

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Hollow metallic waveguides –
Part 2: Relevant specifications for ordinary rectangular waveguides**

**Guides d'ondes métalliques creux –
Partie 2: Spécifications applicables relatives aux guides d'ondes rectangulaires
normaux**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

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

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

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Hollow metallic waveguides –
Part 2: Relevant specifications for ordinary rectangular waveguides**

**Guides d'ondes métalliques creux –
Partie 2: Spécifications applicables relatives aux guides d'ondes rectangulaires
normaux**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.120.10

ISBN 978-2-8322-3383-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions	6
4 General	6
4.1 Standardized types	6
4.2 Type designation.....	6
4.3 Frequency range	7
5 Mechanical requirements	7
5.1 General.....	7
5.2 Dimensions	7
5.2.1 General	7
5.2.2 Inside dimensions	7
5.2.3 Wall thickness.....	8
5.2.4 Eccentricity	8
5.2.5 Outside dimensions.....	8
5.2.6 Rectangularity of cross-section.....	8
5.3 Other mechanical requirements	9
5.3.1 Bow	9
5.3.2 Twist.....	10
5.3.3 Surface roughness	10
5.3.4 Internal stresses	10
5.4 Electrical tests	10
5.4.1 Attenuation	10
5.5 Additional tests – Gas tightness.....	11
Table 1 – Deviation of aperture dimension.....	7
Table 2 – Deviation of outside dimensions.....	8
Table 3 – Specification and attenuation constants (informative)	12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HOLLOW METALLIC WAVEGUIDES –**Part 2: Relevant specifications for ordinary rectangular waveguides**

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 60153-2 has been prepared by subcommittee 46F: RF and microwave passive components, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, RF connectors, RF and microwave passive components and accessories.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1974. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) expand and revise the operation frequency range for waveguides;
- b) revise the allowance of aperture dimensions;
- c) revise the test method for aperture dimensions;
- d) revise the equation of attenuation.

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

CDV	Report on voting
46F/303/CDV	46F/317/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 60153 series, published under the general title *Hollow metallic waveguides*, can be found on the IEC website.

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

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

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

INTRODUCTION

This International Standard relates to straight hollow metallic tubing for use as waveguides in electronic equipment. In recent year the operation frequency of waveguide components and system has been extended to 1 THz and above. However, the first edition of the IEC 60153 series of standards only specified the aperture dimensions for ordinary rectangular waveguide for frequencies up to 325 GHz. In addition, the first edition of the IEC 60153 series of standards, dating from the 1960's, does not cover current applications. This new edition of IEC 60153-2 addresses these two issues by extending the frequency coverage to 3 300 GHz and by addressing current applications for this type of waveguide.

HOLLOW METALLIC WAVEGUIDES –

Part 2: Relevant specifications for ordinary rectangular waveguides

1 Scope

This part of IEC 60153 specifies straight hollow metallic tubing of ordinary rectangular waveguide for use as waveguides in electronic equipment.

The aim of this standard is to specify for hollow metallic waveguides:

- a) the details necessary to ensure compatibility and, as far as essential, interchangeability;
- b) test methods;
- c) uniform requirements for the electrical and mechanical properties.

It should be noted that no recommendations are made for the materials to be used for waveguides. The choice of material is agreed between customer and manufacturer.

This document should be read in conjunction with IEC 60153-1, which gives general requirements and test methods.

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org/>)

IEC 60153-1:2016, *Hollow metallic waveguides – General requirements and measuring methods*

IEC 60261, *Sealing test for pressurized waveguide tubing and assemblies*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-726 apply.

4 General

4.1 Standardized types

The series of ordinary rectangular waveguides covered by this publication are shown in Table 1.

4.2 Type designation

For these waveguides, the type designation comprises:

- a) the code: 60153 IEC-R

- b) a number characterizing a particular size of waveguide. This number expresses approximately in multiples of 100 MHz the geometric mean frequency of the recommended frequency range;
- c) if the symbol “K” is being used to indicate a factor of 1 000 (which it is suspected that it is), then the symbol needs to be in lower case (i.e. “k”), which stands for “kilo” in the SI system. This affects many waveguide names given in Table 3 and elsewhere in this standard.

Example:

"60153 IEC-R 100" denotes a 22,860 mm × 10,160 mm (0,900 in × 0,400 in) ordinary rectangular waveguide for general purposes with a centre frequency of approximately 10 GHz in the dominant mode.

4.3 Frequency range

The frequency range indicated in Table 1 is from approximately 1,25 to 1,9 times the cut-off frequency in the dominant mode. For any particular type of application, the working frequency range may be smaller or greater than the frequency range given in the table.

5 Mechanical requirements

5.1 General

It should be noted that no recommendations are made for the materials to be used for waveguides. The choice of material shall be agreed upon between customer and manufacturer.

5.2 Dimensions

5.2.1 General

The series of ordinary rectangular waveguides covered by this publication are shown in Table 1.

5.2.2 Inside dimensions

The nominal values for the waveguide aperture height and width, and the permissible maximum deviations in these nominal values, are specified in Table 3.

The deviations for both the width and height of the waveguide aperture are summarized in Table 1.

Table 1 – Deviation of aperture dimension

Range of sizes	Deviation ± (%) of <i>a</i>
R 3 – R 500	0,2
R 620 – R 4K	0,5
R 5K – R 14K	1,0
R 18K – R 36K	2,0

Although some difficulty has been experienced in manufacturing waveguides that meet these deviation requirements, in practice, small departures from these deviations create no serious electrical discontinuity problems, except at the terminations of the waveguide.

To accomplish satisfactory electrical mating, it is generally necessary to use a tool for sizing the waveguide opening after the flange has been mounted.

When accurately sized lengths of waveguides are required for critical component fabrication, it is industrial practice to pass a sizing mandrel through the entire length of short waveguide sections.

5.2.3 Wall thickness

The basic values specified in Table 3 conform to the following rules:

The basic wall thickness is defined as half the difference between the basic outside and inside dimensions in the original systems of units.

After conversion from inches into mm, the values were rounded to the nearest 0,005 mm.

5.2.4 Eccentricity

The eccentricity is defined as half the difference between the measured thickness of opposite walls. Unless otherwise specified, the eccentricity shall not exceed 10 % of the basic wall thickness. For the determination of the eccentricity, the thickness shall be measured where they give the most unfavourable result.

5.2.5 Outside dimensions

The basic values and the deviations are specified in Table 2.

The values of the outside dimensions deviations are also given in Table 2.

Table 2 – Deviation of outside dimensions

Range of sizes	Deviation ±
R12 and larger dimensions	For future study
R 14 – R 70	0,10 % of inside basic width
R 84 – R 900	0,05 mm
R 1.2K – R 2.6K	0,025 mm
R 3.2K – R 36K	If necessary

No outside dimensions have been specified for some of the largest sizes because a variety of manufacturing techniques are used.

The outside corner radius (r_2) shall be within the following limits:

$$r_{2\min} = 0,5 t$$

$$r_{2\max} = r_{2\min} + 0,5 \text{ mm}$$

where t is the basic wall thickness.

5.2.6 Rectangularity of cross-section

The dimensional requirements in 5.2.2 and 5.2.5 do not control the rectangularity of the cross-section.

The allowed departure from rectangularity is defined by the requirement that the shape of the inside (outside) cross-section shall be such that it is possible to inscribe the actual internal (external) cross-section in the area between the specified maximum and minimum internal (external) rectangles. A suitable method for checking rectangularity is given below by way of example.

a) For inside cross-section

A block with the dimensions specified below shall pass through the waveguide without hindrance.

In drawing the block through the waveguide, precaution shall be taken to keep it accurately normal to the waveguide axis.

For the dimensions of the block, the following applies:

- basic dimensions of cross-section: basic waveguide aperture size minus 1,1 times the deviation;
- deviation on basic inside cross-section dimensions: +0, –0,1 times deviation on waveguide of cross-section aperture;
- perpendicularity of the sides: within 3×10^{-4} radians;
- length: 0,2 times internal width of the waveguide.

b) For outside cross-section

The outside cross-section shall be such that it is possible to pass the waveguide through a standard gauge with an aperture of rectangular cross-section as specified below.

For the dimensions of the aperture, the following applies:

- basic dimensions of cross-section: basic waveguide outside cross-section plus 1,1 times the deviation;
- deviation on basic dimensions of cross-section: –0, + 0,1 times deviation on waveguide outside cross-section;
- perpendicularity of the sides: not deviating by more than 3×10^{-4} radians.

5.3 Other mechanical requirements**5.3.1 Bow**

Bow is defined as the maximum departure of the actual axis of the waveguide from a straight line of specified length connecting two points on that axis.

The bow is measured on the external surface of the waveguide. For a length of 10 times the internal width, the external bow shall not exceed 10 times the specified deviation on the internal width.

For a length of 50 times the internal width, the external bow shall not exceed 40 times the specified deviation on the internal width.

For the determination of the external bow, the waveguide shall be so positioned that gravity does not tend to affect the amount of bow.

5.3.2 Twist

Twist is defined as the rotation, over a specified length, of the cross-section of the waveguide around the longitudinal axis.

The rate of twist shall not exceed:

- 0,50 per metre for waveguides with an internal width equal or larger than 100 mm;
- 0,50 per waveguide length that is 10 times the internal width for waveguides with an internal width less than 100 mm.

Over a length equal to 50 times the internal width of the waveguide, the accumulated twist shall not exceed 2°. The direction of twist should not be systematic in a batch of waveguides.

5.3.3 Surface roughness

Under consideration.

5.3.4 Internal stresses

The waveguide tube shall be cut by means of a saw. The cutting process shall be carefully controlled to avoid distortion arising from the cutting and the use of a fine high-speed saw is recommended. After cutting, the cross-section of the waveguide tube shall be within the specified deviations.

5.4 Electrical tests

5.4.1 Attenuation

The attenuation of a suitable length of waveguide tube shall be measured at a frequency of 1,5 times the cut-off frequency for rectangular waveguides. The accuracy of the measurement shall be ±10 % of the required value in decibels.

Unless otherwise specified, the maximum attenuation for waveguide IEC-R 100 and waveguides with larger dimensions shall not exceed 1,3 times the values calculated from the formula below at a frequency of 1,5 times the cut-off frequency. The values given in Table 3 are for waveguides made of copper with standard resistivity $\sigma_0 = 5,80 \times 10^7$ siemens/metre.

Calculations of attenuation shall be based on the following formula which does not apply for thinly plated surfaces:

Rectangular waveguide (TE₀₁ mode):

$$\alpha = 2,3272 \sqrt{\frac{\sigma_0}{\sigma}} \frac{1}{b\sqrt{a}} \frac{\left(\frac{f}{f_c}\right)^2 + \frac{2b}{a}}{\sqrt{\frac{f}{f_c}} \sqrt{\left(\frac{f}{f_c}\right)^2 - 1}} \quad \text{dB/m} \quad (1)$$

where

σ is the electrical conductivity of inside non-magnetic wall metal;

σ_0 is the electrical conductivity of International Annealed Copper Standard = $5,80 \times 10^7$ siemens/metre;

a is the inside width in millimetres;

b is the inside height in millimetres;

f_c is the cut-off frequency for TE₀₁ mode = 149,8/a GHz at 1 013,25 hPa, 23 °C and relative humidity = 50 % in air;

f is the frequency at which the attenuation is to be calculated.

For waveguides smaller than R 100, the maximum attenuation values remain for future study.

5.5 Additional tests – Gas tightness

Specification shall be conformed to the tests specified in IEC 60261.

Table 3 – Specification and attenuation constants (informative)

Type designation	Frequency range in GHz for dominant mode				Inside cross-section				Outside cross-section				Theoretical value of attenuation in dB/m for waveguide			
	Cut-off frequency	Minimum	Maximum	Recommended	Basic width a	Basic height b	Deviation of width and height $\pm$	Deviation of width and height $\pm$ of radius of corner r_1	Basic wall thickness t	Basic width a'	Basic height b'	Deviation of width and height $\pm$	Radius of corner r_2	At recommended frequency	For gold plated waveguide	At recommended frequency
60153 IEC	R 3	0.256	0.32	0.49	584.2	292.1	1.17	0.20	1.50	169.16	86.61	0.17	1	0.0013	0.00077	0.00084
	R 4	0.280	0.35	0.53	533.4	266.7	1.07	0.20	1.50	113.60	68.83	0.13	1	0.0014	0.00089	0.00097
	R 5	0.327	0.41	0.62	457.2	228.6	0.91	0.20	1.50	75.20	38.10	0.07	1	0.0018	0.0011	0.0012
	R 6	0.392	0.49	0.75	381	190.5	0.76	0.20	1.50	61.00	29.33	0.06	1	0.0022	0.0015	0.0016
	R 8	0.512	0.64	0.98	292.1	146.05	0.58	0.20	1.50	42.33	21.66	0.04	1	0.0032	0.0022	0.0024
	R 9	0.603	0.76	1.15	247.65	123.82	0.50	0.20	1.20	36.42	18.81	0.03	1	0.0041	0.0028	0.0031
	R 12	0.764	0.96	1.46	195.58	97.79	0.39	0.20	1.20	25.40	13.25	0.02	1	0.0058	0.0040	0.0044
	R 14	0.905	1.13	1.73	165.1	82.55	0.33	0.20	1.20	20.30	10.67	0.02	1	0.0076	0.0051	0.0044
	R 18	1.15	1.45	2.20	129.54	64.77	0.26	0.20	1.20	2.030	1.13	0.10	1	0.011	0.0074	0.0081
	R 22	1.37	1.72	2.61	109.22	54.61	0.22	0.20	1.20	2.030	1.13	0.10	1	0.014	0.0095	0.0105
60153 IEC	R 26	1.73	2.17	3.30	86.36	43.18	0.173	0.20	1.20	2.030	1.13	0.10	1	0.020	0.014	0.015
	R 32	2.07	2.60	3.95	72.14	34.04	0.144	0.20	1.20	2.030	1.13	0.10	1	0.027	0.019	0.020
	R 35	2.25	2.82	4.29	66.37	29.5	0.133	0.20	1.2	2.000	70.37	0.07	1	0.032	0.022	0.023
	R 41	2.62	3.29	5.00	57	25.33	0.114	0.20	1.2	2.000	61.00	0.06	1	0.040	0.028	0.030
	R 40	2.57	3.22	4.90	3.22	4.9	58.17	0.116	0.20	1.625	61.42	0.06	1	0.036	0.025	0.027
	R 48	3.14	3.94	5.99	47.548	22.149	0.095	0.20	0.80	1.625	50.80	0.05	1	0.051	0.035	0.039
	R 58	3.70	4.64	7.05	40.386	20.193	0.081	0.20	0.80	1.625	43.64	0.04	1	0.063	0.042	0.047
	R 70	4.29	5.38	8.17	34.849	15.799	0.070	0.20	0.80	1.625	38.10	0.03	1	0.083	0.057	0.063
	R 84	5.24	6.57	9.99	28.493	12.624	0.057	0.20	0.80	1.625	31.57	0.05	1	0.11	0.079	0.088
	R 100	6.54	8.20	12.5	22.88	10.16	0.046	0.20	0.80	1.270	25.40	0.05	1	0.16	0.11	0.12
60153 IEC	R 120	7.84	9.84	15.0	19.05	9.525	0.038	0.20	0.80	1.270	21.59	0.05	1	0.19	0.13	0.14
	R 140	9.46	11.9	18.0	15.799	7.899	0.031	0.20	0.40	1.015	17.83	0.05	1	0.25	0.17	0.18
	R 180	11.5	14.5	22.0	12.954	6.477	0.026	0.20	0.40	1.015	14.99	0.05	1	0.38	0.23	0.24
	R 220	14.0	17.6	26.7	10.668	4.318	0.021	0.20	0.40	1.015	12.70	0.05	1	0.52	0.37	0.38
	R 260	17.3	21.7	33.0	8.636	4.318	0.017	0.20	0.40	1.015	10.67	0.05	1	0.63	0.43	0.47
	R 320	21.0	26.3	40.0	7.112	3.558	0.014	0.20	0.40	1.015	9.14	0.05	1	0.83	0.57	0.63
	R 400	26.3	32.9	50.1	5.69	2.845	0.011	0.20	0.30	1.015	7.72	0.05	1	1.2	0.80	1.3
	R 500	31.3	39.2	59.6	4.775	2.388	0.010	0.20	0.30	1.015	6.81	0.05	1	1.5	1.0	1.7
	R 620	39.7	49.8	75.0	3.759	1.88	0.009	0.50	0.20	1.015	5.79	0.05	1	2.2	1.5	2.4
	R 740	48.2	60.5	90.0	3.0988	1.5494	0.008	0.50	0.15	1.015	5.13	0.05	1	3.3	2.0	3.3
60153 IEC	R 900	58.8	73.8	112	2.54	1.27	0.003	0.50	0.13	1.015	4.57	0.05	1	4.2	2.7	4.2
	R1.2K	73.5	92.2	140	2.032	1.016	0.010	0.50	0.10	0.760	3.556	0.025	1	5.8	3.8	5.4
	R1.4K	90.5	113	173	1.651	0.8255	0.008	0.50	0.083	0.760	3.175	0.025	1	8.1	5.2	8.9
	R1.8K	115	145	220	1.295	0.6475	0.006	0.50	0.065	0.760	2.819	0.025	1	12	7.4	13
	R2.2K	137	172	261	1.092	0.546	0.005	0.50	0.055	0.760	2.616	0.025	1	16	10.5	16
	R2.6K	173	217	330	0.864	0.432	0.004	0.50	0.043	0.760	2.388	0.025	1	19	14	21
	R3.2K	210	263	410	0.71	0.355	0.004	0.50	0.036	0.760	2.172	0.025	1	28	18	30
	R4K	262	328	511	0.57	0.285	0.003	0.50	0.029	0.760	1.956	0.025	1	37	25	41
	R5K	318	397	600	0.47	0.235	0.005	1.00	0.024	0.760	1.732	0.025	1	49	34	54
	R6.2K	393	491	767	0.38	0.19	0.004	1.00	0.019	0.760	1.549	0.025	1	67	46	73
60153 IEC	R7.4K	482	602	940	0.31	0.155	0.003	1.00	0.016	0.760	1.388	0.025	1	94	63	104
	R9K	598	747	1165	0.25	0.125	0.003	1.00	0.013	0.760	1.222	0.025	1	128	88	141
	R12K	747	934	1457	0.20	0.1	0.002	1.00	0.010	0.760	1.092	0.025	1	197	122	216
	R14K	911	1139	1777	0.164	0.082	0.002	1.00	0.0082	0.760	0.944	0.025	1	263	165	289
	R18K	1149	1437	2241	0.13	0.065	0.003	2.00	0.0065	0.760	0.760	0.025	1	365	232	401
	R22K	1410	1762	2749	0.106	0.053	0.002	2.00	0.0053	0.760	0.647	0.025	1	508	319	558
	R36K	1737	2172	3388	0.088	0.043	0.002	2.00	0.0043	0.760	0.549	0.025	1	624	432	685
	R48K	2172	2749	4320	0.065	0.032	0.002	2.00	0.0032	0.760	0.432	0.025	1	777	511	888
	R72K	2749	3388	5111	0.043	0.021	0.002	2.00	0.0021	0.760	0.321	0.025	1	1044	685	1165
	R108K	3388	4320	6851	0.032	0.016	0.002	2.00	0.0016	0.760	0.249	0.025	1	1411	944	1650

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION.....	17
1 Domaine d'application.....	18
2 Références normatives	18
3 Termes et définitions	18
4 Généralités.....	19
4.1 Types normalisés	19
4.2 Désignation de type	19
4.3 Plage de fréquences	19
5 Exigences mécaniques	19
5.1 Généralités	19
5.2 Dimensions	19
5.2.1 Généralités	19
5.2.2 Dimensions intérieures.....	19
5.2.3 Epaisseur des parois.....	20
5.2.4 Excentricité.....	20
5.2.5 Dimensions extérieures	20
5.2.6 Rectangularité de la section droite.....	21
5.3 Autres exigences mécaniques	21
5.3.1 Cintrage.....	21
5.3.2 Torsion	22
5.3.3 Rugosité de la surface	22
5.3.4 Contraintes internes.....	22
5.4 Essais électriques	22
5.4.1 Affaiblissement	22
5.5 Essais supplémentaires – Étanchéité au gaz	23
Tableau 1 – Ecart sur les dimensions d'ouverture	20
Tableau 2 – Ecart sur les dimensions extérieures	20
Tableau 3 – Spécification et constantes d'affaiblissement (informatif)	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDES D'ONDES METALLIQUES CREUX –

**Partie 2: Spécifications applicables relatives aux guides
d'ondes rectangulaires normaux**

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 60153-2 a été établie par le sous-comité 46F: Composants passifs pour hyperfréquences et radio fréquences, du comité d'études 46 de l'IEC: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1974. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) extension et révision de la plage de fréquences de fonctionnement pour les guides d'ondes;
- b) révision des tolérances sur les dimensions d'ouvertures;

- c) révision de la méthode d'essai des dimensions d'ouverture;
- d) révision des équations d'affaiblissement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
46F/303/CDV	46F/317/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60153, publiée sous le titre général *Guides d'ondes métalliques creux*, est disponible sur le site internet de l'IEC.

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

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

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

INTRODUCTION

La présente Norme internationale se rapporte aux tubes métalliques creux droits destinés à être utilisés comme guides d'ondes dans les équipements électroniques. Depuis quelques années, la fréquence de fonctionnement des composants et des systèmes à guide d'onde atteint ou dépasse 1 THz. Cependant, la première édition de la série de normes IEC 60153 ne spécifiait que la dimension de l'ouverture de guides d'ondes rectangulaires normaux pour des fréquences allant jusqu'à 325 GHz. De plus, la première édition de la série de normes IEC 60153, datant des années 1960, ne couvre pas les applications actuelles. Cette nouvelle édition de l'IEC 60153-2 traite ces deux points, en étendant la couverture de fréquence jusqu'à 3 300 GHz, et en prenant en compte les applications actuelles pour ce type de guides d'ondes.

GUIDES D'ONDES METALLIQUES CREUX –

Partie 2: Spécifications applicables relatives aux guides d'ondes rectangulaires normaux

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60153 spécifie des tubes métalliques creux droits de guides d'ondes rectangulaires normaux destinés à être utilisés comme guides d'ondes dans les équipements électroniques.

La présente norme a pour but de spécifier pour les guides d'ondes métalliques creux:

- a) les détails nécessaires pour assurer la compatibilité et, dès lors que c'est essentiel, l'interchangeabilité;
- b) les méthodes d'essai;
- c) les exigences uniformes concernant les propriétés électriques et mécaniques.

Il convient de noter qu'aucune recommandation n'est faite en ce qui concerne les matériaux à utiliser pour les guides d'ondes. Le choix des matériaux fait l'objet d'un accord entre le client et le fabricant.

Il convient de lire le présent document conjointement avec l'IEC 60153-1, qui donne des exigences générales et des méthodes d'essai.

2 Références normatives

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

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible sur <http://www.electropedia.org/>)

IEC 60153-1 :2016, *Guides d'ondes métalliques creux – Exigences générales et méthodes de mesure*

IEC 60261, *Essai d'étanchéité applicable aux guides d'ondes soumis à la pression et à leurs dispositifs d'assemblage*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-726 s'appliquent.

4 Généralités

4.1 Types normalisés

Les séries de guides d'ondes rectangulaires normaux couvertes par la présente publication sont indiquées dans le Tableau 1.

4.2 Désignation de type

Pour ces guides d'ondes, la désignation de type comprend:

- a) le code: 60153 IEC-R;
- b) un nombre caractérisant une taille donnée de guide d'ondes. Ce nombre exprime approximativement en multiples de 100 MHz la fréquence moyenne géométrique de la plage de fréquences recommandée;
- c) si le symbole "K" est utilisé pour indiquer un facteur de 1 000 (ce qu'il est supposé être), alors ce symbole a besoin d'être écrit en minuscule (c'est-à-dire "k"), qui signifie "kilo" dans le système SI. Cela concerne de nombreux noms de guides d'ondes donnés dans le Tableau 3 et ailleurs dans la présente norme.

Exemple:

"60153 IEC-R 100" représente un guide d'ondes rectangulaire normal de 22,860 mm × 10,160 mm (0,900 in × 0,400 in) d'usage général, dont la fréquence centrale dans le mode dominant est approximativement 10 GHz.

4.3 Plage de fréquences

La plage de fréquences que l'on peut retrouver dans le Tableau 1 est approximativement comprise entre 1,25 et 1,9 fois la fréquence de coupure dans le mode dominant. Pour certains types particuliers d'applications, la plage de fréquences de travail peut être plus petite ou plus grande que celle indiquée dans le tableau.

5 Exigences mécaniques

5.1 Généralités

Il convient de noter qu'aucune recommandation n'est faite en ce qui concerne les matériaux à utiliser pour les guides d'ondes. Le choix des matériaux doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fabricant.

5.2 Dimensions

5.2.1 Généralités

Les séries de guides d'ondes rectangulaires normaux couvertes par la présente publication sont indiquées dans le Tableau 1.

5.2.2 Dimensions intérieures

Les valeurs nominales concernant la hauteur et la largeur de l'ouverture des guides d'ondes, ainsi que les écarts maximaux admissibles de ces valeurs nominales, sont spécifiées dans le Tableau 3.

Les écarts tant sur la largeur que sur la hauteur de l'ouverture des guides d'ondes sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Ecart sur les dimensions d'ouverture

Plage de tailles	Ecart $\pm$ (%) de a
R 3 – R 500	0,2
R 620 – R 4K	0,5
R 5K – R 14K	1,0
R 18K – R 36K	2,0

Bien que des difficultés aient été rencontrées lors de la fabrication de guides d'ondes satisfaisant à ces exigences d'écarts, de faibles variations par rapport à ces écarts ne créent pas, dans la pratique, d'importants problèmes de discontinuité électrique, sauf aux extrémités du guide d'ondes.

Pour réaliser une adaptation électrique satisfaisante, il est généralement nécessaire d'utiliser un outil de dimensionnement de l'ouverture du guide d'ondes après le montage de la bride.

Lorsque des guides d'ondes de longueurs précises sont exigés pour la fabrication de composants critiques, une pratique industrielle courante consiste à passer un mandrin de calibrage dans toute la longueur de courtes sections de guides d'ondes.

5.2.3 Epaisseur des parois

Les valeurs de base spécifiées dans le Tableau 3 sont conformes aux règles suivantes:

L'épaisseur de base des parois est définie comme la moitié de la différence entre les dimensions de base extérieures et intérieures, exprimées dans leur système d'unités original.

Les valeurs converties en millimètres (mm) à partir des valeurs en pouces (in) ont été arrondies au plus près à 0,005 mm.

5.2.4 Excentricité

L'excentricité est définie comme étant la moitié de la différence entre l'épaisseur mesurée sur des parois opposées. Sauf spécification contraire, l'excentricité ne doit pas dépasser 10 % de l'épaisseur de base des parois. Pour la détermination de l'excentricité, les épaisseurs doivent être mesurées là où les résultats sont les plus défavorables.

5.2.5 Dimensions extérieures

Les valeurs de base et les écarts sont spécifiés au Tableau 2.

Les valeurs des écarts des dimensions extérieures sont également données dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Ecart sur les dimensions extérieures

Plage de tailles	Ecart $\pm$
R12 et dimensions plus grandes	Pour étude ultérieure
R 14 – R 70	0,10 % de la largeur intérieure de base
R 84 – R 900	0,05 mm
R 1.2K – R 2.6K	0,025 mm
R 3.2K – R 36K	Si nécessaire

Aucune dimension extérieure n'a été spécifiée pour certaines des tailles les plus grandes en raison des diverses techniques de fabrication utilisées.

Le rayon des coins extérieurs (r_2) doit être compris dans les limites suivantes:

$$r_{2\min} = 0,5 t$$

$$r_{2\max} = r_{2\min} + 0,5 \text{ mm}$$

où t est l'épaisseur de base des parois.

5.2.6 Rectangularité de la section droite

Les exigences dimensionnelles des Paragraphes 5.2.2 et 5.2.5 ne permettent pas de contrôler la rectangularité de la section droite.

L'écart permis pour la rectangularité est défini par les exigences selon lesquelles la forme de la section droite intérieure (extérieure) doit être telle que la section droite intérieure (extérieure) réelle puisse s'inscrire dans l'aire comprise entre le rectangle intérieur (extérieur) minimal et le rectangle intérieur (extérieur) maximal spécifiés. Une méthode appropriée de vérification de la rectangularité est donnée ci-dessous à titre d'exemple.

a) Pour la section droite intérieure

Un bloc ayant les dimensions spécifiées ci-dessous doit passer à travers le guide sans entrave.

En tirant le bloc à travers le guide d'ondes, les précautions nécessaires doivent être prises pour le maintenir exactement perpendiculaire à l'axe du guide d'ondes.

Pour les dimensions des blocs, les règles suivantes s'appliquent:

- dimensions nominales de la section droite: l'ouverture nominale du guide d'ondes moins 1,1 fois l'écart;
- écart sur les dimensions nominales la section droite intérieure: +0, – 0,1 fois l'écart sur l'ouverture du guide d'ondes;
- perpendicularité des côtés: ne doivent pas s'écarter de plus de 3×10^{-4} radians de l'angle droit;
- longueur: 0,2 fois la largeur intérieure du guide d'ondes.

b) Pour la section droite extérieure

La section droite extérieure doit être telle qu'il soit possible de passer le guide à travers un calibre standard ayant une ouverture rectangulaire spécifiée ci-après.

Pour les dimensions de l'ouverture, les règles suivantes sont appliquées:

- dimensions nominales de la section droite: section droite extérieure nominale du guide d'ondes plus 1,1 fois l'écart;
- écart sur les dimensions nominales de la section droite: –0, +0,1 fois l'écart de la section droite extérieure nominale du guide d'ondes;
- perpendicularité des côtés: ne doivent pas s'écarter de plus de 3×10^{-4} radians de l'angle droit.

5.3 Autres exigences mécaniques

5.3.1 Cintrage

Le cintrage est défini par l'écart maximal de l'axe réel du guide d'ondes par rapport à une ligne droite de longueur spécifiée joignant deux points de cet axe.

Le cintrage est mesuré sur la surface extérieure du guide d'ondes. Pour une longueur égale à 10 fois la largeur intérieure, le cintrage extérieur ne doit pas être supérieur à 10 fois l'écart spécifié pour la largeur intérieure.

Pour une longueur égale à 50 fois la largeur intérieure, le cintrage extérieur ne doit pas être supérieur à 40 fois l'écart spécifié pour la largeur intérieure.

Pour la détermination du cintrage extérieur, le guide d'ondes doit être positionné de telle sorte que la pesanteur n'affecte pas le cintrage naturel.

5.3.2 Torsion

La torsion est définie par la rotation, sur une longueur spécifiée, d'une section droite du guide d'ondes autour de l'axe longitudinal.

Le taux de torsion ne doit pas dépasser:

- 0,50 par mètre pour les guides d'ondes de largeur intérieure égale ou supérieure à 100 mm,
- 0,50 par longueur de guide d'ondes égale à 10 fois la largeur intérieure pour des guides d'ondes de largeur intérieure inférieure à 100 mm.

Pour une longueur égale à 50 fois la largeur intérieure du guide d'ondes, la torsion accumulée ne doit pas dépasser 2°. Il convient que le sens de la torsion ne soit pas systématique dans un lot de guides d'ondes.

5.3.3 Rugosité de la surface

A l'étude.

5.3.4 Contraintes internes

Les tubes de guides d'ondes doivent être coupés au moyen d'une scie. Le processus de coupe doit être soigneusement contrôlé pour éviter les distorsions provenant de la coupe, et il est recommandé d'utiliser une scie mince travaillant à grande vitesse. Après la coupe, la section droite du tube de guide d'ondes doit toujours satisfaire aux écarts spécifiés.

5.4 Essais électriques

5.4.1 Affaiblissement

L'affaiblissement d'une longueur appropriée d'un tube de guides d'ondes doit être mesuré à une fréquence égale à 1,5 fois la fréquence de coupure pour les guides d'ondes rectangulaires. La précision de cette mesure doit être à $\pm 10\%$ de la valeur exigée en dB.

Sauf spécification contraire, l'affaiblissement maximal pour le guide d'ondes IEC-R 100 et les guides d'ondes de dimensions supérieures ne doit pas dépasser 1,3 fois les valeurs calculées par la formule ci-après, à une fréquence égale à 1,5 fois la fréquence de coupure. Les valeurs données dans le Tableau 3 sont valables pour des guides d'ondes réalisés en cuivre de conductivité normalisée $\sigma_0 = 5,80 \times 10^7$ siemens/mètre.

Les calculs de l'affaiblissement doivent être basés sur la formule suivante qui ne s'applique pas aux surfaces présentant un placage mince:

Guide d'onde rectangulaire (mode TE_{01}):

$$\alpha = 2,3272 \sqrt{\frac{\sigma_0}{\sigma}} \frac{1}{b\sqrt{a}} \frac{\left(\frac{f}{f_c}\right)^2 + \frac{2b}{a}}{\sqrt{\frac{f}{f_c}} \sqrt{\left(\frac{f}{f_c}\right)^2 - 1}} \text{ dB/m} \quad (1)$$

où

σ est la conductivité électrique du métal non magnétique de la paroi intérieure;

σ_0 est la conductivité électrique égale à 100 % IACS (*International Annealed Copper Standard*) = $5,80 \times 10^7$ siemens/mètre;

a est la largeur intérieure en millimètres;

b est la hauteur intérieure en millimètres;

f_c est la fréquence de coupure pour le mode $TE_{01} = 149,8/a$ GHz à 1 013,25 hPa, à 23 °C et à une humidité relative de 50 % dans l'air;

f est la fréquence à laquelle l'affaiblissement doit être calculé.

Pour les guides d'ondes de dimensions plus petites que R 100, les valeurs de l'affaiblissement maximal seront étudiées ultérieurement.

5.5 Essais supplémentaires – Étanchéité au gaz

La spécification doit être conforme aux essais spécifiés dans l'IEC 60261.

Tableau 3 – Spécification et constantes d'affaiblissement (informatif)

Designation du type	Plage de fréquences en GHz pour le mode dominant				Section droite interne				Section droite externe				Valeur théorique de l'affaiblissement (en dBm) pour les guides d'ondes			
	Fréquence de coupure	Minimum	Maximum	Recommandée	Largeur de base a	Hauteur de base b	Ecart sur la largeur et la hauteur ±	Ecart sur la largeur et la hauteur ± l'hauteur de base a	Ecart sur la largeur et la hauteur ± l'hauteur de base a	Largeur de base a	Hauteur de base b	Ecart sur la largeur et la hauteur ± l'hauteur de base a	Pour les guides d'ondes en aluminium		Pour les guides d'ondes en acier inoxydable	
													A la fréquence minimum recommandée	A la fréquence maximum recommandée	A la fréquence minimum recommandée	A la fréquence maximum recommandée
CEI 60153	R 3	0,256	0,32	0,49	584,2	292,1	1,17	0,20	1,50	2,030	169,16	86,61	0,0011	0,00077	0,0013	0,00084
	R 4	0,280	0,35	0,53	533,4	266,7	1,07	0,20	1,50	2,030	113,60	68,83	0,0013	0,00089	0,0014	0,00097
	R 5	0,327	0,41	0,62	457,2	228,6	0,91	0,20	1,50	2,030	75,20	38,10	0,0016	0,0011	0,0018	0,0012
	R 6	0,392	0,49	0,75	381	190,5	0,76	0,20	1,50	2,000	70,37	33,50	0,0022	0,0015	0,0024	0,0016
	R 8	0,512	0,64	0,98	292,1	146,05	0,56	0,20	1,50	1,2	2,000	61,00	0,0022	0,0022	0,0035	0,0024
	R 9	0,603	0,76	1,15	247,65	123,82	0,50	0,20	1,20	1,625	61,42	32,33	0,0041	0,0028	0,0045	0,0031
	R 12	0,764	0,96	1,46	195,58	97,79	0,39	0,20	1,20	2,030	90,42	47,24	0,0058	0,0040	0,0064	0,0044
	R 14	0,905	1,13	1,73	165,1	82,55	0,33	0,20	1,20	2,030	86,61	47,24	0,0076	0,0058	0,0084	0,0064
	R 18	1,15	1,45	2,20	129,54	64,77	0,26	0,20	1,20	2,030	113,60	68,83	0,011	0,0074	0,012	0,0081
	R 22	1,37	1,72	2,61	109,22	54,61	0,22	0,20	1,20	2,030	113,60	68,83	0,014	0,0095	0,015	0,0105
IEC	R 26	1,73	2,17	3,30	86,36	43,18	0,173	0,20	1,20	2,030	90,42	47,24	0,020	0,014	0,022	0,015
	R 32	2,07	2,60	3,95	72,14	34,04	0,144	0,20	1,20	2,030	75,20	38,10	0,027	0,019	0,030	0,020
	R 35	2,25	2,82	4,29	66,37	29,5	0,133	0,20	1,2	2,000	70,37	33,50	0,032	0,022	0,035	0,024
	R 41	2,62	3,29	5,00	51	25,33	0,114	0,20	1,2	2,000	61,00	29,33	0,040	0,028	0,044	0,030
	R 40	2,57	3,22	4,90	58,17	29,08	0,116	0,20	1,20	1,625	61,42	32,33	0,036	0,025	0,040	0,027
	R 48	3,14	3,94	5,99	47,549	22,149	0,095	0,20	0,80	1,625	50,80	25,40	0,051	0,035	0,056	0,039
	R 58	3,70	4,64	7,05	40,386	20,193	0,081	0,20	0,80	1,625	43,84	23,44	0,063	0,042	0,069	0,047
	R 70	4,29	5,36	8,17	34,849	15,998	0,070	0,20	0,80	1,625	38,10	19,05	0,083	0,057	0,091	0,063
	R 84	5,24	6,57	9,99	28,499	12,624	0,057	0,20	0,80	1,625	31,57	15,88	0,11	0,079	0,13	0,086
	R 100	6,54	8,20	12,5	22,86	10,16	0,046	0,20	0,80	1,270	25,40	12,70	0,16	0,11	0,17	0,12
IEC	R 120	7,84	9,84	15,0	19,05	9,525	0,038	0,20	0,80	1,270	21,59	12,06	0,19	0,13	0,21	0,14
	R 140	9,46	11,9	18,0	15,799	7,899	0,031	0,20	0,40	1,015	17,83	9,93	0,25	0,17	0,28	0,19
	R 160	11,5	14,5	22,0	12,954	6,477	0,026	0,20	0,40	1,015	14,99	8,51	0,34	0,23	0,36	0,26
	R 220	14,0	17,6	26,7	10,868	4,318	0,021	0,20	0,40	1,015	12,70	6,35	0,52	0,37	0,58	0,41
	R 260	17,3	21,7	33,0	8,636	4,318	0,017	0,20	0,40	1,015	10,67	6,35	0,63	0,43	0,69	0,47
	R 320	21,0	26,3	40,0	7,112	3,556	0,014	0,20	0,30	1,015	9,14	5,59	0,85	0,57	0,936	0,63
	R 400	26,3	32,9	50,1	5,69	2,845	0,011	0,20	0,30	1,015	7,72	4,88	1,2	0,80	1,3	0,88
	R 500	31,3	39,2	59,6	4,775	2,388	0,010	0,20	0,30	1,015	6,81	4,42	1,5	1,0	1,7	1,1
	R 620	39,7	49,8	75,8	3,759	1,88	0,019	0,50	0,20	1,015	5,79	3,91	2,2	1,5	2,4	1,6
	R 740	48,2	60,5	91,9	3,0988	1,5494	0,015	0,50	0,15	1,015	5,13	3,58	3,0	2,0	3,3	2,2
IEC	R 900	58,8	73,8	112	2,54	1,27	0,013	0,50	0,13	1,015	4,57	3,00	3,8	2,7	4,2	3,0
	R 1 2K	73,5	92,2	140	2,032	1,016	0,010	0,50	0,10	0,760	3,556	2,540	5,8	3,6	6,4	4,1
	R 1 4K	80,5	113	173	1,651	0,8255	0,008	0,50	0,083	0,760	3,175	2,350	8,1	5,2	8,9	5,7
	R 1 8K	115	145	220	1,295	0,6475	0,006	0,50	0,065	0,760	2,819	2,172	12	7,4	13	8,1
	R 2 2K	137	172	261	1,092	0,546	0,005	0,50	0,055	0,760	2,616	2,070	14	9,5	16	10,5
	R 2 6K	173	217	330	0,864	0,432	0,004	0,50	0,043	0,760	2,388	1,956	19	14	21	15
	R 3 2K	210	263	410	0,71	0,355	0,004	0,50	0,036	0,760	2,172	1,720	28	18	30	20
	R 4 K	262	328	511	0,57	0,285	0,003	0,50	0,029	0,760	2,070	1,620	37	25	41	28
	R 5 K	318	397	600	0,47	0,235	0,005	1,00	0,024	0,760	1,956	1,511	49	34	54	37
	R 6 2K	393	491	767	0,38	0,19	0,004	1,00	0,019	0,760	1,840	1,400	67	46	73	51
IEC	R 7 4K	482	602	940	0,31	0,155	0,003	1,00	0,016	0,760	1,720	1,280	94	63	104	70
	R 8 K	598	747	1165	0,25	0,125	0,003	1,00	0,013	0,760	1,620	1,180	128	88	141	97
	R 12K	747	934	1457	0,2	0,1	0,002	1,00	0,010	0,760	1,511	1,070	197	122	216	134
	R 14K	911	1139	1777	0,164	0,082	0,002	1,00	0,0082	0,760	1,400	1,000	263	165	289	181
	R 18K	1149	1437	2241	0,13	0,065	0,003	2,00	0,0065	0,760	1,280	0,940	365	232	401	254
	R 22K	1410	1762	2749	0,106	0,053	0,002	2,00	0,0053	0,760	1,180	0,850	508	319	558	350
	R 38K	1737	2172	3398	0,088	0,043	0,002	2,00	0,0043	0,760	1,070	0,760	824	432	685	474

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch