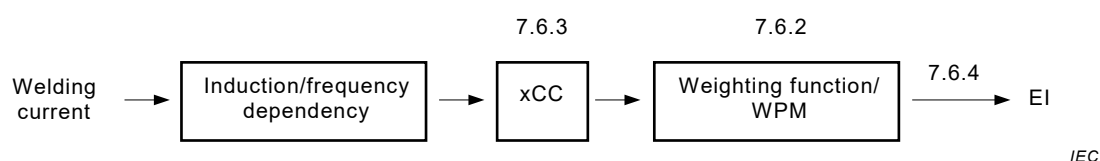


Figure 16 – Assessment of a complete welding system

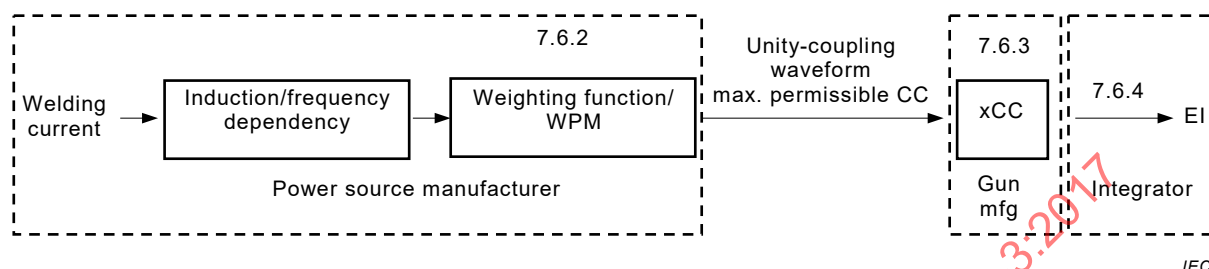


Figure 17 – Typical component based assessment

7.6.2 Power-source

The EI for the internal field quantities is calculated assuming a coupling condition where a welding current of 1 A results in an induced current density of 1 Am^{-2} or an electric field strength of 1 Vm^{-1} .

NOTE 1 The coupling phenomena are frequency-dependent.

NOTE 2 In the frequency range under consideration the frequency dependency is linear.

For the assessment of the magnetic field, a coupling condition is assumed where a welding current of 1 A results a magnetic flux density of 1 T.

By applying the weighted peak method on this result, the unity-coupling-waveform is obtained.

The inverse of the maximum of these waveforms represents the highest coupling factor allowed to meet the applied limit.

7.6.3 Electrode-assembly

The internal field quantities are calculated assuming a welding current of 1 kA.

NOTE 1 Since the coupling phenomena is linear in the frequency range under consideration, the frequency and amplitude welding-current used for the assessment is not critical and can be changed arbitrarily as needed.

An appropriate welding current is used to obtain the coupling-coefficients for the magnetic flux density. The field strength can be calculated or measured.

NOTE 2 The use of a sinusoidal waveform simplifies this procedure.

7.6.4 Welding-system

Using the maximum permissible coupling coefficient given in the power-source datasheet, find the corresponding minimum separation distance in the electrode assembly datasheet.

NOTE The EI is 1 at the minimum separation distance.

The EI is the ratio of the coupling coefficient corresponding to a distance in the electrode assembly datasheet to the maximum permissible coupling coefficient given in the power-source datasheet.

8 EMF data sheet and assessment report

8.1 General

The contents of the systems 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 of the system is given in the list below:

- a confirmation of compliance with the applicable basic restrictions in the standardized configurations for head, trunk and limbs – or a statement that the equipment does not comply in the standardized configurations;
- the exposure index in the standardized configurations for head (for sensory effects and health effects, as applicable), trunk and limbs;
- the distances between the welding system 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 in all standardized configurations – the distances where compliance is reached for head, trunk and limbs;
- the distance where the exposure index falls below 20 %, based on the applicable basic restriction or reference level;
- for equipment assessed using occupational exposure limits – the distance 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 in the standardized distances for head, trunk and limbs;
- as applicable – if the basic restrictions for sensory effects are exceeded in the standardized distances for the head.

NOTE 1 All distances refer to the centre of the conducting material.

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:

- 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 Annex F, Figures F.1, F.2 and F.3.

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

8.2 EMF datasheet of components

8.2.1 Power sources

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

The minimum information to be collected during the assessment of the power source is given in the list below.

- The maximum permissible coupling coefficient to comply with all applicable national and/or international limits.

NOTE For example, these limits can be for sensory effects and health effects as applicable for the limbs, the trunk or the head.

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

- Data for multiple operation modes.

8.2.2 Electrode assemblies

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

The minimum information to be collected during the assessment of the electrode assembly is given in the list below.

- The coupling coefficients CC_B , CC_J and CC_E for the head, trunk and limbs as applicable, at least up to a distance of 5 m to the closest part of the welding circuit. This set of coefficients shall include the coefficients for the standardized distances.

NOTE For example, these limits can be for sensory effects and health effects as applicable for the limbs, the trunk or the head.

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

- Data for operating positions with different exposure to EMF.

8.2.3 Other components

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

All additional information, which is helpful for the assessment of the complete resistance welding circuit shall be provided.

Annex A (informative)

Example of the weighted peak method in the time domain

A.1 General

In this annex, an example of a DC resistance welding system is assessed to the EU EMF Workplace Directive [1]. For this purpose, datasheets for all components (Figures A.5 and A.6) are generated and combined in an EMF datasheet of the system (Figures A.7 and A.8).

NOTE A complete assessment could include the transformer, cables and other components.

A.2 Power source

A.2.1 General

The power source's worst-case current waveform is given in Figure A.1. It is intended for professional use. It directly outputs the welding current without the need for an external transformer.

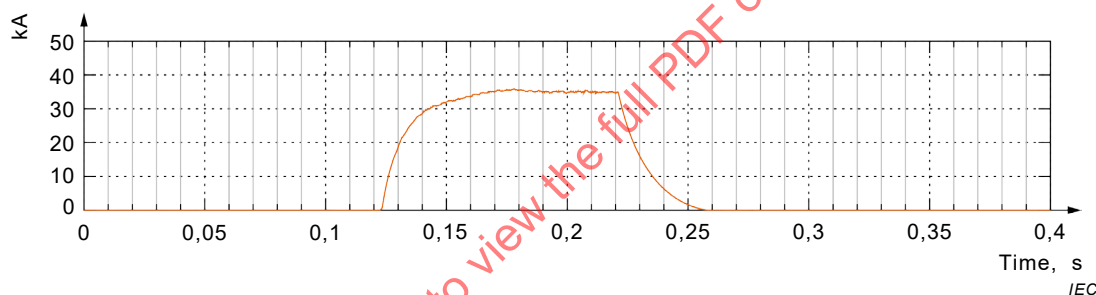


Figure A.1 – Current waveform

A.2.2 Applied limits

A.2.2.1 General

In this example, limits of the European EMF Workers Directive 2013/35/EU are applied.

Figure A.2 shows the combined limits for the sensory and health effects applicable for the head.

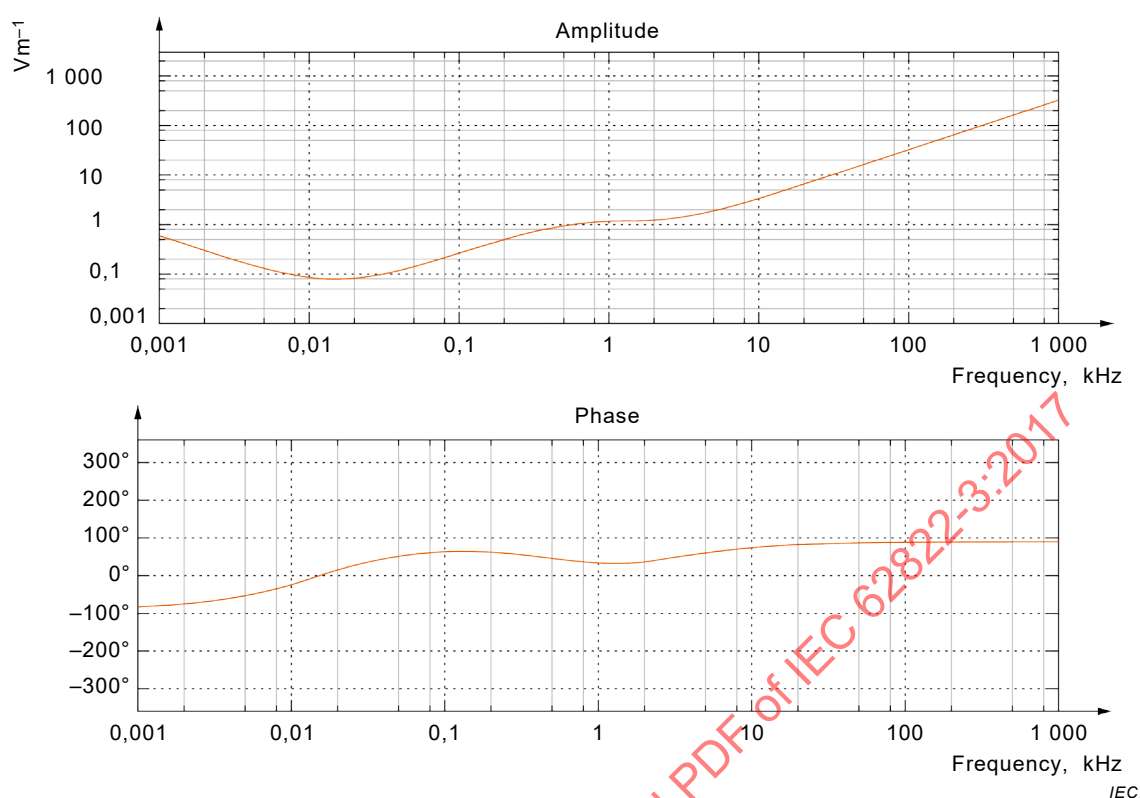


Figure A.2 – Combined ELVs for the head [1]

NOTE The limit function was derived as described in Clause 7.4.1. Further information is provided in IEC 62311.

A.2.2.2 Application of the WPM in the time-domain

The unity-coupling-waveform in Figure A.3 is obtained by the means of digital filtering of the worst-case current given in Figure A.1 according to the limit given in Figure A.2.

NOTE An in-depth description of the weighted-peak-method in the time- and frequency-domain is provided in IEC 62311.

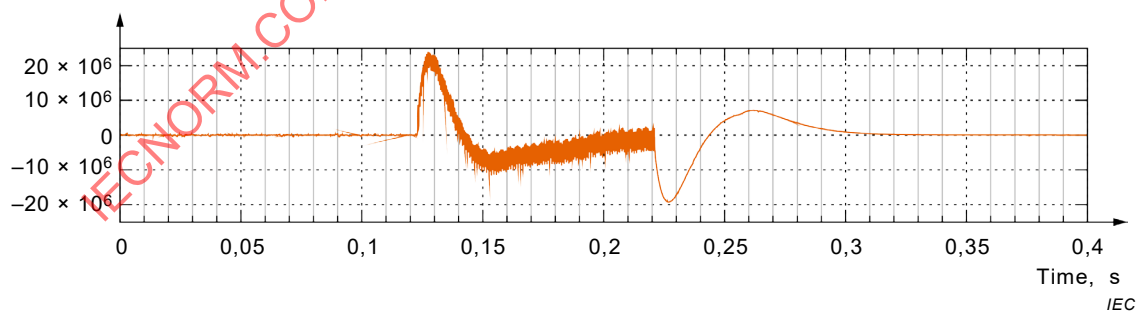


Figure A.3 – Unity-coupling waveform

The unity-coupling-waveform shows the hypothetical exposure index if a current of 1 A resulted in a field strength of 1 Vm⁻¹ (i.e. the hypothetical CC_E is 1 Vm⁻¹/A x Hz or 1 000 000 mVm⁻¹/kA x Hz).

As shown in Figure A.3, a current as shown in Figure A.1 gives an absolute maximum of $24,3 \times 10^6$.

The maximum permissible CC_E to meet both the sensory and health effect limits for the head is $1/24,3 \times 10^{-6}$ Vm⁻¹/A·Hz or 0,041 mVm⁻¹/A·Hz.

A.2.3 Assessment of the electrode-assembly

The electrode-assembly shown in Figure A.4 was found to be sufficiently similar to the 1,5 m × 1,0 m loop described in D.2.3.

The small loop on the top side of the electrode is not accessible due to the construction of the machine and was therefore neglected.

Dimensions in centimetres

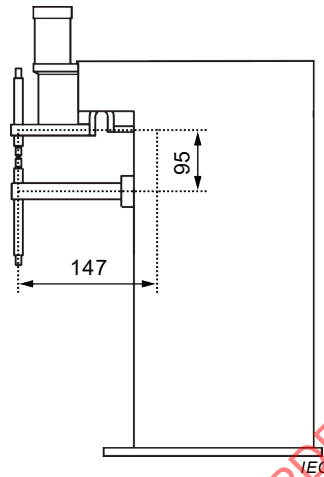


Figure A.4 – Geometry of the electrode assembly

A.2.4 Datasheets**A.2.4.1 Power source datasheet**

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING POWER SOURCE				
Issued by	Compaweld Ltd		Daniel Tester	
Valid from	2016-06-30	Revision	A	
Equipment information				
Brand name	Compaweld			
Model name(s)	Ultrawelder 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 62822-3:2016			
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)				
EMF data for non-thermal effects				
Unity coupling coefficients Directive 2013/35/EU				
	Head (Sensory + Health)	Trunk	Limb hand	Limb thigh
Disk radius	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm
Max. permissible coupling coefficient	$0,041 \text{ mV m}^{-1} / \text{kA}$	$0,129 \text{ mV m}^{-1} / \text{kA}$	$0,129 \text{ mV m}^{-1} / \text{kA}$	$0,129 \text{ mV m}^{-1} / \text{kA}$
Unity coupling coefficients Recommendation 1999/519/EC				
	General public			
Max. permissible coupling coefficient	$0,000 12 \text{ mA m}^{-2} / \text{kA}$			

Figure A.5 – Datasheet of the power source

A.2.4.2 Datasheet of the electrode assembly

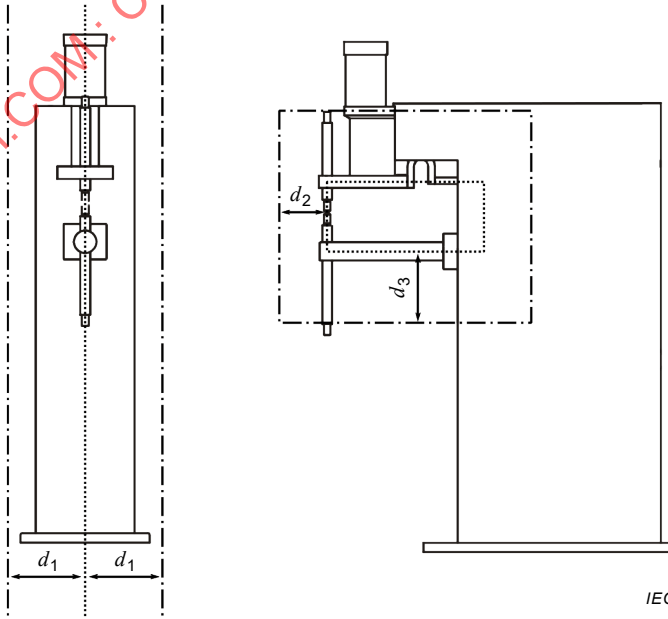
EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING ELECTRODE ASSEMBLY			
Issued by	Compaweld Ltd	Revision	Daniel Tester A
Valid from	2016-06-30		
Equipment information			
Brand name	Compaweld		
Model name(s)	Ultrawelder 2016		
Model number(s)	12-3456-000-789		
Intended use	☒ for occupational use ☐ for use by laymen		
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 62822-3:2016		
☐ Spatial averaging was performed.			
EMF data for non-thermal effects			
Coupling coefficients			
			

Figure A.6 – Datasheet of the electrode assembly

NOTE The contents of the coupling coefficient tables can be found in Tables D.1 to D.7 as described in A.2.2.

A.2.4.3 System datasheet

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING SYSTEM			
Issued by	Compaweld Ltd	Daniel Tester	
Valid from	2016-06-30	Revision	A
Equipment information			
Brand name	Compaweld		
Model name(s)	Ultrawelder 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 62822-3:2016		
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)			
☐ Spatial averaging was performed (as applicable)			

1/2

Figure A.7 – Datasheet of the welding system

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING SYSTEM (CONTINUED)

EMF data for non-thermal effects

Exposure quotients and distances to welding system

Table A.1 – Quotients and distances

		Head sensory and health effects	Trunk	Limb hand	Limb thigh
Standardized distance		30 cm	20cm	10cm	10cm
EI at standardized distance	d_1	5,5	5,1	2,5	4,8
	d_2	2,0	1,7	1,4	2,2
	d_3	2,0	1,7	1,4	2,2
Required minimum distance	d_1	90cm	70cm	30cm	50cm
	d_2	50cm	40cm	20cm	30cm
	d_3	50cm	40cm	20cm	30cm
Distance where all EIs fall below 20 %	d_1	2,0m	2,0m	80cm	1,5m
	d_2	1,5m	90cm	0,5m	0,7m
	d_3	1,5m	90cm	0,5m	0,7m
Distance where compliance with general public limits is reached (as applicable)	d_1	5m	6m		
	d_2	3,5m	4m		
	d_3	3,5m	4m		

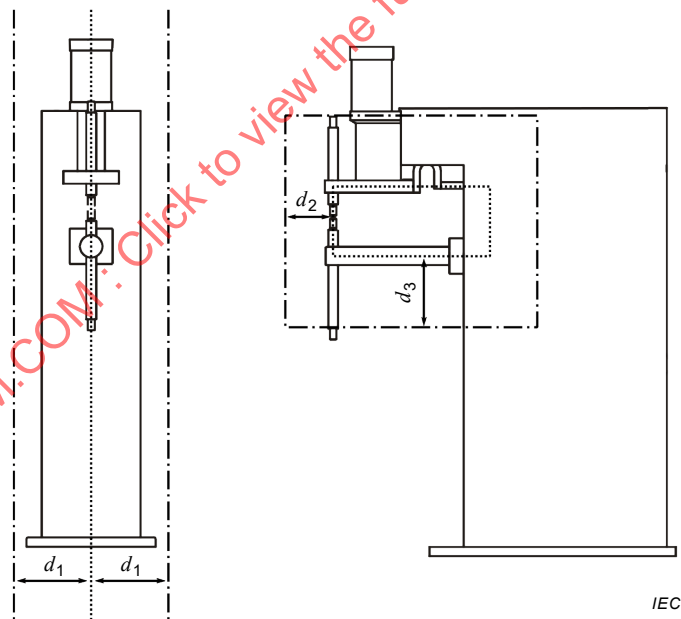


Figure A.5 – Distances

Annex B (informative)

Example of the weighted peak method in the frequency domain

B.1 General

An AC resistance welding installation is assessed. For this purpose, datasheets for all components (Figures B.6 and B.7) are generated and combined to an EMF datasheet (Figures B.8 and B.9) of the installation.

B.2 Power source

B.2.1 General

The power sources current waveform at a conducting angle of 30° is given in Figure B.1. It is intended for professional use. It directly outputs the welding current without the need for an external transformer.

NOTE A complete assessment could include the transformer, cables and other components.

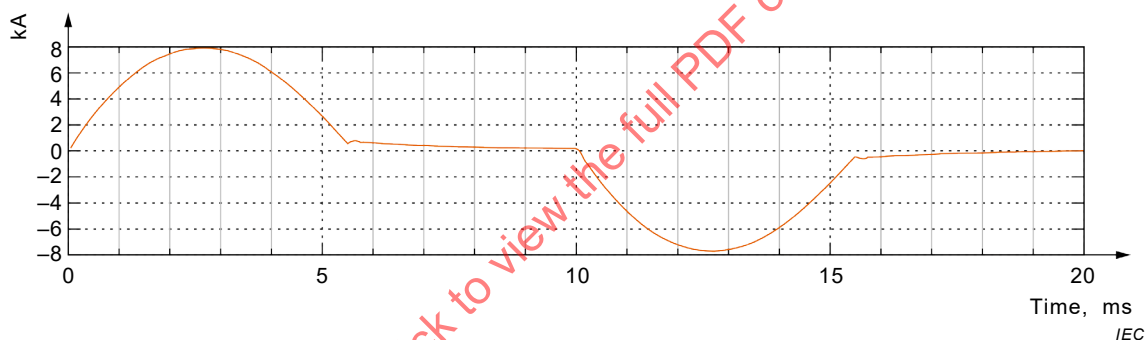


Figure B.1 – Current waveform

Figure B.2 shows the amplitude and the phase-angle for the spectral components of the welding current.

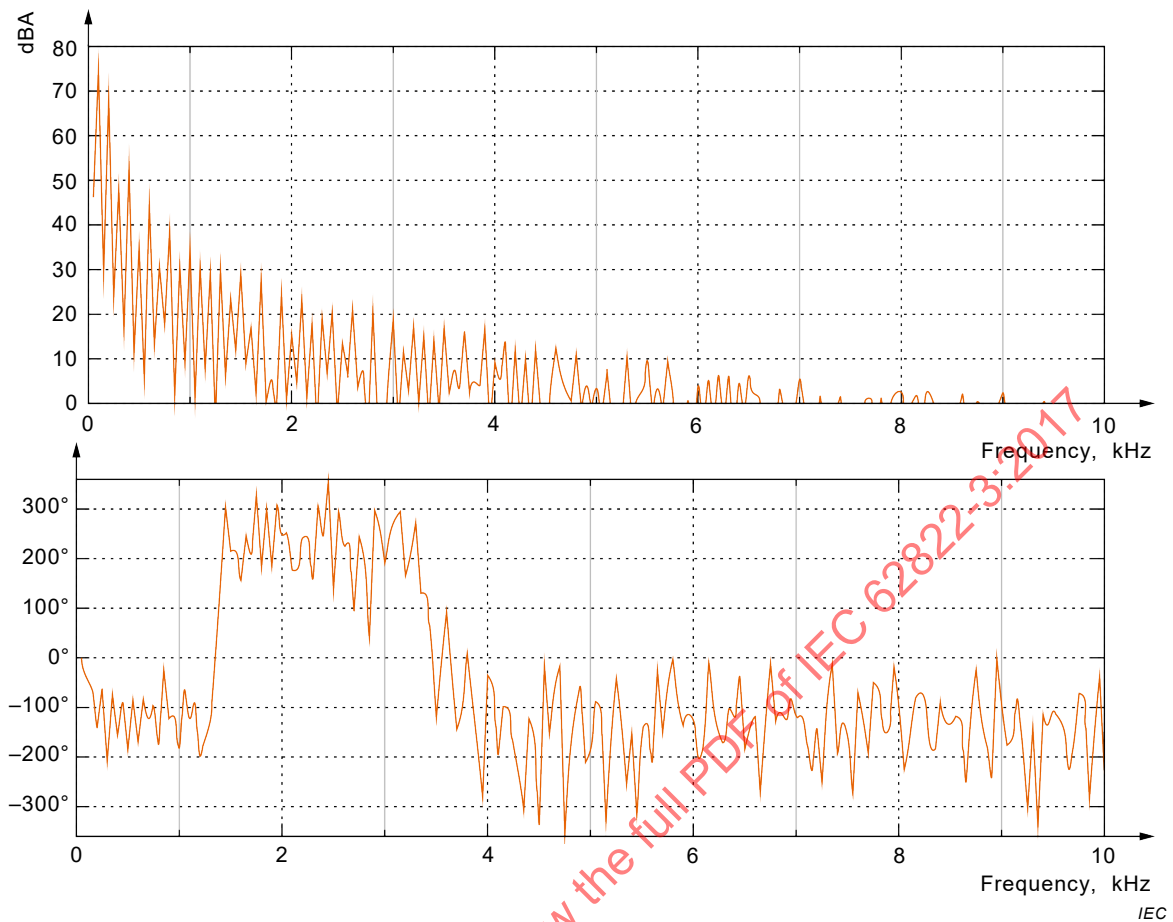


Figure B.2 – Spectrum of the current waveform

B.2.2 Applied limits

B.2.2.1 General

In this example, limits of the European EMF Workers Directive 2013/35/EU are applied.

Figure B.3 shows the combined limits for the sensory and health effects applicable for the head.

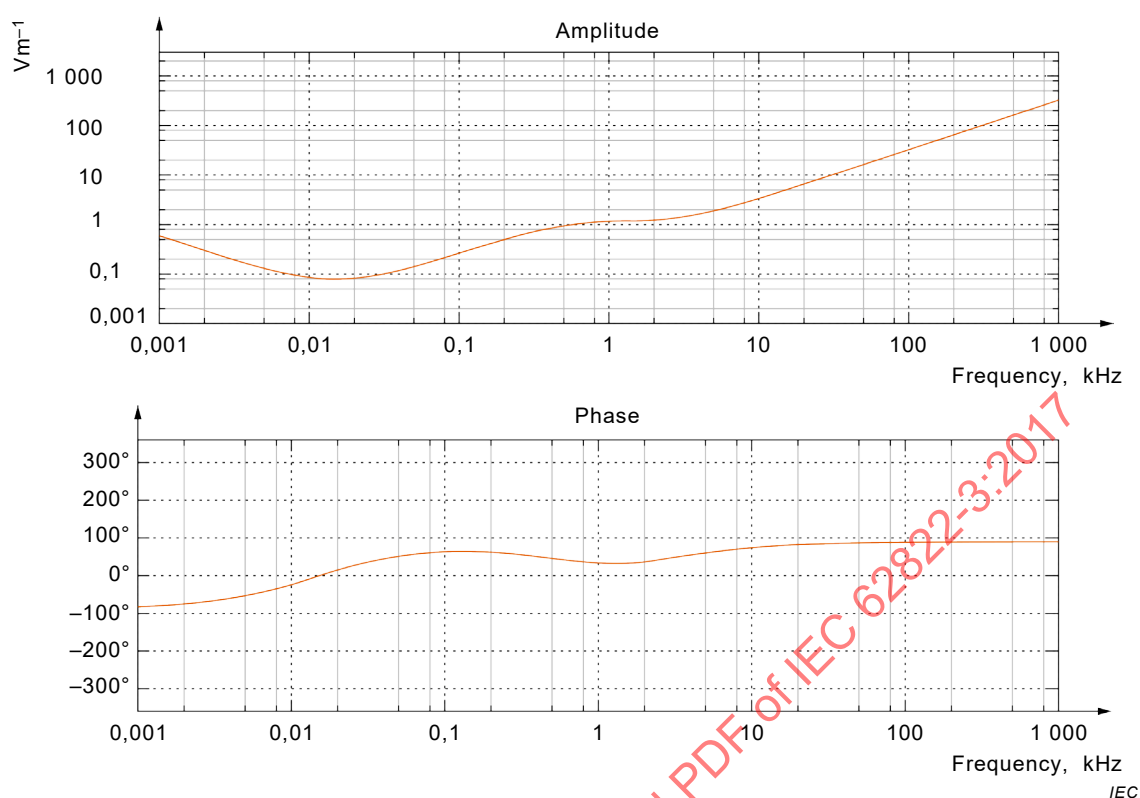


Figure B.3 – Combined ELVs for the head [1]

NOTE The limit function was derived as described in 7.4.1. Further information is provided in IEC 62311.

B.2.2.2 Application of the weighted peak method in the time-domain

The unity-coupling-waveform in Figure B.4 is obtained by the means of digital filtering of the worst-case current given in Figure B.1 according to the limit given in Figure B.3.

NOTE An in-depth description of the weighted-peak-method in the time- and frequency-domain is provided in IEC 62311.

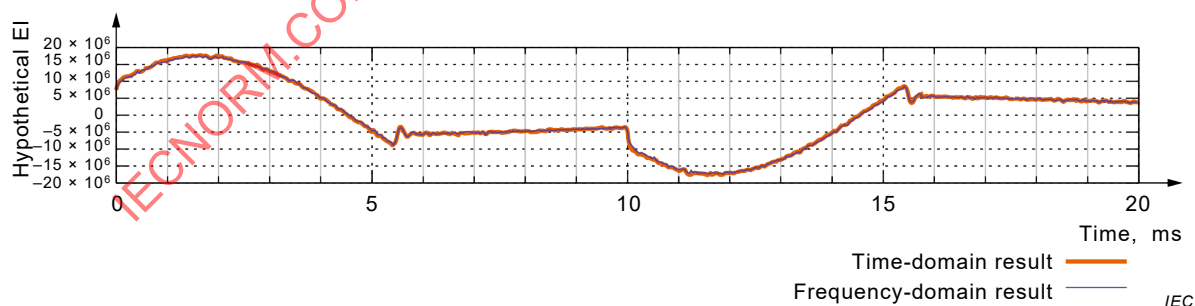


Figure B.4 – Unity-coupling waveform

The unity-coupling-waveform shows the hypothetical exposure quotient if a current of 1 A would result in a field strength of $1 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ (i.e. the hypothetical CC_E is $1 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}/\text{A}\cdot\text{Hz}$ or $1\,000\,000 \text{ mV}\cdot\text{m}^{-1}/\text{A}\cdot\text{Hz}$).

As shown in Figure B.4, a current as shown in Figure B.1 gives an absolute maximum electric field at unity-coupling condition of 18×10^6 .

The maximum permissible CC_E to meet both the sensory and health effect limits for the head is $1/18 \times 10^{-6} \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}/\text{A}\cdot\text{Hz}$ or $0,056 \text{ mV}\cdot\text{m}^{-1}/\text{A}\cdot\text{Hz}$.

B.2.3 Assessment of the electrode-assembly

The electrode-assembly shown in Figure B.5 was found to be sufficiently similar to the 1,5 m × 1,0 m loop described in Table D.6 and D.7.

The small loop on the top side of the electrode is not accessible due to the construction of the machine and was therefore neglected.

Dimensions in centimetres

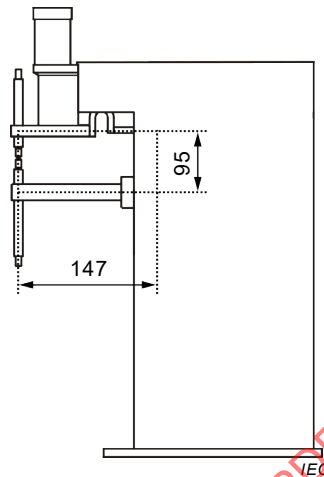


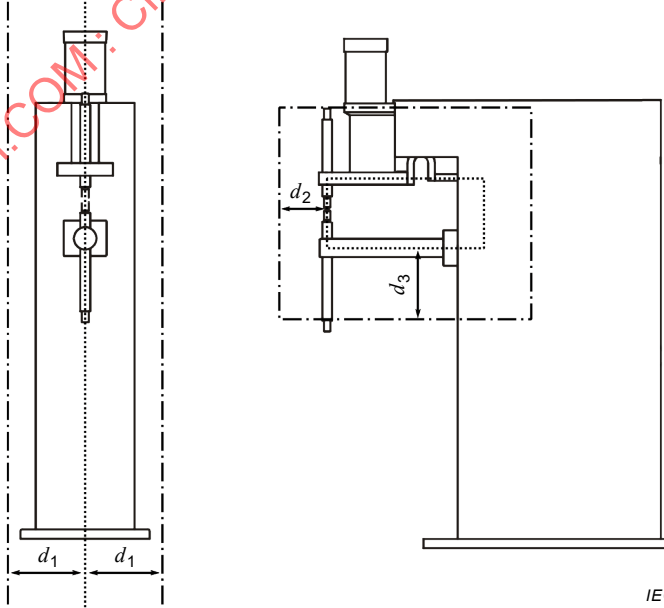
Figure B.5 – Geometry of the electrode assembly

B.2.4 Datasheets**B.2.4.1 Power source datasheet**

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE 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 62822-3:2016			
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)				
EMF data for non-thermal effects				
Unity coupling coefficients Directive 2013/35/EU				
	Head (Sensory + Health)	Trunk	Limb hand	Limb thigh
Disk radius	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm
Max. permissible coupling coefficient	$0,055 \text{ mV m}^{-1} / \text{kA}$	$0,16 \text{ mV m}^{-1} / \text{kA}$	$0,16 \text{ mV m}^{-1} / \text{kA}$	$0,16 \text{ mV m}^{-1} / \text{kA}$
Unity coupling coefficients Recommendation 1999/519/EC				
	General public			
Max. permissible coupling coefficient	$0,000 22 \text{ mAm}^{-2} / \text{kA}$			

Figure B.6 – Datasheet of the power source

B.2.4.2 Datasheet of the electrode assembly

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING ELECTRODE ASSEMBLY			
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 62822-3:2016		
☐ Spatial averaging was performed.			
EMF data for non-thermal effects			
Coupling coefficients			
			

IEC

1/2

Figure B.7 – Datasheet of the electrode assembly

NOTE The contents of the coupling coefficient tables can be found in Tables D.1 to D.7 as described in B.2.3.

B.2.4.3 System datasheet

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING SYSTEM			
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 62822-1:2016, EN 62822-3:2017		
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)			
☐ Spatial averaging was performed (as applicable).			

1/2

Figure B.8 – Datasheet of the welding system

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING SYSTEM (CONTINUED)

EMF data for non-thermal effects

Exposure quotients and distances to welding system

		Head sensory and health effects	Trunk	Limb hand	Limb thigh
Standardized distance		30 cm	20 cm	10 cm	10 cm
EQ at standardized distance	d_1	4	3,9	1,9	3,7
	d_2	1,6	1,4	1,2	2,0
	d_3	1,6	1,4	1,2	2,0
Required minimum distance	d_1	1 m	80 cm	30 cm	50 cm
	d_2	50 cm	30 cm	20 cm	20 cm
	d_3	50 cm	30 cm	20 cm	20 cm
Distance where all EQs fall below 20 %	d_1	2,5 m	2 m	90 cm	1,5 m
	d_2	1,0 m	90 cm	50 cm	70 cm
	d_3	1,0 m	90 cm	50 cm	70 cm
Distance where compliance with general public limits is reached	d_1	5 m	6 m		
	d_2	3 m	4 m		
	d_3	3 m	4 m		

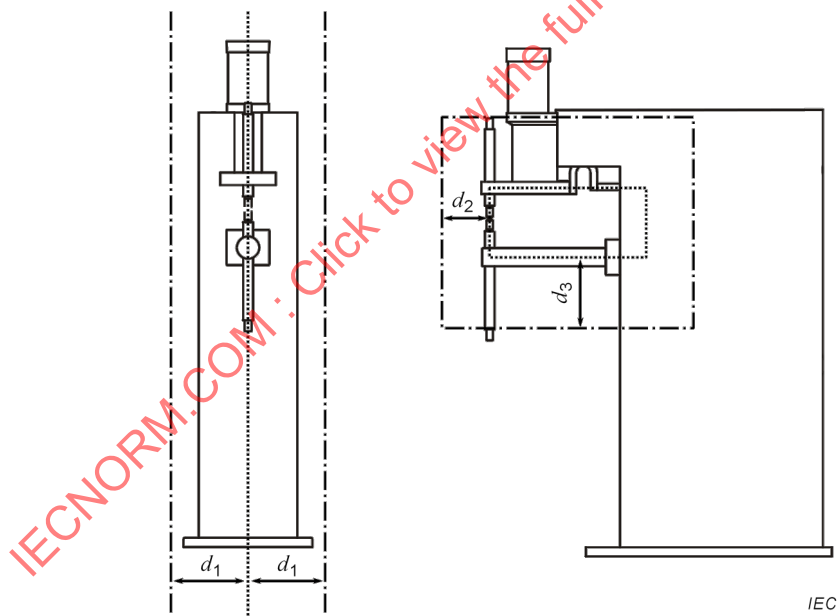


Figure B.9 – Datasheet of the welding system

Annex C (informative)

IEC 62822-3 for users of IEC 62822-2

Given a homogeneous, magnetic field $B(t) = \hat{B} \sin(j\omega t)$ perpendicular to the plane of the conductive disk, one can find the maximum of the electric current density inside this disk at radial position r to be:

$$J(r, f) = j \cdot \sigma \cdot \pi \cdot r \cdot f \cdot \hat{B}$$

It is easy to see that the maximum current density will be found at the circumference which leads for a disk with the radius R to:

$$J_{\max}(f) = j \cdot \sigma \cdot \pi \cdot R \cdot f \cdot \hat{B}$$

By applying $J(f) = \sigma(f) \cdot E(f)$ one gets for the electric field strength found at the circumference of the disk:

$$E_{\max}(f) = j \cdot \pi \cdot R \cdot f \cdot \hat{B}$$

In IEC 62822-2 the only source of magnetic field used is a single wire. So B at the nearest point to the wire at the circumference of the disc can be easily calculated to be:

$$B(f) = \mu_0 \cdot \frac{I(f)}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

Assuming this magnetic flux density would be constant within the disk area, the maximum of the electric field strength gets:

$$E_{\max}(f) = j \cdot \pi \cdot R \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \frac{I(f)}{2 \cdot \pi \cdot d} = j \cdot R \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \frac{I(f)}{2 \cdot d}$$

Since the magnetic flux density is not homogeneous over the disc area, IEC 62226-2-1 suggests to introduce a coupling factor K to correct this. This coupling factor depends on the distance to the field source and the radius of the disk.

After doing this, the resulting equation is identical to the one given in IEC 62822-2:

$$E_{\max}(f) = K(d, R) \cdot j \cdot R \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \frac{I(f)}{2 \cdot d}$$

The phase difference between the welding current and the resulting electric field strength mentioned in IEC 62822-2 is here reflected by the imaginary unit j .

The coupling coefficient used in this document is defined to be:

$$B_{\max}(f) = CC_B(R, d) \cdot I(f)$$

$$E_{\max}(f) = CC_E(R, d) \cdot f \cdot I(f)$$

$$J_{\max}(f) = CC_J(R, d) \cdot f \cdot I(f)$$

Since the conductivity of the disk is constant in the frequency range applicable to resistance welding installations, the coupling coefficients are constant in respect to the frequency.

Given the coupling factors K for different disk radii and distances found in IEC 62822-2, the coupling coefficients for a single wire found in Annex D, Table D.1, are also computable by applying the equations:

$$CC_B(R, d) = \frac{\mu_0}{2 \cdot d}$$

$$CC_E(R, d) = \frac{K \cdot R \cdot \mu_0}{2 \cdot d}$$

$$CC_J(R, d) = \sigma \frac{K \cdot R \cdot \mu_0}{2 \cdot d}$$

NOTE Some minor differences can exist due to numerical reasons.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62822-3:2017

Annex D (informative)

Coupling coefficients for common arrangements

D.1 Single wire

Table D.1 – Coupling coefficients – Single wire

d [m]	CC_B $\left[\frac{\text{mT}}{\text{kA}} \right]$	$CC_{J(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$
0,05	4,082	0,083	0,131	0,189	0,413	0,653	0,943
0,07	2,899	0,064	0,106	0,160	0,322	0,530	0,799
0,10	2,020	0,049	0,083	0,131	0,243	0,415	0,656
0,20	1,005	0,027	0,049	0,084	0,135	0,245	0,418
0,30	0,669	0,019	0,035	0,062	0,094	0,175	0,310
0,40	0,501	0,014	0,027	0,049	0,072	0,136	0,247
0,50	0,401	0,012	0,022	0,041	0,058	0,111	0,206
0,60	0,334	0,010	0,019	0,035	0,049	0,094	0,176
0,70	0,286	0,008 5	0,016	0,031	0,043	0,082	0,154
0,80	0,250	0,007 5	0,014	0,027	0,038	0,072	0,137
0,90	0,223	0,006 7	0,013	0,025	0,033	0,065	0,124
1,00	0,200	0,006 1	0,012	0,022	0,030	0,059	0,112
1,50	0,133	0,004 1	0,008 0	0,016	0,020	0,040	0,078
2,00	0,100	0,003 1	0,006 1	0,012	0,015	0,030	0,059
2,50	0,080	0,002 5	0,004 9	0,010	0,012	0,024	0,048
3,00	0,067	0,002 1	0,004 1	0,008 1	0,010	0,020	0,040
3,50	0,057	0,001 8	0,003 5	0,006 9	0,008 9	0,018	0,035
4,00	0,050	0,001 6	0,003 1	0,006 1	0,007 8	0,015	0,031
5,00	0,040	0,001 3	0,002 5	0,004 9	0,006 3	0,012	0,025
6,00	0,033	0,001 0	0,002 1	0,004 1	0,005 2	0,010	0,021
7,00	0,029	0,000 90	0,001 8	0,003 5	0,004 5	0,008 9	0,018
8,00	0,025	0,000 78	0,001 6	0,003 1	0,003 9	0,007 8	0,016
9,00	0,022	0,000 70	0,001 4	0,002 8	0,003 5	0,006 9	0,014
10,00	0,020	0,000 63	0,001 3	0,002 5	0,003 1	0,006 3	0,012

NOTE Some minor differences to the exact value (see Annex C) exist due to application of numerical methods. To avoid underestimation the disk was placed 1mm closer to the field source.

D.2 Example of standardized loop configurations

D.2.1 0,5 m × 0,5 m

Table D.2 – Coupling coefficients XY-plane – Loop 0,5 m × 0,5 m

d [m]	CC_B $\left[\frac{\text{mT}}{\text{kA}} \right]$	$CC_{J(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$
0,05	3,2	0,057	0,083	0,105	0,285	0,414	0,524
0,07	2,093	0,041	0,061	0,081	0,204	0,307	0,404
0,10	1,287	0,027	0,042	0,058	0,136	0,211	0,291
0,20	0,431	0,010	0,017	0,025	0,052	0,085	0,127
0,30	0,203	0,005 2	0,008 8	0,014	0,026	0,044	0,069
0,40	0,113	0,003	0,005 2	0,008 4	0,015	0,026	0,042
0,50	0,07	0,001 9	0,003 4	0,005 5	0,009 4	0,017	0,028
0,60	0,046	0,001 3	0,002 3	0,003 9	0,006 3	0,011	0,019
0,70	0,032	0,000 9	0,001 6	0,002 8	0,004 5	0,008 2	0,014
0,80	0,023	0,000 66	0,001 2	0,002 1	0,003 3	0,006 1	0,011
0,90	0,018	0,000 50	0,000 92	0,001 6	0,002 5	0,004 6	0,008 1
1,00	0,014	0,000 39	0,000 72	0,001 3	0,002 0	0,003 6	0,006 4
1,50	0,0048	0,000 14	0,000 27	0,000 49	0,000 72	0,001 3	0,002 4
2,00	0,0022	0,000 068	0,000 13	0,000 24	0,000 34	0,000 64	0,001 2
2,50	0,0012	0,000 038	0,000 071	0,000 13	0,000 19	0,000 35	0,000 66
3,00	0,00073	0,000 023 0	0,000 043	0,000 081	0,000 11	0,000 22	0,000 40
3,50	0,00048	0,000 015 0	0,000 028	0,000 053	0,000 075	0,000 14	0,000 27
4,00	0,00033	0,000 010 0	0,000 020	0,000 037	0,000 052	0,000 10	0,000 19
5,00	0,00017	0,000 005 5	0,000 011	0,000 020	0,000 027	0,000 053	0,000 10
6,00	0,0001	0,000 003 3	0,000 006 3	0,000 012	0,000 016	0,000 031	0,000 06
7,00	0,000066	0,000 002 1	0,000 004 0	0,000 007 8	0,000 011	0,000 020	0,000 039
8,00	0,000045	0,000 001 4	0,000 002 8	0,000 005 3	0,000 007 1	0,000 014	0,000 026
9,00	0,000032	0,000 001 0	0,000 002 0	0,000 003 8	0,000 005 1	0,000 010	0,000019
10,00	0,000023	0,000 000 75	0,000 001 4	0,000 002 8	0,000 003 7	0,000 007 2	0,000014

Table D.3 – Coupling coefficients XY-plane – Loop 0,5 m × 0,5 m

d [m]	CC_B $\left[\frac{\text{mT}}{\text{kA}} \right]$	$CC_{J(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$
0,05	4,207	0,119	0,199	0,340	0,593	0,995	1,701
0,07	3,066	0,088	0,164	0,291	0,439	0,820	1,457
0,10	2,212	0,065	0,128	0,243	0,327	0,639	1,217
0,20	1,201	0,039	0,075	0,137	0,195	0,375	0,685
0,30	0,707	0,023	0,044	0,079	0,114	0,218	0,394
0,40	0,421	0,014	0,026	0,047	0,068	0,130	0,236
0,50	0,261	0,008 5	0,016	0,030	0,042	0,081	0,149
0,60	0,170	0,005 5	0,011	0,020	0,028	0,053	0,098
0,70	0,115	0,003 8	0,007 2	0,014	0,019	0,036	0,068
0,80	0,081	0,002 6	0,005 1	0,010	0,013	0,026	0,048
0,90	0,059	0,001 9	0,003 7	0,007 1	0,010	0,019	0,035
1,00	0,044	0,001 4	0,002 8	0,005 3	0,007 2	0,014	0,027
1,50	0,014	0,000 46	0,000 89	0,001 7	0,002 3	0,004 5	0,008 6
2,00	0,006 1	0,000 2	0,000 39	0,000 75	0,001 0	0,001 9	0,003 8
2,50	0,003 1	0,000 1	0,000 20	0,000 39	0,000 51	0,001 0	0,002 0
3,00	0,001 8	0,000 06	0,000 12	0,000 23	0,000 30	0,000 58	0,001 1
3,50	0,001 2	0,000 038	0,000 074	0,000 14	0,000 19	0,000 37	0,000 72
4,00	0,0007 8	0,000 025	0,000 050	0,000 10	0,000 13	0,000 25	0,000 49
5,00	0,000 40	0,000 013	0,000 025	0,000 05	0,000 065	0,000 13	0,000 25
6,00	0,000 23	0,000 007 5	0,000 015	0,000 029	0,000 038	0,000 074	0,000 15
7,00	0,000 15	0,000 004 7	0,000 009 3	0,000 018	0,000 024	0,000 046	0,000 092
8,00	0,000 10	0,000 003 2	0,000 006 2	0,000 012	0,000 016	0,000 031	0,000 061
9,00	0,000 068	0,000 002 2	0,000 004 4	0,000 008 6	0,000 011	0,000 022	0,000 043
10,00	0,000 050	0,000 001 6	0,000 003 2	0,000 006 3	0,000 008 2	0,000 016	0,000 031

D.2.2 1,0 m × 1,0 m

Table D.4 – Coupling coefficients XY-plane – Loop 1,0 m × 1,0 m

d [m]	CC_B $\left[\frac{\text{mT}}{\text{kA}} \right]$	$CC_{J(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$
0,05	3,577	0,067	0,101	0,137	0,336	0,506	0,686
0,07	2,443	0,050	0,078	0,110	0,250	0,392	0,552
0,10	1,600	0,036	0,058	0,084	0,178	0,288	0,422
0,20	0,644	0,016	0,027	0,043	0,081	0,137	0,216
0,30	0,349	0,009 2	0,016	0,026	0,046	0,080	0,131
0,40	0,216	0,005 8	0,010	0,017	0,029	0,052	0,087
0,50	0,144	0,004 0	0,007 2	0,012	0,020	0,036	0,061
0,60	0,102	0,002 8	0,005 2	0,008 9	0,014	0,026	0,045
0,70	0,075	0,0021	0,003 9	0,006 7	0,011	0,019	0,034
0,80	0,057	0,001 6	0,003 0	0,005 2	0,008 1	0,015	0,026
0,90	0,044	0,001 3	0,002 3	0,004 2	0,006 4	0,012	0,021
1,00	0,035	0,001 0	0,001 9	0,003 4	0,005 1	0,009 4	0,017
1,50	0,014	0,000 41	0,000 77	0,001 4	0,002 1	0,003 8	0,007
2,00	0,006 8	0,000 21	0,000 39	0,000 72	0,001 0	0,002 0	0,003 6
2,50	0,003 9	0,000 12	0,000 23	0,000 42	0,000 6	0,001 1	0,002 1
3,00	0,002 4	0,000 075	0,000 14	0,000 27	0,000 38	0,000 71	0,001 3
3,50	0,001 6	0,000 050	0,000 10	0,000 18	0,000 25	0,000 48	0,000 9
4,00	0,001 1	0,000 035	0,000 067	0,000 13	0,000 18	0,000 34	0,000 64
5,00	0,000 61	0,000 019	0,000 037	0,000 07	0,000 10	0,000 19	0,000 35
6,00	0,000 37	0,000 012	0,000 022	0,000 043	0,000 059	0,000 11	0,000 21
7,00	0,000 24	0,000 007 6	0,000 015	0,000 028	0,000 038	0,000 073	0,000 14
8,00	0,000 16	0,000 005 2	0,000 010	0,000 019	0,000 026	0,000 051	0,000 10
9,00	0,000 12	0,000 003 8	0,000 007 3	0,000 014	0,000 019	0,000 036	0,000 07
10,00	0,000 087	0,000 002 8	0,000 005 4	0,000 010	0,000 014	0,000 027	0,000 052

Table D.5 – Coupling coefficients Z-plane – Loop 1,0 m × 1,0 m

d [m]	CC_B $\left[\frac{\text{mT}}{\text{kA}} \right]$	$CC_{J(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$
0,05	4,102	0,115	0,187	0,297	0,574	0,933	1,484
0,07	2,960	0,085	0,153	0,246	0,425	0,764	1,228
0,10	2,103	0,060	0,118	0,199	0,299	0,591	0,996
0,20	1,106	0,032	0,064	0,128	0,161	0,322	0,638
0,30	0,775	0,025	0,049	0,096	0,125	0,245	0,479
0,40	0,600	0,020	0,038	0,074	0,098	0,191	0,370
0,50	0,462	0,015	0,029	0,056	0,075	0,147	0,282
0,60	0,354	0,012	0,022	0,043	0,058	0,112	0,215
0,70	0,272	0,008 9	0,017	0,033	0,044	0,086	0,165
0,80	0,210	0,006 9	0,013	0,026	0,034	0,067	0,128
0,90	0,165	0,005 4	0,010	0,020	0,027	0,052	0,101
1,00	0,131	0,004 3	0,008 3	0,016	0,021	0,041	0,080
1,50	0,048	0,001 6	0,003 1	0,006	0,007 9	0,015	0,030
2,00	0,022	0,000 72	0,001 4	0,002 8	0,003 6	0,007 1	0,014
2,50	0,012	0,000 39	0,000 76	0,001 5	0,001 9	0,003 8	0,007 4
3,00	0,007	0,000 23	0,000 45	0,000 88	0,001 1	0,002 2	0,004 4
3,50	0,004 5	0,000 15	0,000 29	0,000 56	0,000 73	0,001 4	0,002 8
4,00	0,003 0	0,000 10	0,000 19	0,000 38	0,000 49	0,001 0	0,001 9
5,00	0,001 6	0,000 051	0,000 10	0,000 20	0,000 26	0,000 5	0,001 0
6,00	0,000 91	0,000 030	0,000 058	0,000 12	0,000 15	0,000 29	0,000 58
7,00	0,000 58	0,000 019	0,000 037	0,000 073	0,000 094	0,000 18	0,000 36
8,00	0,000 39	0,000 013	0,000 025	0,000 049	0,000 063	0,000 12	0,000 24
9,00	0,000 27	0,000 008 9	0,000 017	0,000 034	0,000 045	0,000 087	0,000 17
10,00	0,000 20	0,000 006 5	0,000 013	0,000 025	0,000 033	0,000 064	0,000 13

D.2.3 1,0 m × 1,5 m**Table D.6 – Coupling coefficients XY-plane – Loop 1,0 m × 1,5 m**

d [m]	CC_B $\left[\frac{\text{mT}}{\text{kA}} \right]$	$CC_{J(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$
0,05	3,681	0,070	0,107	0,147	0,351	0,535	0,737
0,07	2,544	0,053	0,084	0,120	0,266	0,419	0,602
0,10	1,695	0,039	0,063	0,094	0,193	0,313	0,468
0,20	0,720	0,018	0,032	0,051	0,092	0,158	0,253
0,30	0,410	0,011	0,019	0,032	0,055	0,097	0,160
0,40	0,264	0,007 2	0,013	0,022	0,036	0,065	0,110
0,50	0,183	0,005 1	0,009 2	0,016	0,025	0,046	0,079
0,60	0,132	0,003 7	0,006 8	0,012	0,019	0,034	0,059
0,70	0,099	0,002 8	0,005 2	0,009 1	0,014	0,026	0,046
0,80	0,077	0,002 2	0,004 1	0,007 2	0,011	0,020	0,036
0,90	0,060	0,001 8	0,003 3	0,005 8	0,008 8	0,016	0,029
1,00	0,049	0,001 4	0,002 6	0,004 7	0,007 1	0,013	0,024
1,50	0,020	0,000 6	0,001 1	0,002 0	0,003 0	0,005 5	0,010
2,00	0,010	0,000 31	0,000 57	0,001 1	0,001 5	0,002 9	0,005 3
2,50	0,005 7	0,000 18	0,000 33	0,000 62	0,000 88	0,001 7	0,003 1
3,00	0,003 6	0,000 11	0,000 21	0,000 4	0,000 56	0,001 1	0,002 0
3,50	0,002 4	0,000 075	0,000 14	0,000 27	0,000 37	0,000 71	0,001 3
4,00	0,001 7	0,000 052	0,000 10	0,000 19	0,000 26	0,000 50	0,000 95
5,00	0,000 91	0,000 029	0,000 055	0,000 10	0,000 14	0,000 28	0,000 52
6,00	0,000 55	0,000 018	0,000 034	0,000 064	0,000 088	0,000 17	0,000 32
7,00	0,000 36	0,000 011	0,000 022	0,000 042	0,000 057	0,000 11	0,000 21
8,00	0,000 24	0,000 0079	0,000 015	0,000 029	0,000 039	0,000 076	0,000 15
9,00	0,000 18	0,000 005 6	0,000 011	0,000 021	0,000 028	0,000 054	0,000 10
10,00	0,000 13	0,000 004 2	0,000 008 1	0,000 016	0,000 021	0,000 040	0,000 078

Table D.7 – Coupling coefficients Z-plane – Loop 1,0 m × 1,5 m

d [m]	CC_B $\left[\frac{\text{mT}}{\text{kA}} \right]$	$CC_{J(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{J(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mA/m}^2}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(5\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(10\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$	$CC_{E(20\text{cm})}$ $\left[\frac{\text{mV/m}}{\text{kA Hz}} \right]$
0,05	4,086	0,114	0,185	0,293	0,571	0,926	1,463
0,07	2,944	0,085	0,152	0,242	0,423	0,758	1,208
0,10	2,087	0,059	0,117	0,195	0,297	0,586	0,976
0,20	1,089	0,032	0,063	0,125	0,161	0,317	0,624
0,30	0,758	0,023	0,045	0,091	0,115	0,226	0,453
0,40	0,586	0,019	0,037	0,072	0,095	0,186	0,362
0,50	0,470	0,015	0,03	0,058	0,077	0,150	0,291
0,60	0,377	0,012	0,024	0,047	0,062	0,120	0,233
0,70	0,302	0,010	0,019	0,037	0,049	0,096	0,186
0,80	0,243	0,007 9	0,015	0,030	0,040	0,077	0,150
0,90	0,197	0,006 4	0,013	0,024	0,032	0,063	0,121
1,00	0,160	0,005 2	0,010	0,020	0,026	0,051	0,099
1,50	0,065	0,002 1	0,004 1	0,008	0,011	0,021	0,040
2,00	0,031	0,001 0	0,002 0	0,003 9	0,005 1	0,010	0,019
2,50	0,017	0,000 55	0,001 1	0,002 1	0,002 8	0,005 4	0,011
3,00	0,010	0,000 33	0,000 65	0,001 3	0,001 7	0,003 3	0,006 4
3,50	0,006 60	0,000 21	0,000 42	0,000 82	0,001 1	0,002 1	0,004 1
4,00	0,004 50	0,000 15	0,000 29	0,000 56	0,000 73	0,001 4	0,002 8
5,00	0,002 30	0,000 076	0,000 15	0,000 29	0,000 38	0,000 74	0,001 5
6,00	0,001 40	0,000 044	0,000 087	0,000 17	0,000 22	0,000 43	0,000 86
7,00	0,000 86	0,000 028	0,000 055	0,000 11	0,000 14	0,000 28	0,000 54
8,00	0,000 58	0,000 019	0,000 037	0,000 073	0,000 094	0,000 19	0,000 36
9,00	0,000 41	0,000 013	0,000 026	0,000 051	0,000 067	0,000 13	0,000 26
10,00	0,000 30	0,000 010	0,000 019	0,000 038	0,000 049	0,000 10	0,000 19

Annex E (informative)

Conservative approximation of coupling coefficients for rectangular loops

E.1 General

For a wide range of loop sizes, a good correlation between the magnetic field and the resulting coupling coefficients can be observed.

The following method is applicable to rectangular loops with dimensions between 100 mm and 2 000 mm and a ratio between the two sides of 1:1 to 1:4.

E.2 XY-plane

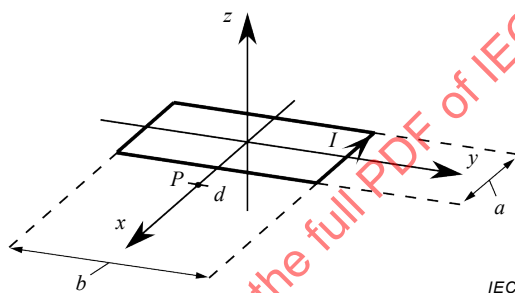


Figure E.1 – Geometry of the electrode assembly – XY-plane

The coupling coefficients CC_E and CC_J in the XY-plane as shown in Figure E.1 are approximated with:

$$CC_E(d) = B(P) \cdot CF_E(d) \quad (E.1)$$

$$CC_J(d) = B(P) \cdot CF_J(d) \quad (E.2)$$

where

d is the distance to the closest to the centre of the conductor;

$B(P)$ is the magnetic flux density B at the point P .

P is the point with the highest flux density B ;

CF_E, CF_J are the correlation factors given in Table E.1.

Due to the properties of the magnetic field introduced by the current I , the point resulting in the highest internal field quantities is defined by:

$$P(x, y, z) = P\left(\frac{a}{2} + d, 0, 0\right) \quad (E.3)$$

where

a is the shorter side of the loop;

x, y, z are the coordinates of the point P .

E.3 Z-direction

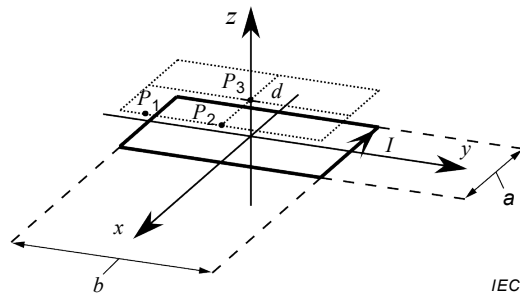


Figure E.2 – Geometry of the electrode assembly – Z-direction

NOTE The point P_1 is difficult to define an analytic way. Hence, the effects at the corners are already considered in the correlation factors.

The coupling coefficients CC_E and CC_J in the Z-direction as shown in Figure E.2 are approximated with:

$$CC_E(d) = \max(B(P_2), B(P_3)) \cdot CF_E(d) \quad (E.4)$$

$$CC_J(d) = \max(B(P_2), B(P_3)) \cdot CF_J(d) \quad (E.5)$$

where

$\max()$ is the maximum operator returning the highest value of all parameters

d is the distance to the closest edge of the rectangular loop;

$B(P)$ is the magnetic flux density B at the point P .

P_2, P_3 are the points potentially giving the highest flux density B ;

CF_E, CF_J are the correlation factors given in Table E.2.

Due to the properties of the magnetic field introduced by the current I , the points resulting in the highest internal field quantities are defined by:

$$\begin{aligned} P_2(x, y, z) &= P(a/2, 0, d) \\ P_3(x, y, z) &= P(0, 0, d) \end{aligned} \quad (E.6)$$

where

a is the shorter edge of the loop;

x, y, z are the coordinates of the points under consideration.

E.4 Correlation factors

Table E.1 – Correlation factors – XY

d [m]	$CF_{J(5\text{ cm})}$	$CF_{J(10\text{ cm})}$	$CF_{J(20\text{ cm})}$	$CF_{E(5\text{ cm})}$	$CF_{E(10\text{ cm})}$	$CF_{E(20\text{ cm})}$
0,05	0,020	0,030	0,042	0,097	0,149	0,209
0,07	0,022	0,034	0,050	0,107	0,169	0,248
0,10	0,024	0,038	0,058	0,116	0,199	0,289
0,20	0,026	0,046	0,074	0,130	0,226	0,367
0,30	0,028	0,049	0,082	0,136	0,243	0,408
0,40	0,028	0,051	0,087	0,139	0,252	0,433
0,50	0,029	0,053	0,091	0,142	0,259	0,451
0,60	0,029	0,053	0,093	0,144	0,264	0,464
0,70	0,029	0,054	0,096	0,145	0,268	0,476
0,80	0,030	0,055	0,097	0,147	0,271	0,485
0,90	0,030	0,055	0,099	0,148	0,274	0,493
1,00	0,030	0,056	0,100	0,149	0,277	0,500
1,50	0,031	0,057	0,105	0,153	0,285	0,525
2,00	0,031	0,059	0,109	0,155	0,291	0,541
2,50	0,032	0,059	0,111	0,156	0,295	0,552
3,00	0,032	0,060	0,113	0,157	0,298	0,561
3,50	0,032	0,061	0,114	0,158	0,301	0,567
4,00	0,032	0,061	0,115	0,159	0,303	0,572
5,00	0,032	0,061	0,117	0,160	0,305	0,581
6,00	0,032	0,062	0,118	0,160	0,307	0,588
7,00	0,033	0,062	0,119	0,161	0,309	0,593
8,00	0,033	0,062	0,120	0,161	0,310	0,597
9,00	0,033	0,063	0,120	0,161	0,311	0,600
10,00	0,033	0,063	0,121	0,162	0,312	0,602

Table E.2 – Correlation factors – Z

d [m]	$CF_{J(5\text{ cm})}$	$CF_{J(10\text{ cm})}$	$CF_{J(20\text{ cm})}$	$CF_{E(5\text{ cm})}$	$CF_{E(10\text{ cm})}$	$CF_{E(20\text{ cm})}$
0,10-10	0,033	0,064	0,127	0,164	0,32	0,631

Annex F (informative)

Example EMF datasheets

F.1 Example datasheet – Welding system

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING SYSTEM

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 62822-3:20XX

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)
- ☐ Spatial averaging was performed (as applicable).

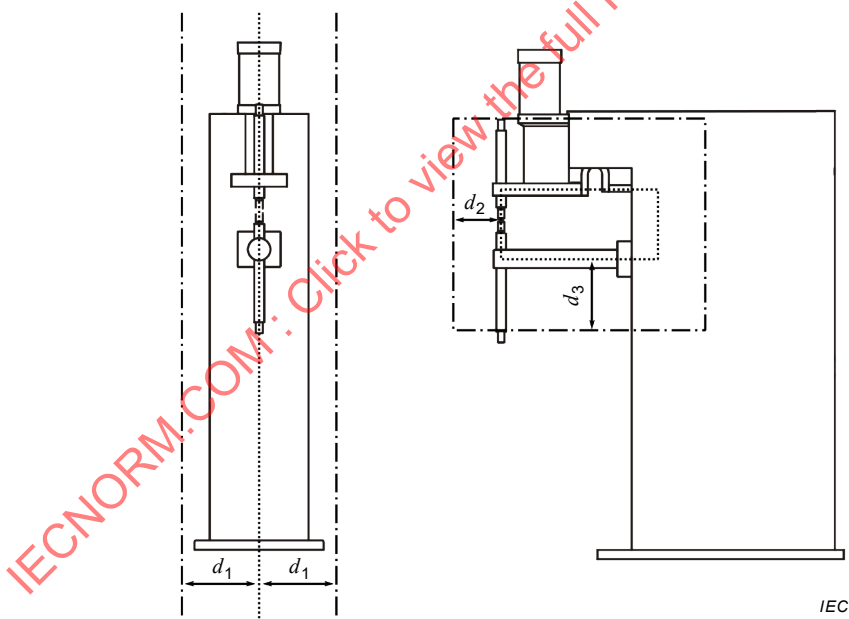
Figure F.1 – Example datasheet – Welding system (1 of 2)

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING SYSTEM

EMF data for non-thermal effects

Exposure quotients and distances to welding system (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	d_1	XX	XX	XX	XX	XX
	d_2					
	d_3					
Required minimum distance	d_1	XX cm	XX cm	XX cm	XX cm	XX cm
	d_2					
	d_3					
Distance where all EIs fall below 20 %	d_1	XX cm	XX cm	XX cm	XX cm	XX cm
	d_2					
	d_3					
Distance where compliance with general public limits is reached (as applicable)	d_1	XX cm	XX cm	XX cm	XX cm	XX cm
	d_2					
	d_3					



IEC

Figure F.1 (2 of 2)

F.2 Example datasheet – Power source

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE 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 62822-3:20XX |

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)

EMF data for non-thermal effects

Unity coupling coefficients (for each operation mode, as applicable)

	Head		Trunk	Limb hand	Limb thigh
	sensory effects	health effects			
Disk radius	10 cm	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm
Max. permissible coupling coefficient	XX	XX	XX	XX	XX

Figure F.2 – Example datasheet – Power source

F.3 Example datasheet – Electrode assembly

EMF DATASHEET FOR RESISTANCE WELDING ELECTRODE ASSEMBLY

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 62822-3:20XX |

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

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

☐ Spatial averaging was performed (as applicable).

EMF data for non-thermal effects

Coupling coefficients (for each direction of approach, as applicable)

d [m]	$CC_{B\ XY-}$ plane $\left[\frac{mT}{kA} \right]$	$CC_{B\ Z-direction}$ $\left[\frac{mT}{kA} \right]$
0,01	21,892	20,030
0,03	6,572	6,752
0,05	3,763	4,086
0,07	2,585	2,944
0,10	1,715	2,087
...	...	...
7,00	0,000 36	0,000 86
8,00	0,000 24	0,000 58
9,00	0,000 17	0,000 41
10,00	0,000 13	0,000 30

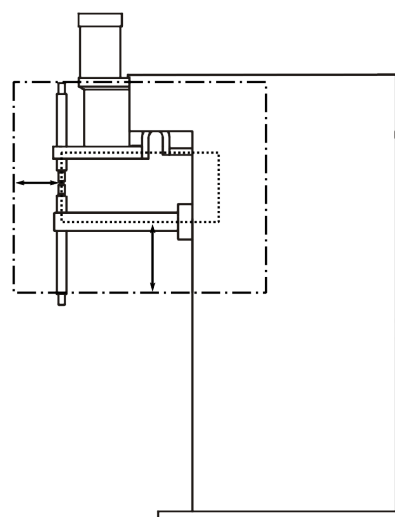
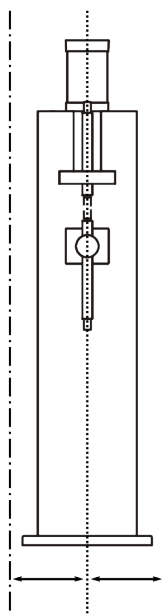


Figure F.3 – Example datasheet – Power source

Bibliography

- [1] *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
- [2] 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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62822-3:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	66
1 Domaine d'application	68
2 Références normatives	68
3 Termes, définitions, grandeurs, unités et constantes	69
3.1 Termes et définitions	69
3.2 Grandeurs et unités	71
3.3 Constantes	71
4 Exigences.....	71
5 Coefficients de couplage	71
5.1 Généralités	71
5.2 Disques conducteurs.....	73
5.3 Modèles corporels anatomiques pour les calculs numériques.....	75
6 Modèle source	75
6.1 Généralités	75
6.2 Câble unique	76
6.3 Câbles parallèles	77
6.4 Boucle rectangulaire	78
7 Méthodes d'évaluation.....	79
7.1 Généralités	79
7.2 Considérations générales	79
7.2.1 Intégration temporelle.....	79
7.2.2 Intégration spatiale.....	80
7.2.3 Limitations de plage de fréquences.....	80
7.2.4 Instruments de mesure.....	81
7.2.5 Incertitude d'évaluation.....	81
7.3 Matériel à courant de soudage sinusoïdal	81
7.4 Matériel à courant de soudage à impulsion ou non sinusoïdal.....	82
7.4.1 Généralités.....	82
7.4.2 Détermination de la fonction de pondération à partir des limites applicables aux grandeurs de champ.....	82
7.4.3 Application de la méthode de crête pondérée dans le domaine fréquentiel	84
7.4.4 Application de la méthode de crête pondérée dans le domaine temporel	85
7.5 Méthode fondée sur le mesurage des niveaux de champs extérieurs	85
7.5.1 Généralités	85
7.5.2 Équipement de mesure	86
7.5.3 Intégration spatiale	86
7.5.4 Exposition de la tête	86
7.5.5 Exposition du tronc	87
7.5.6 Exposition des membres.....	87
7.6 Procédure d'évaluation	88
7.6.1 Généralités.....	88
7.6.2 Source de courant	89
7.6.3 Montage d'électrodes.....	89
7.6.4 Système de soudage	89
8 Fiche technique EMF et rapport d'évaluation	90
8.1 Généralités	90

8.2	Fiche technique EMF des composantes	91
8.2.1	Sources de courant.....	91
8.2.2	Montages d'électrodes	91
8.2.3	Autres composantes	91
Annexe A (informative) Exemple d'application de la méthode de crête pondérée dans le domaine temporel		92
A.1	Généralités	92
A.2	Source de courant.....	92
A.2.1	Généralités	92
A.2.2	Limites appliquées	92
A.2.3	Évaluation du montage d'électrodes	94
A.2.4	Fiches techniques.....	95
Annexe B (informative) Exemple d'application de la méthode de crête pondérée dans le domaine fréquentiel		99
B.1	Généralités	99
B.2	Source de courant.....	99
B.2.1	Généralités	99
B.2.2	Limites appliquées	100
B.2.3	Évaluation du montage d'électrodes	102
B.2.4	Fiches techniques.....	103
Annexe C (informative) IEC 62822-3 pour les utilisateurs de l'IEC 62822-2.....		107
Annexe D (informative) Coefficients de couplage pour des dispositions courantes		109
D.1	Fil unique.....	109
D.2	Exemple de configurations de boucles normalisées	110
D.2.1	0,5 m × 0,5 m	110
D.2.2	1,0 m × 1,0 m	112
D.2.3	1,0 m × 1,5 m	114
Annexe E (informative) Approximation prudente des coefficients de couplage pour les boucles rectangulaires		116
E.1	Généralités	116
E.2	Plan XY	116
E.3	Direction Z	117
E.4	Facteurs de corrélation	118
Annexe F (informative) Exemple de fiches techniques EMF		119
F.1	Exemple de fiche technique – Système de soudage	119
F.2	Exemple de fiche technique – Source de courant	121
F.3	Exemple de fiche technique – Montage d'électrodes	122
Bibliographie.....		123
Figure 1 – Exemple d'un système de référence		72
Figure 2 – Disque conducteur dans une induction magnétique uniforme variable dans le temps.....		73
Figure 3 – Conductivité électrique des modèles corporels homogènes		74
Figure 4 – Exemple de positionnement des disques conducteurs		75
Figure 5 – Modèle source – Câble unique		76
Figure 6 – Configuration de l'évaluation – Câble unique.....		76
Figure 7 – Modèle source – Câbles parallèles.....		77
Figure 8 – Configuration de l'évaluation – Câbles parallèles		77

Figure 9 – Configuration d'une boucle rectangulaire	78
Figure 10 – Distances d'évaluation pour la configuration de la boucle	78
Figure 11 – Amplitudes limites linéaires et approximées par pièce exacte	83
Figure 12 – Déphasages de la fonction de sommation linéaire par pièce exacte et approximée	84
Figure 13 – Mesurage du champ au niveau de la tête	86
Figure 14 – Mesurage du champ au niveau du tronc	87
Figure 15 – Mesurage du champ au niveau des membres (main et cuisse)	88
Figure 16 – Évaluation d'un système de soudage complet	89
Figure 17 – Évaluation basée sur une composante typique	89
Figure A.1 – Forme d'onde du courant	92
Figure A.2 – Valeurs limites d'exposition (VLE) combinées pour la tête [1]	93
Figure A.3 – Forme d'onde du couplage unitaire	93
Figure A.4 – Géométrie du montage d'électrodes	94
Figure A.5 – Fiche technique de la source de courant	95
Figure A.6 – Fiche technique du montage d'électrodes	96
Figure A.7 – Fiche technique du système de soudage	97
Figure A.8 – Fiche technique du système de soudage	98
Figure B.1 – Forme d'onde du courant	99
Figure B.2 – Spectre de la forme d'onde du courant	100
Figure B.3 – Valeurs limites d'exposition (VLE) combinées pour la tête [1]	101
Figure B.4 – Forme d'onde du couplage unitaire	101
Figure B.5 – Géométrie du montage d'électrodes	102
Figure B.6 – Fiche technique de la source de courant	103
Figure B.7 – Fiche technique du montage d'électrodes	104
Figure B.8 – Fiche technique du système de soudage	105
Figure B.9 – Fiche technique du système de soudage	106
Figure E.1 – Géométrie du montage d'électrodes – Plan XY	116
Figure E.2 – Géométrie du montage d'électrodes – Direction Z	117
Figure F.1 – Exemple de fiche technique – Système de soudage	119
Figure F.2 – Exemple de fiche technique – Source de courant	121
Figure F.3 – Exemple de fiche technique – Source de courant	122
Tableau 1 – Distances normalisées	72
Tableau 2 – Rayons du modèle de disque 2D	74
Tableau D.1 – Coefficients de couplage – Fil unique	109
Tableau D.2 – Coefficients de couplage, plan XY – Boucle de 0,5 m × 0,5 m	110
Tableau D.3 – Coefficients de couplage, plan XY – Boucle de 0,5 m × 0,5 m	111
Tableau D.4 – Coefficients de couplage, plan XY – Boucle de 1,0 m × 1,0 m	112
Tableau D.5 – Coefficients de couplage, plan Z – Boucle de 1,0 m × 1,0 m	113
Tableau D.6 – Coefficients de couplage, plan XY – Boucle de 1,0 m × 1,5 m	114
Tableau D.7 – Coefficients de couplage, plan Z – Boucle de 1,0 m × 1,5 m	115
Tableau E.1 – Facteurs de corrélation – XY	118

Tableau E.2 – Facteurs de corrélation – Z	118
---	-----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62822-3:2017

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 3: Matériels de soudage par résistance

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 62822-3 a été établie par le comité d'études 26 de l'IEC: Soudage électrique.

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

FDIS	Rapport de vote
26/626A/FDIS	26/630/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.

Ce document a été rédigé 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 ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62822-3:2017

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

Partie 3: Matériels de soudage par résistance

1 Domaine d'application

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

NOTE 1 Les techniques connexes classiques sont le brasage fort et tendre par résistance ou le chauffage par résistance obtenu par des moyens comparables au matériel de soudage par résistance.

Le présent document spécifie les procédures d'évaluation de l'exposition humaine aux champs magnétiques générés par les matériels de soudage par résistance. Il 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 ou les normes de base correspondantes s'appliquent.

Le présent document ne définit pas les méthodes d'évaluation du lieu de travail en matière de risques liés aux champs électromagnétiques (EMF). Toutefois, les données EMF résultant de l'application de la présente Norme de base peuvent être utilisées pour aider à l'évaluation du lieu de travail.

D'autres normes peuvent s'appliquer aux produits couverts par le présent document. Le présent document ne peut notamment pas être utilisé pour démontrer la compatibilité électromagnétique avec d'autres matériels. Il ne spécifie pas d'exigences de sécurité du produit autres que celles spécifiquement liées à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques.

Le présent document met l'accent sur l'utilisation des coefficients de couplage pour évaluer l'exposition aux EMF.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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 62226-2-1, *Exposition aux champs électriques ou magnétiques à basse et moyenne fréquence – Méthodes de calcul des densités de courant induit et des champs électriques*

induits dans le corps humain – Partie 2-1: Exposition à des champs magnétiques – Modèles 2D

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, grandeurs, unités et constantes

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-851, l'IEC 60974-1, l'IEC 60974-6, ainsi que les suivants s'appliquent.

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

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

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

coefficient de couplage

CC_B , CC_J , CC_E

coefficient de couplage qui associe le courant électrique dans une source de champ à l'induction magnétique externe maximale (CC_B), la densité maximale de courants électriques intracorporels induits (CC_J) ou l'intensité maximale de champs électriques intracorporels (CC_E) respectivement

Note 1 à l'article: En gardant à l'esprit que la conductivité électrique peut être dépendante de la fréquence, une conversion entre CC_J et CC_E est possible avec la relation donnée dans la Formule (1).

$$J(j\omega) = \sigma(j\omega) \cdot E(j\omega) \quad (1)$$

3.1.3

indice d'exposition

EI

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

Note 1 à l'article: Les fractions supérieures à 1 (100 %) dépassent les valeurs admissibles.

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

3.1.4

grand public

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

3.1.5

effet sur la santé

effet néfaste (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, 851-11-14, modifiée – "soudage (arc welding)" a été remplacé par "soudage" (welding).]

3.1.8

effet non thermique

stimulation des muscles, des nerfs ou des organes sensoriels par suite d'une exposition 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 ou attribuées

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

3.1.10

niveau de référence

grandeur directement mesurable, déduite 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 sont pas nécessairement.

3.1.11

système de soudage par résistance

ensemble composé d'une source de courant, d'un transformateur, d'un câblage et d'un circuit de soudage

3.1.12

effet sensoriel

perception sensorielle perturbée transitoire et variation mineure des fonctions cérébrales par suite d'une exposition humaine aux EMF

3.1.13

configuration normalisée

configuration reflétant les positions normales de l'opérateur

3.1.14

distance normalisée

distance entre l'axe d'une partie du circuit de soudage et la surface la plus proche du corps aux configurations normalisées

3.1.15

circuit de soudage

tous les éléments conducteurs à travers lesquels le passage du courant de soudage est prévu

Note 1 à l'article: Dans le soudage par résistance, les pièces mises en œuvre ne font pas partie du circuit de soudage pour les besoins du présent document.

[SOURCE: IEC 60050-851, 851-14-10, modifiée – Les deux notes à l'article ont été supprimées, et une nouvelle note à l'article a été ajoutée.]

3.2 Grandeurs et unités

Les unités du système international (SI) adoptées au niveau international sont utilisées tout au long du présent document.

Les symboles en caractère gras sont des grandeurs vectorielles.

Grandeur physique	Symbole	Unité	Dimension
Conductivité électrique	σ	Siemens par mètre	$S\ m^{-1}$
Courant électrique	I	Ampère	A
Densité de courant électrique	J	Ampère par mètre carré	$A\ m^{-2}$
Intensité de champ électrique	E	Volt par mètre	$V\ m^{-1}$
Fréquence	f	Hertz	Hz
Induction magnétique	B	Tesla	$V\ s\ m^{-2}$
Perméabilité magnétique	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 8.

Les évaluations doivent être conformes à la disposition présentée à l'Article 7.

Si l'évaluation est réalisée à l'aide de niveaux calculés de champs extérieurs, les dispositions de 7.5 doivent être appliquées conjointement avec celles de l'Article 5.

Les résultats doivent être reportés comme indiqué à l'Article 8.

5 Coefficients de couplage

5.1 Généralités

Un système de référence doit être défini afin de mesurer les distances entre la source du champ et la partie du corps humain à évaluer.

Pour l'exposition professionnelle, la Figure 1 donne un exemple dans lequel il suffit de tenir compte de deux directions d'approche pour établir un système de référence.

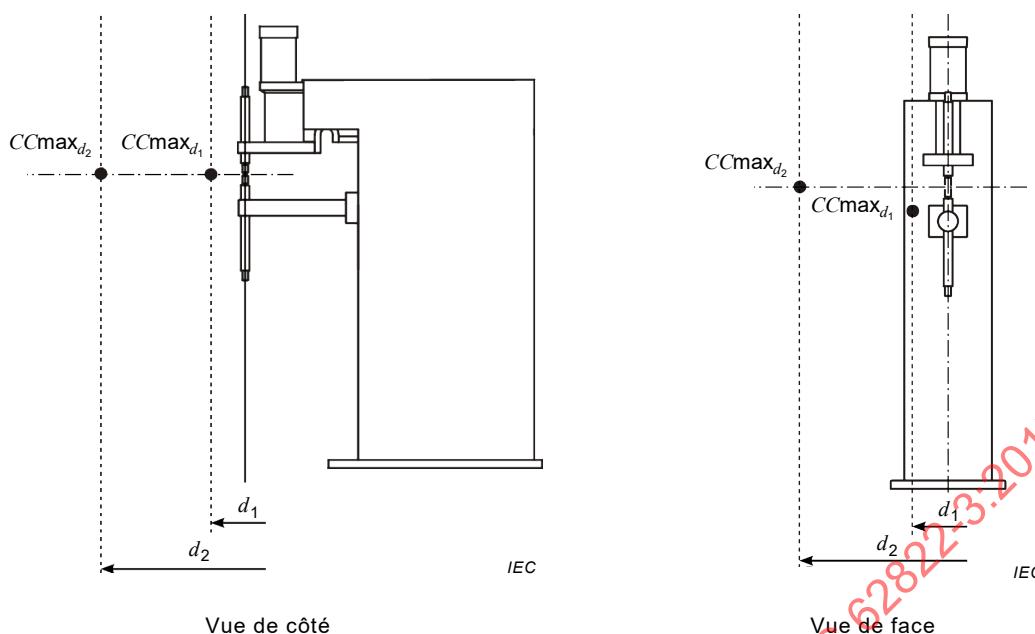


Figure 1 – Exemple d'un système de référence

NOTE 1 Pour les autres systèmes, il peut être nécessaire de tenir compte d'autres directions d'approche en fonction de leur utilisation. Des exemples supplémentaires sont présentés à l'Annexe A et à l'Annexe B.

NOTE 2 Dans la Figure 1, la position réelle du coefficient de couplage CC le plus élevé par rapport à la distance de séparation est donnée uniquement à titre informatif.

NOTE 3 Dans la Figure 1, la vue de face représente une situation dans laquelle la position du coefficient de couplage CC le plus élevé varie en fonction de la distance de séparation et de l'axe de symétrie de la boucle.

Les coefficients de couplage doivent associer un courant de soudage donné à la grandeur de champ la plus élevée obtenue à une distance de séparation spécifique à l'intérieur du système de référence, en tenant compte des degrés de liberté fournis par ce dernier.

NOTE 4 L'Annexe C contient des informations théoriques de base.

Les distances de séparation sont données au Tableau 1 et représentent les configurations normalisées.

Si les exigences nationales et internationales applicables excluent des configurations spécifiques (par exemple, l'évaluation de l'exposition des membres n'est pas exigée), les coefficients de couplage pour ces configurations peuvent être omis.

Si les exigences nationales et internationales applicables prévoient expressément l'application des configurations d'exposition couvertes par le présent document, des configurations d'évaluation adaptées conformes aux principes sous-jacents des Articles 5, 6 et 7 doivent être déduites.

NOTE 5 Pour différentes grandeurs de champ (B , J , E), plusieurs ensembles de facteurs de couplage peuvent être utilisés.

L'Article 6 doit être appliqué pour la modélisation de la source de champ lors de la détermination des coefficients de couplage pour différentes grandeurs de champ.

Tableau 1 – Distances normalisées

Tête	300 mm
Tronc	200 mm
Membres	100 mm

Les coefficients de couplage CC_J et CC_E doivent être obtenus par les méthodes données en 5.2 et 5.3 selon les recommandations du fabricant.

Le coefficient de couplage CC_B doit être obtenu à l'aide des valeurs calculées (Article 6) ou mesurées (7.5) de l'induction magnétique B .

Les coefficients de couplage CC pour les différentes grandeurs de champ doivent être calculés à l'aide des Formules (2), (3) et (4).

$$CC_B(R, d) = \frac{B_{\max}}{I} \quad (2)$$

$$CC_J(R, d) = \frac{J_{\max}(f)}{I \cdot f} \quad (3)$$

$$CC_E(R, d) = \frac{E_{\max}(f)}{I \cdot f} \quad (4)$$

où

I est le courant de soudage;

f est la fréquence du courant de soudage;

R est le rayon du disque;

d est la distance par rapport à la source du champ;

$B_{\max}$, $J_{\max}$, $E_{\max}$ sont les valeurs maximales des grandeurs de champ B , J et E respectivement.

5.2 Disques conducteurs

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 2.

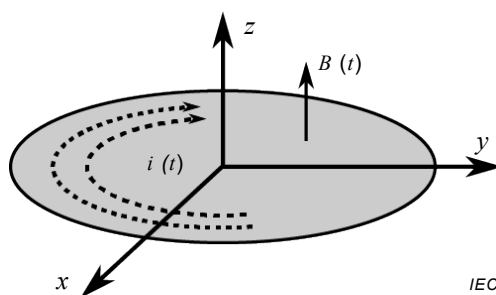


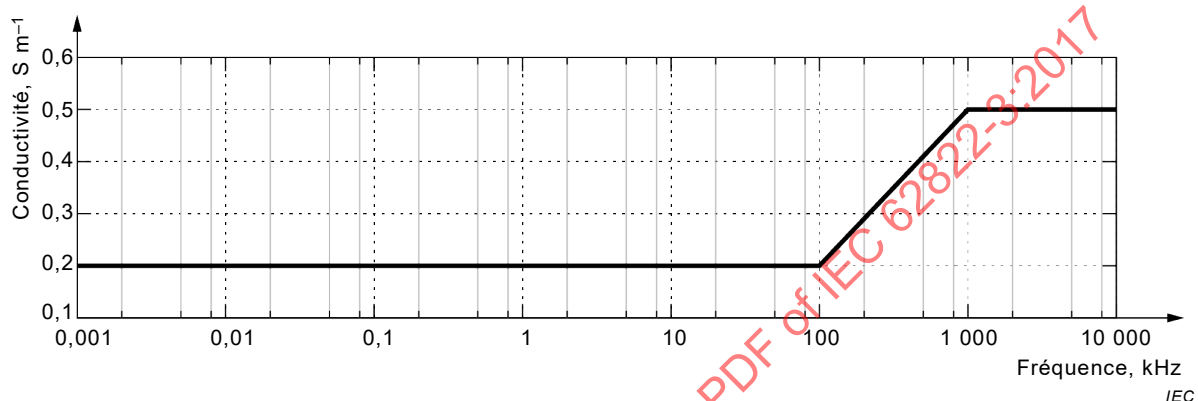
Figure 2 – Disque conducteur dans une induction magnétique uniforme variable dans le temps

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.

Tableau 2 – Rayons du modèle de disque 2D

	Tête	Tronc	Membres	
			Main	Cuisse
Rayon du disque R	100 mm	200 mm	50 mm	100 mm

Les paramètres électriques utilisés pour la modélisation du corps humain sont très importants. Les valeurs moyennes de la conductivité électrique σ sont données à la Figure 3. Ces valeurs moyennes ne doivent être appliquées que pour les procédures d'évaluation utilisant des modèles corporels simplifiés avec une conductivité électrique homogène.

**Figure 3 – Conductivité électrique des modèles corporels homogènes**

NOTE La plage de fréquences peut être limitée lors de la détermination des coefficients de couplage, le cas échéant.

L'incertitude de ces valeurs doit être considérée comme étant de 0 %, puisque les valeurs moyennes de la conductivité électrique, combinées à l'application des modèles corporels homogènes, offrent une approche prudente de l'évaluation de l'exposition.

L'IEC 62226-2-1 donne des informations détaillées sur la procédure permettant de déterminer $E_{\max}$ et $J_{\max}$ sur toute la surface du disque.

Afin de réduire le plus possible les erreurs numériques, des méthodes d'intégration appropriées doivent être appliquées aux grandeurs de champs induits.

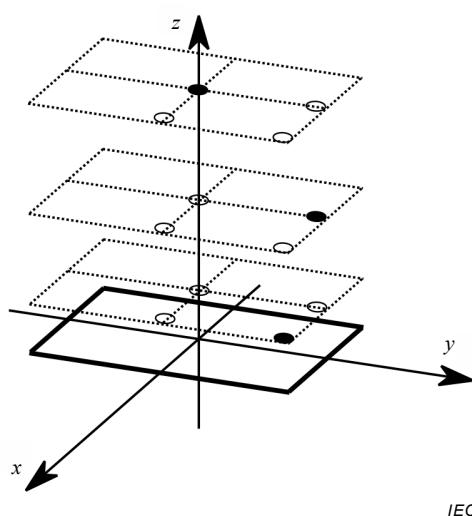


Figure 4 – Exemple de positionnement des disques conducteurs

En raison de la nature du champ magnétique, la position des disques produisant l'exposition la plus élevée varie selon la distance par rapport à la source du champ. Dans la Figure 4, les disques pleins représentent les emplacements produisant l'exposition la plus élevée par rapport à la distance d'évaluation.

5.3 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.

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 ou référencés.

Les considérations relatives à la méthode de simulation numérique sont données dans l'IEC 62226-2-1.

La valeur du 99e percentile des moyennes vectorielles des grandeurs de champs induits à l'intérieur de petits volumes de tissus contigus de $2\text{ mm} \times 2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ doit être utilisée pour l'évaluation. Cette exigence s'applique uniquement au tissu de la peau.

6 Modèle source

6.1 Généralités

La principale source d'EMF est le courant de soudage circulant à travers le circuit de soudage, générant un champ magnétique basse fréquence. Cela constitue l'élément le plus important de l'indice d'exposition EI .

Le champ magnétique généré par le courant de soudage n'est pas homogène à proximité immédiate du matériel.

Les paramètres du courant de soudage (par exemple, l'amplitude et la forme d'onde) et les caractéristiques du circuit de soudage (par exemple, les dimensions) sont déterminés uniquement par le matériel. Des facteurs externes (par exemple, les caractéristiques de la pièce mise en œuvre) peuvent avoir une influence sur le champ magnétique, mais ne sont pas pris en compte par le présent document.

NOTE 1 Cette hypothèse rend possibles l'utilisation de courants filamenteux et l'application de la loi de Biot et Savart.

Par conséquent, l'évaluation doit être réalisée conformément à ces paramètres et à la configuration du circuit de soudage tel que spécifié dans le présent document.

Le fait que le champ magnétique autour d'un matériel de soudage par résistance ne soit pas homogène doit être pris en compte.

Des configurations avec des solutions simples pour l'induction magnétique sont données dans 6.2, 6.3 et 6.4.

L'IEC 62226-2-1 fournit des informations supplémentaires sur les méthodes d'évaluation de situations plus complexes.

D'autres méthodes (par exemple, des méthodes numériques) peuvent être utilisées pour autant qu'elles donnent des résultats équivalents.

NOTE 2 Une méthode consiste par exemple à évaluer l'ensemble complet des équations de Maxwell.

6.2 Câble unique

Pour un câble unique, un modèle source tel que représenté à la Figure 5 doit être utilisé.

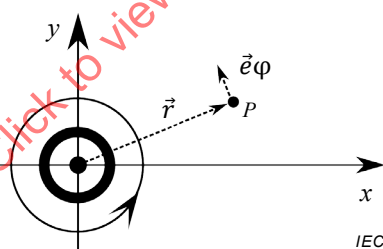


Figure 5 – Modèle source – Câble unique

En raison du caractère symétrique de la distribution du champ, seule une distance unique d par rapport au centre du conducteur telle que représentée à la Figure 6 doit être prise en compte lors de la détermination des coefficients de couplage. L'amplitude de l'induction magnétique B est calculée comme indiqué dans la Formule (5).

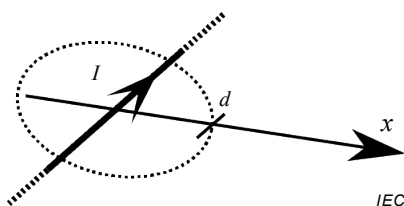


Figure 6 – Configuration de l'évaluation – Câble unique

$$B(d) = \frac{\mu_0}{2\pi d} \cdot I \quad (5)$$

où

d est la distance par rapport à la source du champ.

6.3 Câbles parallèles

Pour deux câbles parallèles, un modèle source tel que représenté à la Figure 7 doit être utilisé.

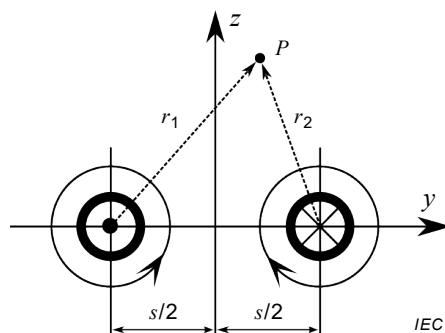


Figure 7 – Modèle source – Câbles parallèles

Étant donné que la distribution du champ ne varie pas le long de l'axe x , deux distances (d_y , d_z) telles que représentées à la Figure 8 doivent être prises en compte lors de la détermination des coefficients de couplage. La Formule (6) doit être utilisée pour calculer l'induction magnétique B . L'amplitude de B doit être calculée comme indiqué dans la Formule (7).

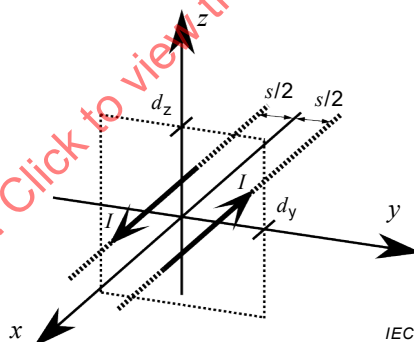


Figure 8 – Configuration de l'évaluation – Câbles parallèles

$$B_y(x, y, z) = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \left[\frac{z}{z^2 + \left(y - \frac{s}{2}\right)^2} - \frac{z}{z^2 + \left(y + \frac{s}{2}\right)^2} \right]$$

$$B_z(x, y, z) = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \left[\frac{\frac{s}{2} - y}{z^2 + \left(y - \frac{s}{2}\right)^2} + \frac{\frac{s}{2} + y}{z^2 + \left(y + \frac{s}{2}\right)^2} \right]$$

$$\mathbf{B}(x, y, z) = \begin{bmatrix} 0 \\ B_y(x, y, z) \\ B_z(x, y, z) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$B(x, y, z) = \sqrt{B_y^2 + B_z^2} \quad (7)$$

où

s est la distance entre les courants filamenteux;

x, y, z sont les coordonnées du point P .

6.4 Boucle rectangulaire

Pour les conducteurs formant une boucle rectangulaire, un modèle source tel que représenté à la Figure 9 doit être utilisé.

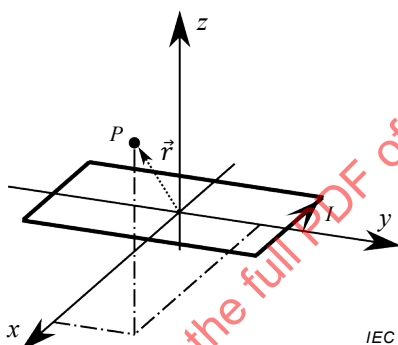


Figure 9 – Configuration d'une boucle rectangulaire

En raison des propriétés de la distribution du champ, trois distances (d_x, d_y, d_z) par rapport au centre du conducteur telles que représentées à la Figure 10 doivent être prises en compte.

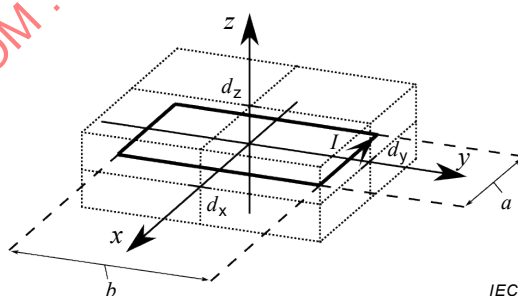


Figure 10 – Distances d'évaluation pour la configuration de la boucle

L'induction magnétique $\mathbf{B}$ est calculée en utilisant la loi de Biot et Savart (8). L'amplitude de $\mathbf{B}$ est calculée comme indiqué dans la Formule (9).

$$x_0 = \frac{a}{2} - x \quad D_1 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z^2} \quad R_1 = \frac{\frac{x_0}{D_1} + \frac{x_1}{D_2}}{y_0^2 + z^2}$$

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{a}{2} + x & D_2 &= \sqrt{x_1^2 + y_0^2 + z^2} & R_2 &= \frac{\frac{y_0}{D_2} + \frac{y_1}{D_3}}{x_1^2 + z^2} \\
 y_0 &= \frac{b}{2} - y & D_3 &= \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z^2} & R_3 &= \frac{\frac{x_1}{D_3} + \frac{x_0}{D_4}}{y_1^2 + z^2} \\
 y_1 &= \frac{b}{2} + y & D_4 &= \sqrt{x_0^2 + y_1^2 + z^2} & R_4 &= \frac{\frac{y_1}{D_4} + \frac{y_0}{D_1}}{x_0^2 + z^2}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{B}(x, y, z) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \begin{bmatrix} z(R_4 - R_2) \\ z(R_1 - R_3) \\ R_1 y_0 + R_2 x_1 + R_3 y_1 + R_4 x_0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

où

a est la dimension de la boucle dans la direction x telle que représentée à la Figure 10;

b est la dimension de la boucle dans la direction y telle que représentée à la Figure 10;

x, y, z sont les coordonnées du point d'observation P .

$$B(x, y, z) = \sqrt{B_x(x, y, z)^2 + B_y(x, y, z)^2 + B_z(x, y, z)^2} \quad (9)$$

où

x, y, z sont les coordonnées du point d'observation P ;

B_x, B_y, B_z sont les composantes x, y et z de l'induction magnétique $\mathbf{B}$.

NOTE 1 L'Annexe E décrit une approximation prudente des coefficients de couplage pour une large plage de dispositions de boucles rectangulaires.

NOTE 2 Les Tableaux D.2, D.3, D.4 et D.5 donnent les coefficients de couplage pour plusieurs boucles rectangulaires.

7 Méthodes d'évaluation

7.1 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, sur les formes ou les dimensions anatomiques et sur les distances par rapport à la source de champs électromagnétiques applicables pour les différentes parties du corps.

7.2 Considérations générales

7.2.1 Intégration temporelle

L'intégration temporelle d'exposition n'est pas admise pour les effets non thermiques, à moins que les exigences nationales ou internationales appliquées ne spécifient explicitement les procédures d'intégration temporelle.

7.2.2 Intégration spatiale

Les niveaux de référence reposent en général sur une intégration spatiale réalisée sur la partie du corps concernée.

Si l'intégration spatiale d'exposition n'est pas exclue et si aucune procédure particulière n'est définie dans les exigences nationales et internationales applicables, les procédures détaillées dans les paragraphes pertinents de 7.5 doivent être appliquées pour les valeurs de champs extérieurs et intracorporels.

7.2.3 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 comprise entre 0 Hz (courant continu, selon le cas) et une fréquence supérieure définie comme étant la valeur applicable la plus élevée de

- 10 fois la fréquence du courant alternatif de sortie pour un matériel de sortie en courant alternatif sinusoïdal,
- 40 fois la fréquence du courant alternatif de sortie pour un matériel de sortie en courant alternatif non sinusoïdal avec réglage du courant de déphasage,
- 1 kHz pour les types de transformateurs-redresseurs monophasés fonctionnant à la fréquence du réseau,
- 3 kHz pour les types de transformateurs-redresseurs triphasés fonctionnant à la fréquence du réseau,
- 10 fois la fréquence de commutation pour les types d'onduleurs,
- la fréquence $f_{\max}$ définie dans la Formule (10) par le temps de montée ou de descente minimal pour des types pulsés ou à courant alternatif non sinusoïdal, par exemple un matériel à décharge de condensateur,

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

où

$\tau_{p\min}$ est la valeur minimale du temps de montée et de descente;

$f_{\max}$ est la fréquence définie par le fabricant en fonction de sa connaissance des techniques spéciales utilisées dans l'appareil.

NOTE Ces limitations de plages de fréquences ont été déterminées sur la base de mesurages préalables effectués sur du matériel de soudage par résistance.

La fréquence supérieure maximale spécifiée dans le domaine d'application du présent document est de 10 MHz.

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.

Pour les limitations dans le domaine temporel, le pas de temps le plus grand $t_{\max}$ doit être déterminé à partir de la fréquence la plus élevée $f_{\max}$ à prendre en compte à l'aide de la Formule (11).

$$t_{\max} = \frac{1}{2 \cdot f_{\max}} \quad (11)$$

7.2.4 Instruments de mesure

Les instruments (transducteur de courant et oscilloscope) utilisés pour mesurer le courant de soudage doivent présenter des capacités sur la plage de fréquences correspondante et en matière de résolution et de courant de crête.

Il n'est pas recommandé d'utiliser des shunts résistifs pour ces mesurages.

La fréquence d'échantillonnage de l'oscilloscope doit être suffisamment élevée pour permettre de procéder à une analyse de la composante de fréquence pertinente la plus élevée.

Les résultats de mesure doivent être validés afin d'exclure le bruit ou les sources du bruit qui reposent sur des erreurs de mesure. Une méthode de validation possible consiste à dériver le rapport di/dt réaliste maximal de la source de courant avant de traiter les données.

7.2.5 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 que 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.

7.3 Matériel à courant de soudage sinusoïdal

La valeur maximale de l'induction magnétique ($B_{\max}$) aux positions du corps, l'intensité du champ électrique ($E_{i, \max}$) et les densités de courant ($J_{i, \max}$) à l'intérieur d'une partie spécifique du corps sont calculées à l'aide des Formules (12), (13) et (14).

$$B_{\max} = CC_B(R, d) \cdot I \quad (12)$$

$$E_{\max} = CC_E(R, d) \cdot f \cdot I \quad (13)$$

$$J_{\max} = CC_J(R, d) \cdot f \cdot I \quad (14)$$

où

R est le rayon du disque;

d est la distance par rapport à la source du champ;

I est le courant de soudage;

f est la fréquence du courant de soudage;

$B_{\max}$, $J_{\max}$, $E_{\max}$ sont les valeurs maximales des grandeurs de champ B , J et E respectivement.

NOTE 1 Le système de référence peut admettre un certain degré de liberté. Lors de la définition du coefficient de couplage, la position la plus défavorable avait déjà été prise en compte à cet égard.

Un indice d'exposition est déduit en divisant une grandeur de champ par la valeur limite applicable à la fréquence à l'étude (Formules (15), (16), (17)).

$$EI_B = \frac{B_{\max}}{L_B} \quad (15)$$

$$EI_E = \frac{E_{\max}}{L_E} \quad (16)$$

$$EI_J = \frac{J_{\max}}{L_J} \quad (17)$$

où

$B_{\max}$, $J_{\max}$, $E_{\max}$ sont les valeurs maximales des grandeurs de champ B , J et E respectivement;

L_B , L_J , L_E sont les valeurs limites des grandeurs de champ B , J et E respectivement;

EI_B , EI_J , EI_E sont les indices d'exposition pour les champs B , J et E respectivement.

NOTE 2 Les limites ne peuvent exister que pour une seule des grandeurs de champ données.

7.4 Matériel à courant de soudage à impulsion ou non sinusoïdal

7.4.1 Généralités

Plusieurs méthodes d'évaluation des champs pulsés et non sinusoïdaux sont disponibles. Pour les besoins du présent document, seule la méthode de crête pondérée donnée dans le présent paragraphe est applicable. Pour des informations supplémentaires, voir l'IEC 61786-2. Le résultat de cette méthode de calcul est l'indice d'exposition (EI) dans le temps.

NOTE D'un point de vue mathématique, les applications de la méthode de crête pondérée dans le domaine temporel ou dans le domaine fréquentiel sont équivalentes et donnent exactement les mêmes résultats, si elles sont appliquées correctement.

L'indice d'exposition EI maximal obtenu dans le temps doit être utilisé pour l'évaluation.

La méthode de crête pondérée est utilisée pour des évaluations reposant sur des champs extérieurs ainsi que pour des évaluations reposant sur des métriques internes.

Des filtres électroniques et numériques peuvent être utilisés pour assurer les fonctions de pondération représentant les limites applicables.

Des exemples d'application de cette méthode sont donnés à l'Annexe A et à l'Annexe B.

7.4.2 Détermination de la fonction de pondération à partir des limites applicables aux grandeurs de champ

Les amplitudes et les déphasages de la pondération peuvent être approximés. Il convient que l'atténuation ne s'écarte pas de plus de 3 dB et la phase de plus de 90° de la réponse en fréquence linéaire par pièce exacte.

L'approximation des valeurs linéaires par pièce exacte des limites L_i aux fréquences f_i doit être réalisée à l'aide de fonctions complexes, comme la Formule (18). L'amplitude initiale V_0 , le nombre de fréquences de coupure et la position des termes pertinents dépendent des limites applicables.

$$L_i = \left| V_0 \frac{(1 + s_i/\omega_1)(1 + s_i/\omega_2)(1 + s_i/\omega_3)}{(1 + s_i/\omega_4)(1 + s_i/\omega_5)(1 + s_i/\omega_6)} \right| \quad (18)$$

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 $f_{c\ n}$;

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

Un exemple de limite linéaire par pièce exacte et d'approximation déduite est donné à la Figure 11. 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 [1]¹ relative à l'exposition des travailleurs aux EMF.

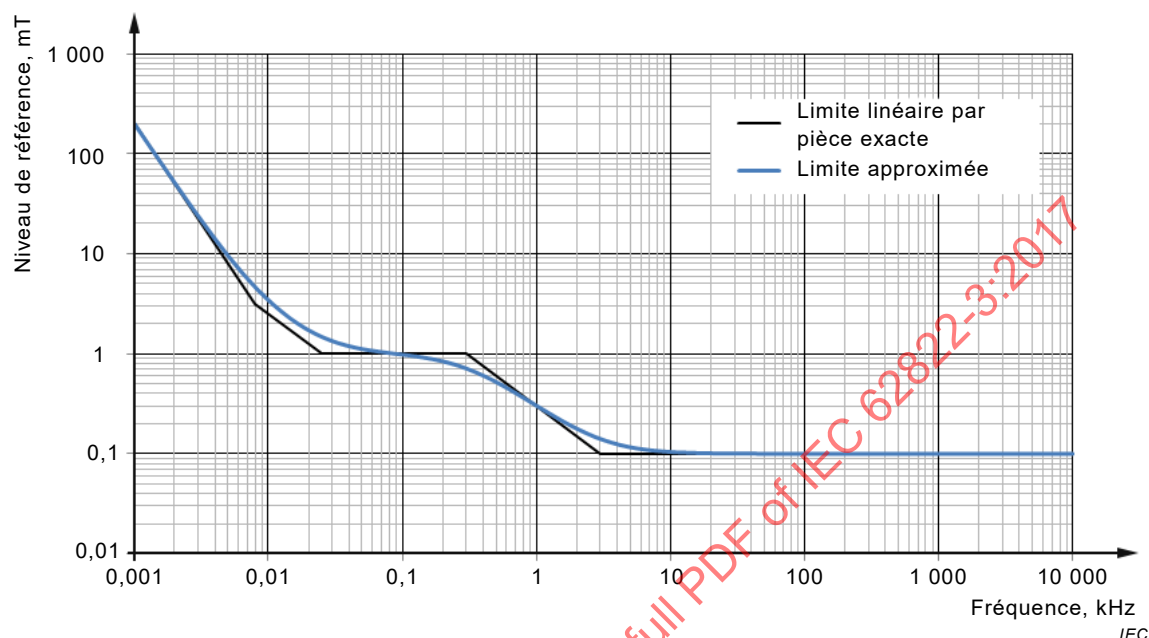


Figure 11 – Amplitudes limites linéaires et approximées par pièce exacte

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 12. L'exemple de la Figure 12 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 [1] relative à l'exposition des travailleurs aux EMF.

¹ Les numéros entre crochets renvoient à la Bibliographie.

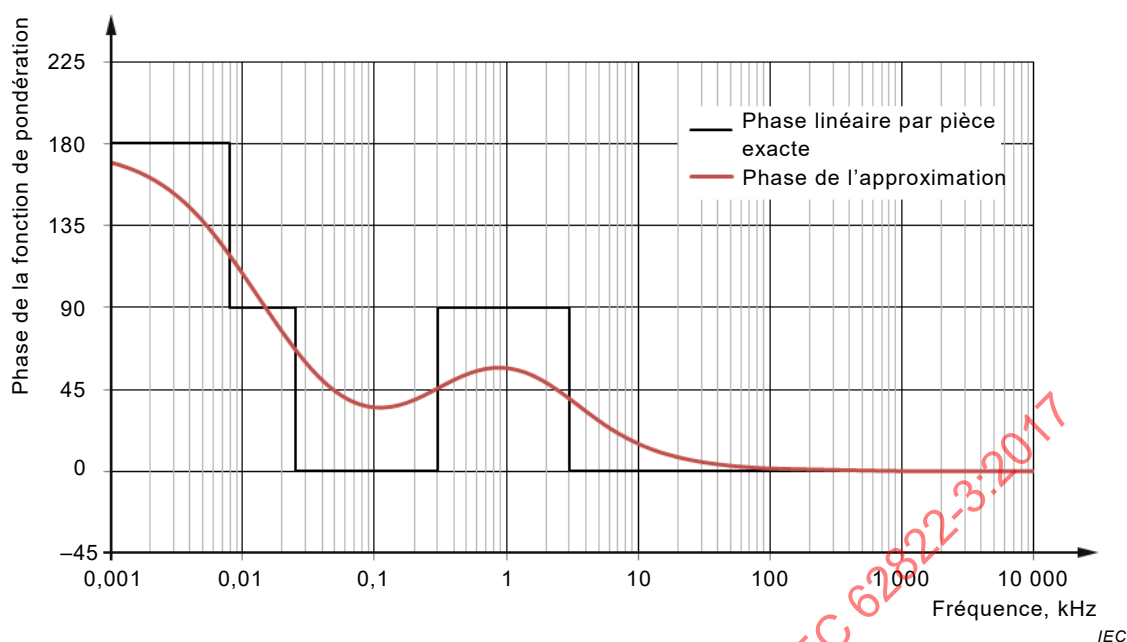


Figure 12 – Déphasages de la fonction de sommation linéaire par pièce exacte et approximée

La fonction de pondération dans le domaine temporel est obtenue en utilisant la transformée inverse de Fourier.

7.4.3 Application de la 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 la Formule (19).

Cette méthode peut être utilisée pour des niveaux de champs extérieurs et des métriques intracorporelles.

La somme des composantes spectrales pondérées ne doit pas dépasser 1,0 à l'instant t dans l'intervalle d'évaluation.

L'incrément de temps maximal doit être choisi selon 7.2.3.

$$\left| \sum_i \frac{A_i}{L_i} \cos(2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (19)$$

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 .

Le type de valeur (par exemple, valeur efficace, valeur de crête...) doit correspondre au type de limite appliqué.

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

7.4.4 Application de la méthode de crête pondérée dans le domaine temporel

Pour l'évaluation dans le 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.

La somme des composantes spectrales pondérées ne doit pas dépasser 1,0 à l'instant t dans l'intervalle d'évaluation.

L'incrément de temps maximal doit être choisi selon 7.2.3.

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.

7.5 Méthode fondée sur le mesurage des niveaux de champs extérieurs

7.5.1 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 coefficients de couplage. Par conséquent, cette méthode représente une approche prudente et surestime en général l'exposition.

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

Les influences des sources de champs qui ne font pas l'objet d'une évaluation doivent être éliminées ou, au moins, réduites le plus possible.

Dans le cas d'un sol métallique, un support non métallique d'une hauteur minimale de 0,8 m doit être utilisé. 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.

Les sources pertinentes doivent être identifiées comme indiqué à l'Article 5.

Pour mesurer la distance par rapport à la source du champ, un système de référence conforme à l'Article 6 doit être mis en œuvre.

7.5.2 Équipement de mesure

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

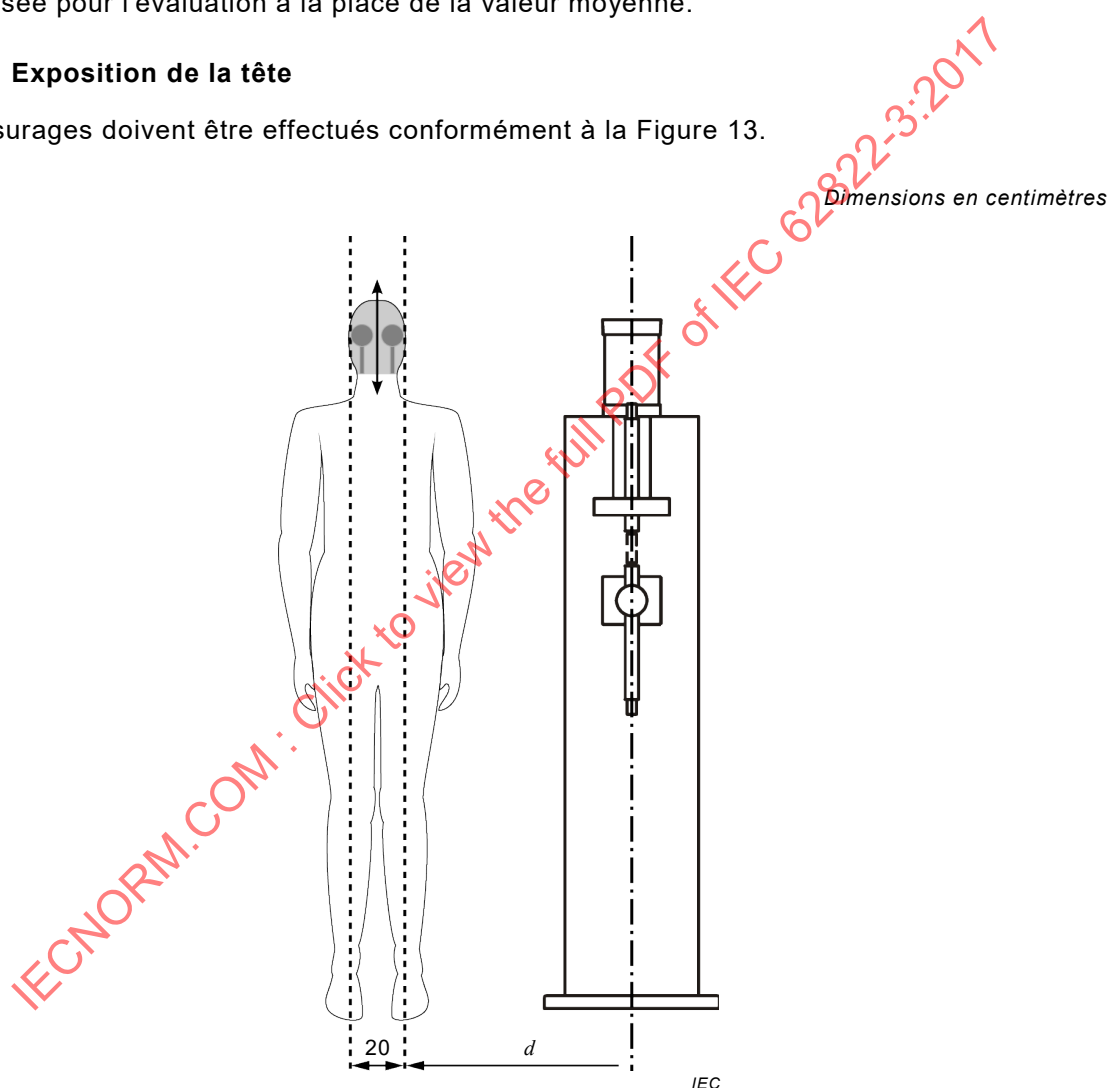
NOTE Les configurations normalisées spécifiées dans le présent document suggèrent de positionner la sonde à proximité du circuit de soudage. Comme précisé par exemple dans le [1], ces cas font l'objet de dispositions particulières en raison de la nature localisée de la source de champ. En utilisant une sonde de champ de petite dimension, cette situation devient plus facile à maîtriser.

7.5.3 Intégration spatiale

Si l'intégration spatiale n'est pas admise, la valeur la plus élevée du mesurage effectué doit être utilisée pour l'évaluation à la place de la valeur moyenne.

7.5.4 Exposition de la tête

Les mesurages doivent être effectués conformément à la Figure 13.



Légende

d distance par rapport au centre du conducteur.

Figure 13 – Mesurage du champ au niveau de la tête

Le niveau de champ moyen pour la tête $B_{AV \text{ tête}}$ doit être calculé conformément à la Formule (20).

$$B_{AV \text{ tête}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (20)$$

où

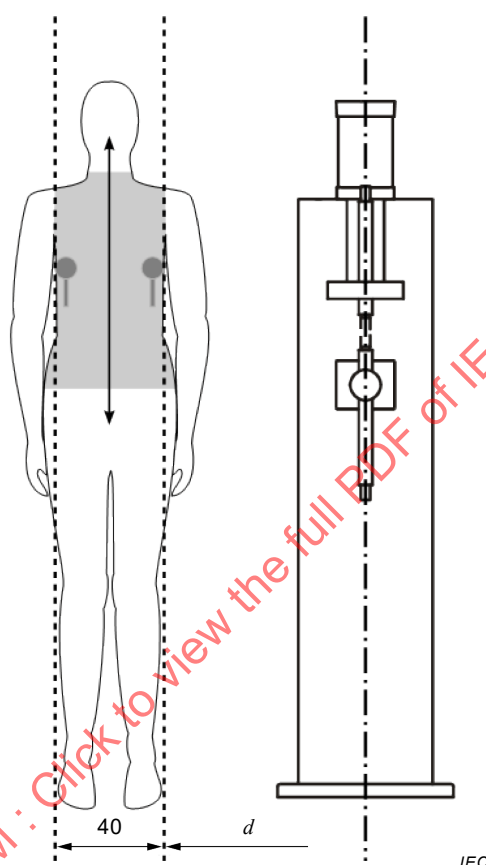
B_1 est la valeur mesurée à la position la plus proche du circuit de soudage;

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

7.5.5 Exposition du tronc

Les mesurages doivent être effectués conformément à la Figure 14.

Dimensions en centimètres



Légende

d distance par rapport au centre du conducteur.

Figure 14 – Mesurage du champ au niveau du tronc

Le niveau de champ moyen pour le tronc $B_{AV \text{ tronc}}$ doit être calculé conformément à la Formule (21).

$$B_{AV \text{ tronc}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (21)$$

où

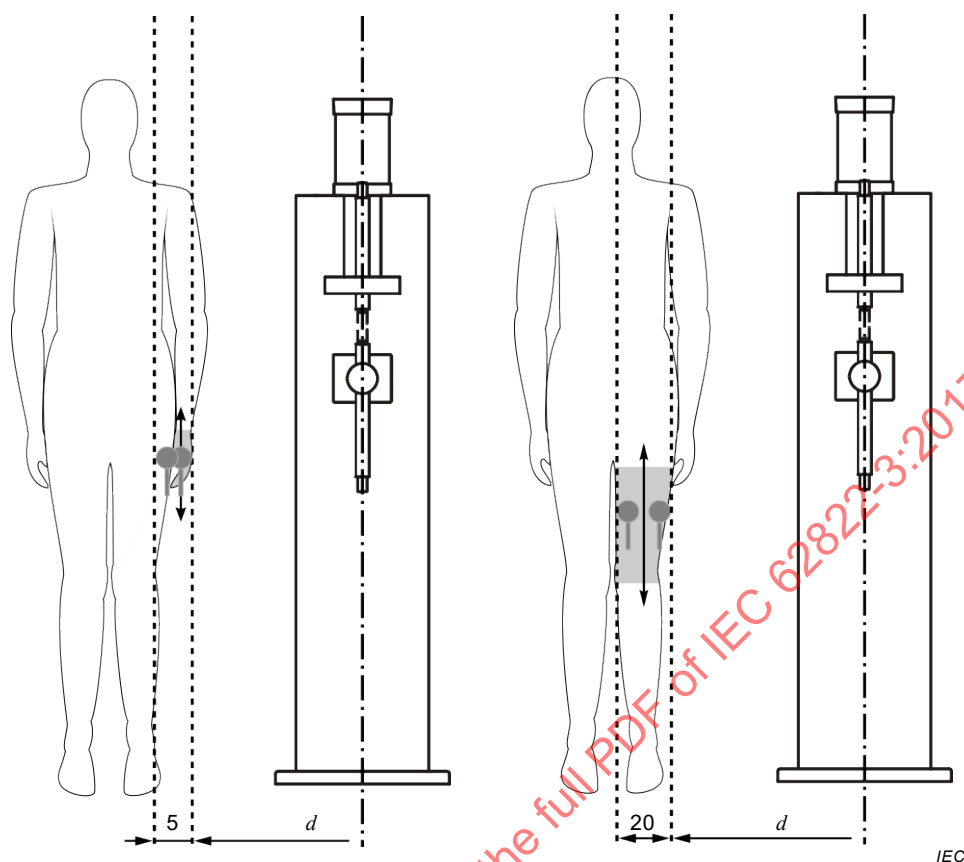
B_1 est la valeur mesurée à la position la plus proche du circuit de soudage;

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

7.5.6 Exposition des membres

Les mesurages doivent être effectués conformément à la Figure 15.

Dimensions en centimètres



Légende

d distance par rapport au centre du conducteur.

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

Le niveau de champ c pour la cuisse ($B_{AV \text{ cuisse}}$) et la main ($B_{AV \text{ main}}$) doit être calculé conformément aux Formules (22) et (23).

$$B_{AV \text{ cuisse}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (22)$$

$$B_{AV \text{ main}} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (23)$$

où

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

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

7.6 Procédure d'évaluation

7.6.1 Généralités

Le présent document permet une évaluation d'un système de soudage complet (Figure 16) ou une évaluation reposant sur les composantes individuelles (Figure 17).

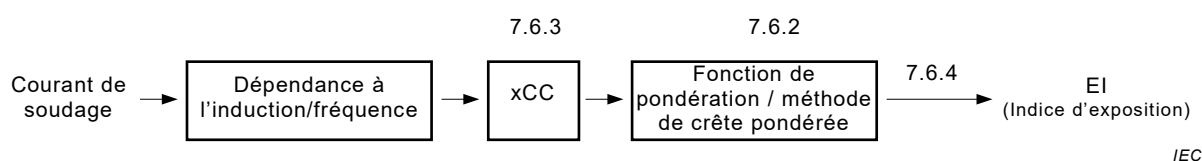


Figure 16 – Évaluation d'un système de soudage complet

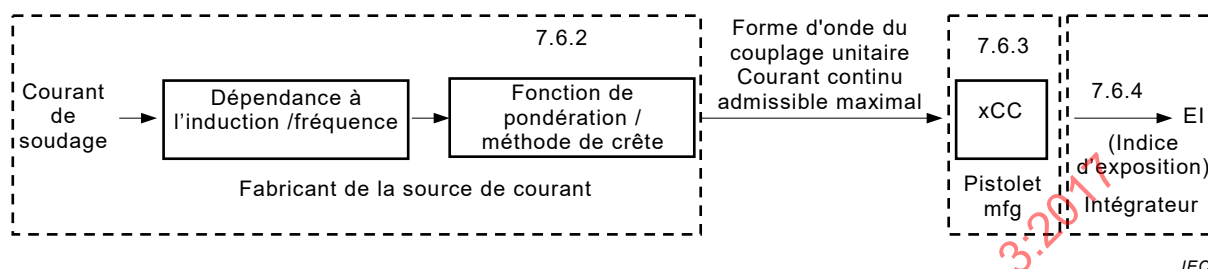


Figure 17 – Évaluation basée sur une composante typique

7.6.2 Source de courant

L'indice d'exposition (EI) pour les grandeurs de champs internes est calculé en faisant l'hypothèse d'une condition de couplage dans laquelle un courant de soudage de 1 A produit une densité de courants induits de 1 Am^{-2} ou une intensité de champ électrique de 1 Vm^{-1} .

NOTE 1 Les phénomènes de couplage dépendent de la fréquence.

NOTE 2 Dans la plage de fréquences à l'étude, la dépendance à la fréquence est linéaire.

Pour l'évaluation du champ magnétique, il est fait l'hypothèse d'une condition de couplage dans laquelle un courant de soudage de 1 A produit une induction magnétique de 1 T.

L'application de la méthode de crête pondérée à ce résultat permet d'obtenir la forme d'onde du couplage unitaire.

L'inverse de la valeur maximale de ces formes d'onde représente le facteur de couplage le plus élevé autorisé à atteindre la limite appliquée.

7.6.3 Montage d'électrodes

Les grandeurs de champs internes sont calculées en faisant l'hypothèse d'un courant de soudage de 1 kA.

NOTE 1 Étant donné que les phénomènes de couplage sont linéaires dans la plage de fréquences à l'étude, le courant de soudage de la fréquence et de l'amplitude utilisé pour l'évaluation n'est pas essentiel et peut être modifié arbitrairement en fonction des besoins.

Un courant de soudage approprié est utilisé afin d'obtenir les coefficients de couplage pour l'induction magnétique. L'intensité du champ peut être calculée ou mesurée.

NOTE 2 L'utilisation d'une forme d'onde sinusoïdale simplifie cette procédure.

7.6.4 Système de soudage

En utilisant le coefficient de couplage admissible maximal donné dans la fiche technique de la source de courant, appliquer la distance de séparation minimale correspondante donnée dans la fiche technique du montage d'électrodes.

NOTE L'indice d'exposition (EI) est égal à 1 à la distance de séparation minimale.

L'indice d'exposition (EI) est le rapport entre le coefficient de couplage correspondant à une distance dans la fiche technique du montage d'électrodes et le coefficient de couplage admissible maximal donné dans la fiche technique de la source de courant.

8 Fiche technique EMF et rapport d'évaluation

8.1 Généralités

Le contenu de la fiche technique EMF du système repose sur les critères de conformité obligatoires et sur les données EMF exigées pour l'utilisateur, comme indiqué dans l'IEC 62822-1, ainsi que sur la décision du fabricant de fournir des données supplémentaires, en plus de la quantité d'informations obligatoires.

Les informations minimales à rassembler pendant l'évaluation du système figurent dans la liste ci-dessous:

- une confirmation de la conformité aux restrictions de base applicables aux configurations normalisées pour la tête, le tronc et les membres – ou une déclaration selon laquelle le matériel n'est pas conforme au niveau des configurations normalisées;
- les indices d'exposition aux configurations normalisées pour la tête (pour les effets sensoriels et sur la santé, selon le cas), le tronc et les membres;
- les distances entre le système de soudage et la tête, le tronc et les membres par rapport aux configurations normalisées;
- les distances minimales exigées pour la tête, le tronc et les membres auxquelles la conformité est assurée;
- si la conformité n'a pas pu être démontrée à toutes les configurations normalisées – les distances auxquelles la conformité est obtenue pour la tête, le tronc et les membres;
- la distance à laquelle l'indice d'exposition devient inférieur à 20 %, selon la restriction de base ou le niveau de référence applicable;
- pour les matériels évalués conformément aux limites d'exposition professionnelle – la distance à laquelle l'indice d'exposition devient inférieur à 100 %, selon la restriction de base ou le niveau de référence pour le grand public;
- selon le cas – si les niveaux de référence sont dépassés aux distances normalisées pour la tête, le tronc et les membres;
- selon le cas – si les restrictions de base pour les effets sensoriels sont dépassées aux distances normalisées pour la tête.

NOTE 1 Toutes les distances font référence au centre du matériau conducteur.

NOTE 2 Si les exigences nationales et internationales applicables excluent des parties du corps (les membres par exemple), les informations relatives à ces parties peuvent ne pas être exigées.

Un exemple d'informations supplémentaires qui peuvent être rassemblées lors de l'évaluation est donné ci-dessous:

- Données pour plusieurs modes de fonctionnement.

Les informations rassemblées doivent être présentées dans une fiche technique EMF. Des exemples de fiches techniques EMF s'appuyant sur les scénarios ci-dessus sont inclus dans les Figures F.1, F.2 et F.3 de l'Annexe F.

Les exigences en matière de rapport d'évaluation sont données dans l'IEC 61786-2.

8.2 Fiche technique EMF des composantes

8.2.1 Sources de courant

Le contenu de la fiche technique EMF des sources de courant repose sur les critères de conformité obligatoires applicables et sur les données EMF exigées pour l'utilisateur, comme indiqué dans l'IEC 62822-1, ainsi que sur la décision de fournir des données supplémentaires, en plus de la quantité d'informations obligatoires.

Les informations minimales à rassembler pendant l'évaluation de la source de courant figurent dans la liste ci-dessous.

- Le coefficient de couplage admissible maximal nécessaire pour satisfaire à toutes les limites nationales et/ou internationales applicables.

NOTE Par exemple, ces limites peuvent concerner les effets sensoriels et les effets sur la santé, selon le cas, pour les membres, le tronc ou la tête.

Un exemple d'informations supplémentaires qui peuvent être rassemblées lors de l'évaluation est donné ci-dessous:

- Données pour plusieurs modes de fonctionnement.

8.2.2 Montages d'électrodes

Le contenu de la fiche technique EMF des montages d'électrodes repose sur les critères de conformité obligatoires applicables et sur les données EMF exigées pour l'utilisateur, comme indiqué dans l'IEC 62822-1, ainsi que sur la décision de fournir des données supplémentaires, en plus de la quantité d'informations obligatoires.

Les informations minimales à rassembler pendant l'évaluation du montage d'électrodes figurent dans la liste ci-dessous.

- Les coefficients de couplage CC_B , CC_J et CC_E pour la tête, le tronc et les membres, selon le cas, au moins jusqu'à une distance de 5 m par rapport à la partie la plus proche du circuit de soudage. Cet ensemble de coefficients doit comprendre les coefficients pour les distances normalisées.

NOTE Par exemple, ces limites peuvent concerner les effets sensoriels et les effets sur la santé, selon le cas, pour les membres, le tronc ou la tête.

Un exemple d'informations supplémentaires qui peuvent être rassemblées lors de l'évaluation est donné ci-dessous.

- Données relatives aux positions de fonctionnement avec une exposition différente aux EMF.

8.2.3 Autres composantes

Le contenu de la fiche technique EMF des composantes repose sur les critères de conformité obligatoires applicables et sur les données EMF exigées pour l'utilisateur, comme indiqué dans l'IEC 62822-1, ainsi que sur la décision de fournir des données supplémentaires, en plus de la quantité d'informations obligatoires.

Toutes les informations supplémentaires pouvant se révéler utiles pour l'évaluation de l'ensemble du circuit de soudage par résistance doivent être fournies.

Annexe A (informative)

Exemple d'application de la méthode de crête pondérée dans le domaine temporel

A.1 Généralités

Dans la présente annexe, un exemple de système de soudage par résistance en courant continu est évalué conformément à la directive européenne relative à l'exposition aux EMF sur le lieu de travail [1]. À cet effet, des fiches techniques sont créées pour l'ensemble des composantes (Figures A.5 et A.6), puis regroupées dans une fiche technique EMF du système (Figures A.7 et A.8).

NOTE Une évaluation complète peut inclure le transformateur, les câbles et d'autres composantes.

A.2 Source de courant

A.2.1 Généralités

La forme d'onde du courant le plus défavorable est représentée à la Figure A.1. Elle est destinée à un usage professionnel. Elle produit directement le courant de soudage sans passer par un transformateur externe.

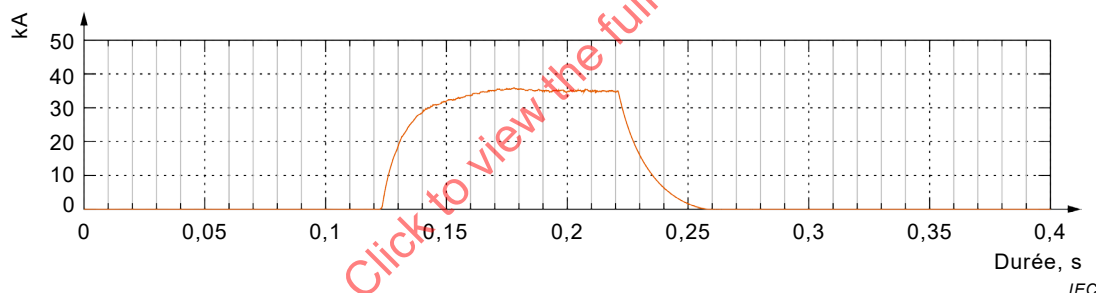


Figure A.1 – Forme d'onde du courant

A.2.2 Limites appliquées

A.2.2.1 Généralités

Dans cet exemple, les limites de la directive européenne 2013/35/UE relative à l'exposition des travailleurs aux EMF sont appliquées.

La Figure A.2 représente les limites combinées pour les effets sensoriels et sur la santé applicables pour la tête.

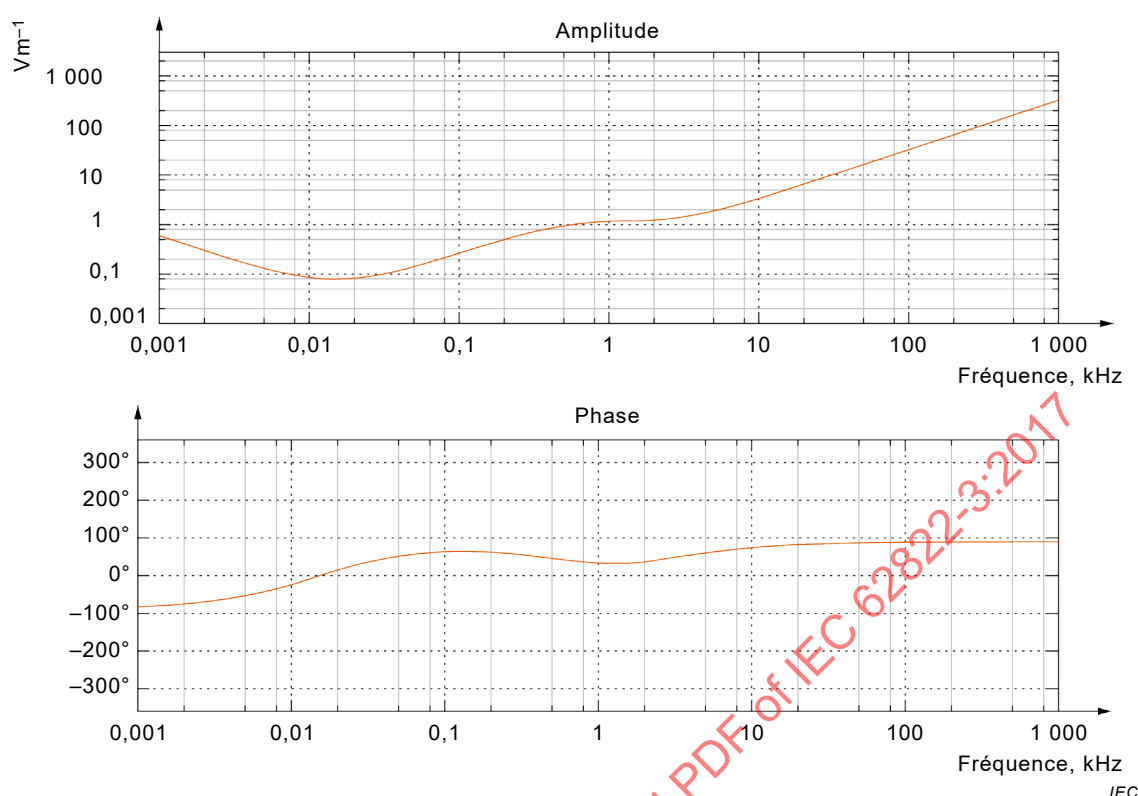


Figure A.2 – Valeurs limites d'exposition (VLE) combinées pour la tête [1]

NOTE La fonction de limitation a été déterminée selon les spécifications de 7.4.1. De plus amples informations sont disponibles dans l'IEC 62311.

A.2.2.2 Application de la méthode de crête pondérée dans le domaine temporel

La forme d'onde du couplage unitaire représentée à la Figure A.3 est obtenue par filtrage numérique du courant le plus défavorable donné dans la Figure A.1 selon la limite indiquée dans la Figure A.2.

NOTE L'IEC 62311 donne des informations détaillées sur la méthode de crête pondérée dans le domaine temporel et dans le domaine fréquentiel.

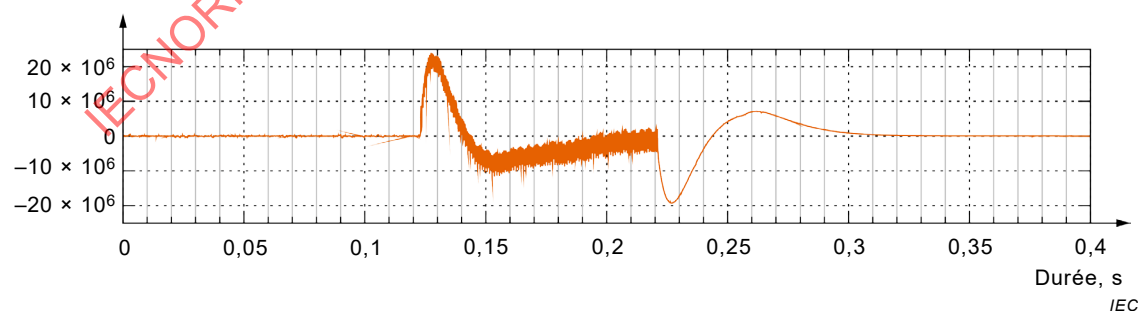


Figure A.3 – Forme d'onde du couplage unitaire

La forme d'onde du couplage unitaire représente l'indice d'exposition possible si un courant de 1 A produisait une intensité de champ de 1 Vm^{-1} (c'est-à-dire, le coefficient de couplage CC_E possible est de $1 \text{ Vm}^{-1}/\text{A} \times \text{Hz}$ ou de $1\,000\,000 \text{ mVm}^{-1}/\text{kA} \times \text{Hz}$).

Comme en témoigne la Figure A.3, un courant tel que représenté à la Figure A.1 donne une valeur maximale absolue de $24,3 \times 10^6$.

Le coefficient de couplage CC_E admissible maximal nécessaire pour satisfaire aux limites relatives aux effets sensoriels et sur la santé pour la tête est de $1/_{24,3} \times 10^{-6} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} / \text{A} \cdot \text{Hz}$ ou de $0,041 \text{ mV} \cdot \text{m}^{-1} / \text{A} \cdot \text{Hz}$.

A.2.3 Évaluation du montage d'électrodes

Le montage d'électrodes représenté à la Figure A.4 a été jugé suffisamment similaire à la boucle de $1,5 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$ décrite en D.2.3.

La boucle de petite dimension sur la partie supérieure de l'électrode n'est pas accessible en raison de la construction de la machine et a donc été ignorée.

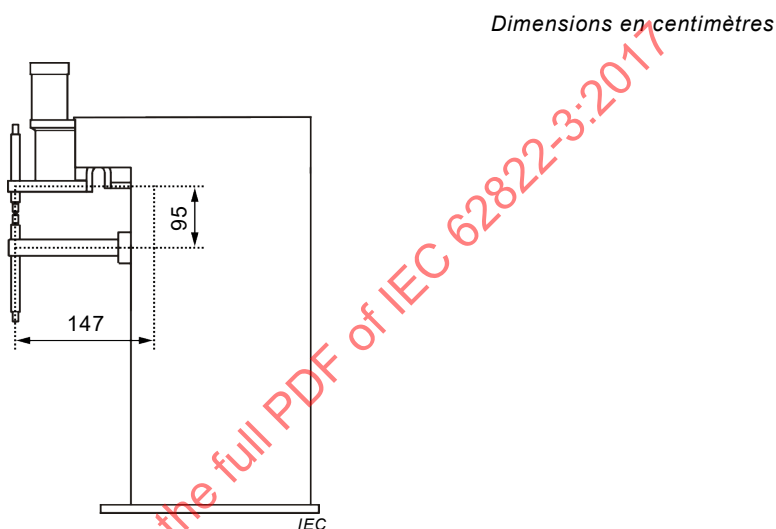


Figure A.4 – Géométrie du montage d'électrodes

A.2.4 Fiches techniques**A.2.4.1 Fiche technique de la source de courant**

FICHE TECHNIQUE EMF POUR LA SOURCE DE COURANT DE SOUDAGE PAR RESISTANCE

Publiée par Compaweld Ltd

Daniel Tester

Valide à partir du 30-06-2016

Révision A

Informations sur le matériel

Marque Compaweld

Nom(s) du modèle Ultrawelder 2016

Numéro(s) de modèle 12-3456-000-789

Utilisation prévue ☒ par professionnel☐ par non-professionnel**Informations de base**

Règlement appliqué Directive 2006/95/CE

Limites référencées Directive 2013/35/UE, Recommandation 1999/519/CE

Norme(s) appliquée(s) EN 62822-1:2015, EN 62822-3:2016

Prise en compte des effets non thermiques pour l'évaluation du lieu de travail ☒ OUI ☐ NONPrise en compte des effets thermiques pour l'évaluation du lieu de travail ☐ OUI ☒ NON☒ Les données reposent sur la capacité maximale de la source de courant (valide tant que le micrologiciel/matériel n'est pas modifié)☐ Les données reposent sur les réglages/le programme le plus défavorable (valide seulement tant que les options/programmes de soudage ne sont pas modifiés)☐ Les données reposent sur plusieurs réglages/programmes (valide seulement tant que les options/programmes de soudage ne sont pas modifiés)**Données EMF pour les effets non thermiques**

Coefficients de couplage unitaire Directive 2013/35/UE

	Tête (Effets sensoriels et sur la santé)	Tronc	Main	Cuisse
Rayon du disque	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm
Coefficient de couplage admissible maximal	0,041 $\text{mVm}^{-1}/\text{kA}$	0,129 $\text{mVm}^{-1}/\text{kA}$	0,129 $\text{mVm}^{-1}/\text{kA}$	0,129 $\text{mVm}^{-1}/\text{kA}$

Coefficients de couplage unitaire Recommandation 1999/519/CE

	Grand public
Coefficient de couplage admissible maximal	0,00012 $\text{mA} \cdot \text{m}^{-2}/\text{kA}$

Figure A.5 – Fiche technique de la source de courant

A.2.4.2 Fiche technique du montage d'électrodes

FICHE TECHNIQUE EMF POUR LE MONTAGE D'ELECTRODES DE SOUDAGE PAR RESISTANCE

Publiée par Compaweld Ltd

Daniel Tester

Valide à partir du 30-06-2016

Révision

A

Informations sur le matériel

Marque Compaweld

Nom(s) du modèle Ultrawelder 2016

Numéro(s) de modèle 12-3456-000-789

Utilisation prévue ☒ par professionnel

☐ par non-professionnel

Informations de base

Règlement appliqué Directive 2006/95/CE

Limites référencées Directive 2013/35/UE, Recommandation 1999/519/CE

Norme(s) appliquée(s) EN 62822-1:2015, EN 62822-3:2016

☐ L'intégration spatiale a été réalisée.

Données EMF pour les effets non thermiques

Coefficients de couplage

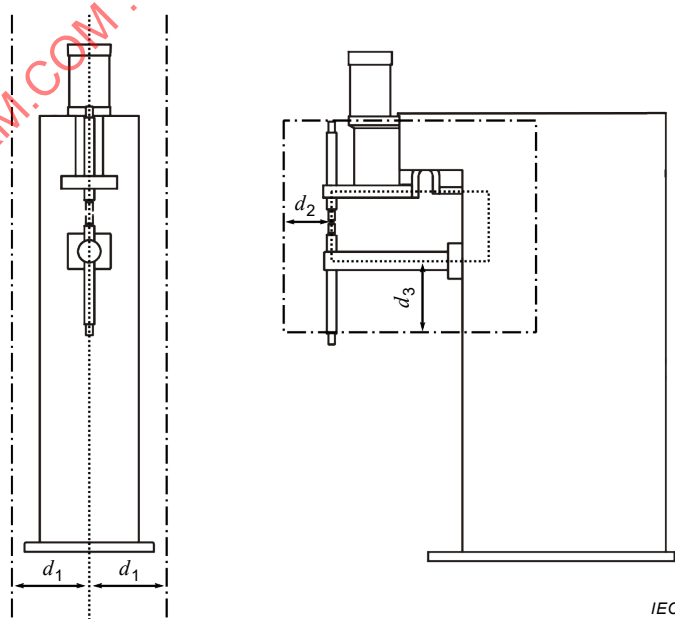


Figure A.6 – Fiche technique du montage d'électrodes

NOTE Le contenu des tableaux relatifs aux coefficients de couplage peut être consulté dans les Tableaux D.1 à D.7 spécifiés en A.2.2.

A.2.4.3 Fiche technique du système

FICHE TECHNIQUE EMF POUR LE SYSTEME DE SOUDAGE PAR RESISTANCE			
Publiée par	Compaweld Ltd	Daniel Tester	
Valide à partir du	30-06-2016	Révision	A
Informations sur le matériel			
Marque	Compaweld		
Nom(s) du modèle	Ultrawelder 2016		
Numéro(s) de modèle	12-3456-000-789		
Utilisation prévue	☒ par professionnel ☐ par non-professionnel		
Informations de base			
Règlement appliqué	Directive 2006/95/CE		
Limites référencées	Directive 2013/35/UE, Recommandation 1999/519/CE		
Norme(s) appliquée(s)	EN 62822-1:2015, EN 62822-3:2016		
Prise en compte des effets non thermiques pour l'évaluation du lieu de travail	☒ OUI	☐ NON	
Prise en compte des effets thermiques pour l'évaluation du lieu de travail	☐ OUI	☒ NON	
☒ Les données reposent sur la capacité maximale de la source de courant (valide tant que le micrologiciel/matériel n'est pas modifié)			
☐ Les données reposent sur les réglages/le programme le plus défavorable (valide seulement tant que les options/programmes de soudage ne sont pas modifiés)			
☐ Les données reposent sur plusieurs réglages/programmes (valide seulement tant que les options/programmes de soudage ne sont pas modifiés)			
☐ L'intégration spatiale a été réalisée (selon le cas)			

1/2

Figure A.7 – Fiche technique du système de soudage

FICHE TECHNIQUE EMF POUR LE SYSTEME DE SOUDAGE PAR RESISTANCE

(SUITE)

Données EMF pour les effets non thermiques

Indices d'exposition (EI) et distances par rapport au système de soudage

Tableau A.1 – Indices et distances

		Tête Effets sensoriels et sur la santé	Tronc	Main	Cuisse
Distance normalisée		30 cm	20cm	10cm	10cm
EI à distance normalisée	d_1	5,5	5,1	2,5	4,8
	d_2	2,0	1,7	1,4	2,2
	d_3	2,0	1,7	1,4	2,2
Distance minimale exigée	d_1	90cm	70cm	30cm	50cm
	d_2	50cm	40cm	20cm	30cm
	d_3	50cm	40cm	20cm	30cm
Distance à laquelle tous les EI deviennent inférieurs à 20 %	d_1	2,0m	2,0m	80cm	1,5m
	d_2	1,5m	90cm	0,5m	0,7m
	d_3	1,5m	90cm	0,5m	0,7m
Distance à laquelle la conformité aux limites pour le grand public est assurée (selon le cas)	d_1	5m	6m		
	d_2	3,5m	4m		
	d_3	3,5m	4m		

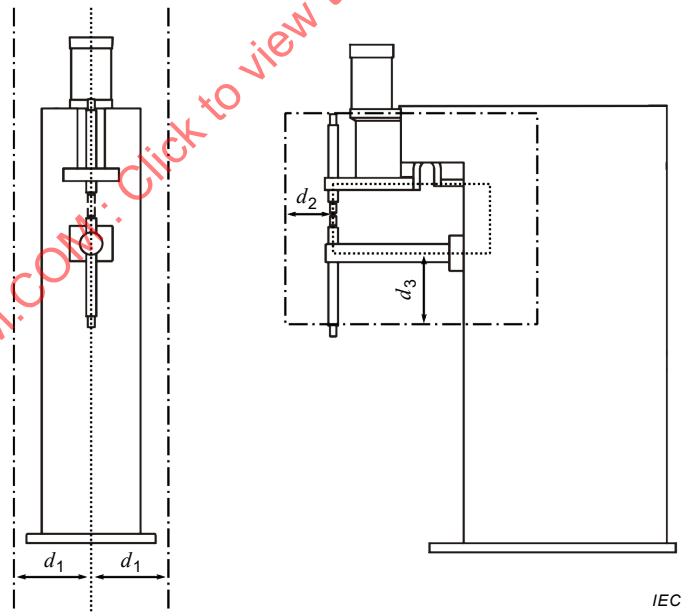


Figure A.5 – Distances

Annexe B (informative)

Exemple d'application de la méthode de crête pondérée dans le domaine fréquentiel

B.1 Généralités

Une installation de soudage par résistance en courant alternatif est évaluée. À cet effet, des fiches techniques sont créées pour l'ensemble des composantes (Figures B.6 et B.7), puis regroupées dans une fiche technique EMF (Figures B.8 et B.9) de l'installation.

B.2 Source de courant

B.2.1 Généralités

La forme d'onde du courant à un angle conducteur de 30° est représentée à la Figure B.1. Elle est destinée à un usage professionnel. Elle produit directement le courant de soudage sans passer par un transformateur externe.

NOTE Une évaluation complète peut inclure le transformateur, les câbles et d'autres composantes.

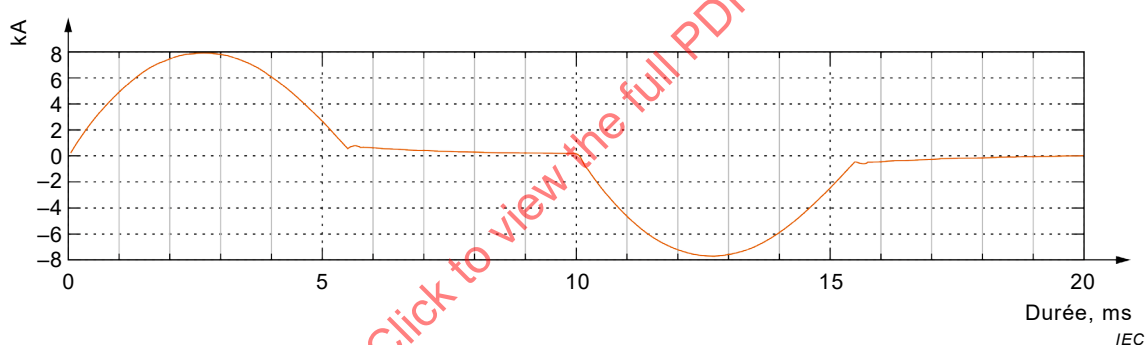


Figure B.1 – Forme d'onde du courant

La Figure B.2 représente l'amplitude et le déphasage des composantes spectrales du courant de soudage.

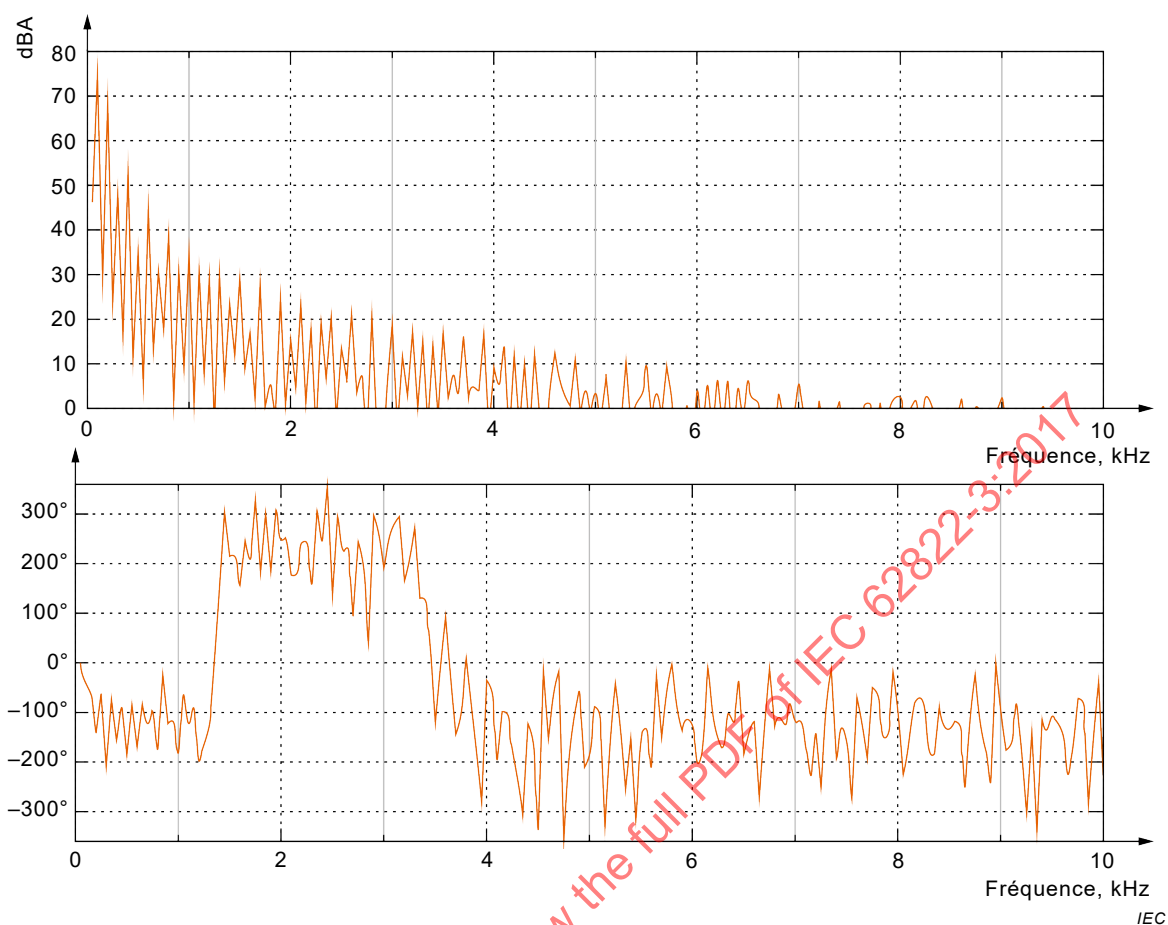


Figure B.2 – Spectre de la forme d'onde du courant

B.2.2 Limites appliquées

B.2.2.1 Généralités

Dans cet exemple, les limites de la directive européenne 2013/35/UE relative à l'exposition des travailleurs aux EMF sont appliquées.

La Figure B.3 représente les limites combinées pour les effets sensoriels et sur la santé applicables pour la tête.