IEC 61000-4-20

Edition 3.0 2022-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides

Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans les guides d'onde TEM

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.100.20

ISBN 978-2-8322-1083-0

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 7
INTRODUCTION 9
1 Scope 10
2 Normative references 11
3 Terms, definitions and abbreviated terms 11
3.1 Terms and definitions 11
3.2 Abbreviated terms 14
4 General 15
5 TEM waveguide requirements 15
5.1 General 15
5.2 General requirements for the use of TEM waveguides 16
5.2.1 Test volume and maximum EUT size 16
5.2.2 Validation of usable test volume 16
5.3 Special requirements and recommendations for certain types of TEM waveguides 23
5.3.1 Set-up of open TEM waveguides 23
5.3.2 Alternative TEM mode verification for a two-port TEM waveguide 23
5.3.3 TEM mode generation for a four-port TEM waveguide 23
5.4 Figures for Clause 5 24
6 Overview of EUT types 26
6.1 General 26
6.2 Small EUT 26
6.3 Large EUT 26
7 Laboratory test conditions 26
7.1 General 26
7.2 Climatic conditions 26
7.3 Electromagnetic conditions 26
8 Evaluation and reporting of test results 27
Annex A (normative) Emission measurements in TEM waveguides 28
A.1 Overview 28
A.2 Test equipment 28
A.3 Correlating TEM waveguide voltages to electric field strength data 28
A.3.1 General 28
A.3.2 Correlation algorithms 29
A.4 Emission measurement correction factors 33
A.4.1 Reference emission sources 33
A.4.2 Arrangement of small EUTs 34
A.4.3 Calculation of the small EUT correction factor 34
A.5 Emission measurement procedures in TEM waveguides 37
A.5.1 EUT types 37
A.5.2 EUT arrangement 37
A.6 Test report 38
A.7 Figures for Annex A 39
Annex B (normative) Immunity testing in TEM waveguides 44
B.1 Overview 44
B.2 Test equipment 44

B.2.1 General 44
B.2.2 Description of the test facility 44
B.3 Field uniformity area calibration 45
B.4 Test levels 45
B.5 Test set-up 45
B.5.1 Arrangement of table-top equipment 45
B.5.2 Arrangement of floor-standing equipment 46
B.5.3 Arrangement of wiring 46
B.6 Test procedures 46
B.7 Test results and test report 46
B.8 Figures for Annex B 47
Annex C (normative) HEMP transient testing in TEM waveguides 49
C.1 Overview 49
C.2 Immunity tests 49
C.2.1 General 49
C.2.2 Radiated test facilities 50
C.2.3 Frequency domain spectrum requirements 51
C.3 Test equipment 51
C.4 Test set-up 52
C.5 Test procedure 52
C.5.1 General 52
C.5.2 Severity level and test exposures 53
C.5.3 Test procedure 53
C.5.4 Test execution 54
C.5.5 Execution of the radiated immunity test 54
C.6 Figure for Annex C 55
Annex D (informative) TEM waveguide characterization 56
D.1 Overview 56
D.2 Distinction between wave impedance and characteristic impedance 56
D.3 TEM wave 57
D.3.1 General 57
D.3.2 Free-space TEM mode 57
D.3.3 Waveguides 57
D.4 Wave propagation 58
D.4.1 General 58
D.4.2 Spherical propagation 58
D.4.3 Plane wave propagation in free space 58
D.4.4 Velocity of propagation 58
D.5 Polarization 58
D.6 Types of TEM waveguides 59
D.6.1 General 59
D.6.2 Open TEM waveguides (striplines, etc.) 60
D.6.3 Closed TEM waveguides (TEM cells) 60
D.7 Frequency limitations 60
D.8 Figures for Annex D 61
Annex E (informative) Calibration method for E-field probes in TEM waveguides 69
E.1 Overview 69
E.2 Probe calibration requirements 69
E.2.1 General 69

E.2.2 Calibration frequency range 69
E.2.3 Calibration volume 70
E.2.4 Probe dimensions 70
E.2.5 Perturbations of TEM waveguide fields due to the probe 70
E.2.6 Frequency steps 71
E.2.7 Field strength 71
E.3 Requirements for calibration instrumentation 71
E.3.1 Specifications of TEM waveguide 71
E.3.2 Harmonics and spurious signals 72
E.3.3 Probe fixture 72
E.3.4 Measuring net power to a transmitting device using directional couplers 72
E.4 E-field probe calibration 73
E.4.1 Calibration methods 73
E.4.2 Calibration procedure using a two-port TEM waveguide 73
E.4.3 Calibration procedure using one-port TEM waveguide 74
E.5 Figures for Annex E 77
Annex F (informative) Instrumentation uncertainty of emission measurement results 79
F.1 Radiated disturbance measurements using a TEM waveguide 79
F.1.1 Measurand for radiated disturbance measurements using a TEM waveguide 79
F.1.2 Symbols of input quantities common to all disturbance measurements 79
F.1.3 Symbols of input quantities specific to TEM waveguide measurements 79
F.2 Input quantities to be considered for radiated disturbance measurements using a TEM waveguide 79
F.3 Uncertainty budget and rationale for the input quantities for radiated disturbance measurements using a TEM waveguide 80
F.3.1 Uncertainty budget for radiated disturbance measurements using a TEM waveguide 80
F.3.2 Rationale for the estimates of input quantities for radiated disturbance measurements using a TEM waveguide 81
F.4 Figures for Annex F 87
Annex G (informative) Measurement uncertainty of immunity testing due to test instrumentation 89
G.1 General symbols 89
G.2 Symbol and definition of the measurand 89
G.3 Symbols for input quantities 89
G.4 Example: Uncertainty budget for immunity test 89
G.5 Rationale for the estimates of input quantities 90
Annex H (informative) Correlation of emission and immunity limits between EMC test facilities 93
H.1 Overview 93
H.2 Dipole in free space (representing FAR set-up) 93
H.3 Dipole in half space (representing OATS or SAC set-up) 95
H.4 Dipole in a TEM-mode transmission line 96
H.5 Dipole in a reverberation chamber 97
H.6 Correlation 98
H.7 Example of emission limits 99
H.8 Figures for Annex H 100
Annex I (informative) TEM waveguide transient characterization 103
I.1 Overview 103

I.2 Test equipment 103
I.3 Test set-up 103
I.4 TEM waveguide characterization by correlation 104
I.5 Quantification of the Pcc 105
I.6 Performable transient test signals 105
I.7 Figures for Annex I 106
Bibliography 108

Figure 1 – Flowchart of TEM mode and field uniformity verification procedure with the "constant forward power" method (see 5.2.2.4.1) 24
Figure 2 – Flowchart of TEM mode and field uniformity verification procedure with the "constant field strength" method (see 5.2.2.4.2) 25
Figure A.1 – Routing the exit cable to the corner at the ortho-angle and the lower edge of the test volume in a TEM waveguide (see A.5.2) 39
Figure A.2 – Basic ortho-axis EUT positioner or manipulator (see 3.1.13, A.4.2, A.5.1.2, A.5.2) 40
Figure A.3 – Die pattern and axis alignment for an EUT [26] (see A.3.2.3.2) 41
Figure A.4 – Non-redundant twelve-face and axis orientations for a typical EUT [26] (see A.3.2.3.2) 42
Figure A.5 – Open-area test site (OATS) emission measurements geometry (see A.3.2.4) 43
Figure B.1 – Example of test set-up for single-polarization TEM waveguide (see Clause B.5) 47
Figure B.2 – Uniform area calibration points in a TEM waveguide (see Clause B.3) 48
Figure C.1 – Pulse waveform frequency domain spectral magnitude between 100 kHz and 300 MHz (see C.2.1) 55
Figure D.1 – Simple waveguide (no TEM mode) (see D.3.3) 61
Figure D.2 – Example of waveguides supporting TEM-mode propagation (see D.3.3) 61
Figure D.3 – E-field polarization vector (see Clause D.5) 61
Figure D.4 – Simple transmission line model for TEM mode propagation (see D.6.1) 62
Figure D.5 – One- and two-port TEM waveguide concepts (see D.6.1) 62
Figure D.6 – Operation of four-port TEM waveguides (see D.6.1) 62
Figure D.7 – Two-port TEM cell (symmetric septum) (see D.6.1 and D.6.3) 63
Figure D.8 – One-port TEM cell (asymmetric septum) (see D.6.1 and D.6.3) 64
Figure D.9 – Stripline (two plates) (see D.6.1 and D.6.2) 66
Figure D.10 – Stripline (four plates, balanced feed) (see D.6.1) 67
Figure D.11 – Four-port TEM waveguide (symmetric parallel septa) (see D.6.1 and D.6.3) 68
Figure E.1 – Example of test points for calibration volume validation (see E.2.3) 77
Figure E.2 – Set-up for validation of probe perturbation (see E.2.5) 77
Figure E.3 – Set-up for measuring net power to a transmitting device (not to scale) (see E.3.4) 77
Figure E.4 – Example set-up for E-field probe calibration with two-port TEM waveguide (see E.4.2) 78
Figure E.5 – Example set-up for E-field probe calibration with one-port TEM waveguide and alternative method (see E.4.3.2) 78
Figure E.6 – Equivalent circuit of monopole antenna and measuring apparatus (see E.4.3.3) 78

Figure F.1 – Deviation of the QP detector level indication from the signal level at receiver input for two cases, a sine-wave signal and an impulsive signal with a pulse repetition frequency of 100 Hz 87

Figure F.2 – Deviation of the peak detector level indication from the signal level at receiver input for two cases, a sine-wave signal and an impulsive signal with a pulse repetition frequency of 100 Hz 88

Figure H.1 – Representation of a short centre-fed dipole and a more general source representing an EUT (see Clause H.2) 100

Figure H.2 – Vertical source and receiving dipoles located over a perfectly-conducting ground plane of infinite extent (see Clause H.3) 100

Figure H.3 – Two types of TEM cells with a vertically polarized dipole source and the source to receive port geometry defined (see Clause H.4) 101

Figure H.4 – Reverberation chamber with a source dipole, a stirrer to randomize the fields, and a general receive antenna (see Clause H.5) 101

Figure H.5 – TEM waveguide Class A and Class B emission limits correlated from CISPR 32 [68] (see Clause H.7) 102

Figure I.1 – Test set-up 106

Figure I.2 – Signal windowing 107

Figure I.3 – Example of a heatmap – Pcc for a test point in the uniform area 107

Table 1 – Values k for expanded uncertainty with normal distribution 18

Table B.1 – Uniform area calibration points 45

Table B.2 – Test levels 45

Table C.1 – Radiated immunity test levels defined for this document 50

Table E.1 – Calibration frequencies 71

Table E.2 – Calibration field strength level 71

Table F.1 – Uncertainty budget for radiated disturbance measurement results using a TEM waveguide from 30 MHz to 1 000 MHz (example) 80

Table F.2 – Uncertainty budget for radiated disturbance measurement results using a TEM waveguide from 1 GHz to 6 GHz (example) 81

Table F.3 – Values of S_{lim} for 30 MHz to 1 000 MHz 83

Table F.4 – Values of S_{lim} for 1 GHz to 6 GHz 84

Table G.1 – Example uncertainty budget of the immunity test level 90

Table H.1 – Summary of the emission correlation parameters 99

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) 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 61000-4-20 has been prepared by subcommittee 77B: High frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility, in cooperation with CISPR (International Special Committee on Radio Interference) subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

It forms Part 4-20 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

a) provide information on the testing of large EUTs (including cables);

b) apply the work on measurement uncertainties by adapting the work completed in CISPR and TC 77 (for emissions and immunity);

c) update the validation procedure for the test volume regarding field uniformity and TEM mode verification;

d) provide information concerning two-port and four-port TEM waveguides;

e) add a new informative annex (Annex I) dealing with transient TEM waveguide characterization; and

f) add information dealing with dielectric test stands for EUTs.

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

Draft	Report on voting
77B/853/FDIS	77B/855/RVD

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

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

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

A list of all parts of the IEC 61000 series, published under the general title *Electromagnetic compatibility (EMC)*, 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 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.

INTRODUCTION

IEC 61000 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

Immunity limits (in so far as they do not fall under the responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as International Standards, Technical Specifications or Technical Reports, some of which have already been published as sections. Others are and will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: IEC 61000-6-1).

This part is an International Standard which gives emission, immunity and HEMP and IEMI transient testing requirements.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides

1 Scope

This part of IEC 61000 focuses on emission and immunity test methods for electrical and electronic equipment using various types of transverse electromagnetic (TEM) waveguides. These types include open structures (for example striplines and electromagnetic pulse simulators) and closed structures (for example TEM cells). These structures can be further classified as one-port, two-port, or multi-port TEM waveguides. The frequency range depends on the specific testing requirements and the specific TEM waveguide type.

The object of this document is to describe

– TEM waveguide characteristics, including typical frequency ranges and equipment-under-test (EUT) size limitations;

– TEM waveguide validation methods for electromagnetic compatibility (EMC) tests;

– the EUT (i.e. EUT cabinet and cabling) definition;

– test set-ups, procedures, and requirements for radiated emission measurements in TEM waveguides; and

– test set-ups, procedures, and requirements for radiated immunity testing in TEM waveguides.

NOTE Test methods are defined in this document to measure the effects of electromagnetic radiation on equipment and the electromagnetic emissions from the equipment concerned. The simulation and measurement of electromagnetic radiation is not adequately exact for the quantitative determination of effects for all end-use installations. The test methods defined are structured for a primary objective of establishing adequate reproducibility of results at various test facilities for qualitative analysis of effects.

This document does not intend to specify the tests to be applied to any particular apparatus or system(s). The main intention of this document is to provide a general basic reference for all interested product committees of the IEC. For radiated emission measurements, product committees select emission limits and measurement methods in consultation with CISPR standards. For radiated immunity testing, product committees remain responsible for the appropriate choice of immunity tests and immunity test limits to be applied to equipment within their scope. This document describes test methods that are separate from those of IEC 61000-4-3 [34].[1]

---

[1] Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

These other distinct test methods may be used when so specified by product committees, in consultation with CISPR and TC 77.

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 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 161: Electromagnetic compatibility*

CISPR 16-1-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

CISPR 16-1-4, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas and test sites for radiated disturbance measurements*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 119
INTRODUCTION 121
1 Domaine d'application 122
2 Références normatives 122
3 Termes, définitions et termes abrégés 123
3.1 Termes et définitions 123
3.2 Termes abrégés 126
4 Généralités 127
5 Exigences concernant les guides d'onde TEM 128
5.1 Généralités 128
5.2 Exigences générales pour l'utilisation des guides d'onde TEM 128
5.2.1 Volume d'essai et taille maximale de l'EUT 128
5.2.2 Validation du volume d'essai utilisable 129
5.3 Exigences et recommandations spéciales pour certains types de guides d'onde TEM 135
5.3.1 Montage de guides d'onde TEM ouverts 135
5.3.2 Autre vérification du mode TEM pour un guide d'onde TEM à deux accès 136
5.3.3 Génération du mode TEM pour un guide d'onde TEM à quatre accès 136
5.4 Figures de l'Article 5 137
6 Vue d'ensemble des types d'EUT 139
6.1 Généralités 139
6.2 EUT de petite taille 139
6.3 EUT de grande taille 139
7 Conditions d'essai en laboratoire 139
7.1 Généralités 139
7.2 Conditions climatiques 139
7.3 Conditions électromagnétiques 139
8 Évaluation et consignation des résultats d'essai 140
Annex A (normative) Mesurages des émissions dans les guides d'onde TEM 141
A.1 Aperçu 141
A.2 Matériel d'essai 141
A.3 Corrélation des tensions des guides d'onde TEM avec les données d'amplitude du champ électrique 142
A.3.1 Généralités 142
A.3.2 Algorithmes de corrélation 142
A.4 Facteurs de correction des mesures d'émission 147
A.4.1 Sources d'émission de référence 147
A.4.2 Installation des EUT de petite taille 148
A.4.3 Calcul du facteur de correction pour les EUT de petite taille 148
A.5 Procédures de mesure des émissions dans les guides d'onde TEM 150
A.5.1 Type d'EUT 150
A.5.2 Montage de l'EUT 151
A.6 Rapport d'essai 152
A.7 Figures de l'Annex A 153
Annex B (normative) Essais d'immunité dans les guides d'onde TEM 158

B.1 Aperçu 158
B.2 Matériel d'essai 158
B.2.1 Généralités 158
B.2.2 Description de l'installation d'essai 158
B.3 Étalonnage de la zone d'uniformité du champ 159
B.4 Niveaux d'essai 159
B.5 Montage d'essai 159
B.5.1 Installation des équipements de table 159
B.5.2 Installation des équipements posés au sol 160
B.5.3 Installation du câblage 160
B.6 Procédures d'essai 160
B.7 Résultats et rapport d'essai 161
B.8 Figures de l'Annex B 161
Annex C (normative) Essais de transitoires IEM-HA dans les guides d'onde TEM 163
C.1 Aperçu 163
C.2 Essais d'immunité 163
C.2.1 Généralités 163
C.2.2 Installations d'essai pour les perturbations rayonnées 164
C.2.3 Exigences du spectre dans le domaine fréquentiel 165
C.3 Matériel d'essai 165
C.4 Montage d'essai 166
C.5 Procédure d'essai 166
C.5.1 Généralités 166
C.5.2 Niveau de sévérité et expositions d'essai 167
C.5.3 Procédure d'essai 167
C.5.4 Exécution de l'essai 168
C.5.5 Exécution de l'essai d'immunité aux perturbations rayonnées 169
C.6 Figure de l'Annex C 169
Annex D (informative) Caractérisation des guides d'onde TEM 170
D.1 Aperçu 170
D.2 Distinction entre impédance d'onde et impédance caractéristique 170
D.3 Onde TEM 171
D.3.1 Généralités 171
D.3.2 Mode TEM en espace libre 171
D.3.3 Guides d'onde 171
D.4 Propagation d'onde 172
D.4.1 Généralités 172
D.4.2 Propagation sphérique 172
D.4.3 Propagation d'onde plane en espace libre 172
D.4.4 Vitesse de propagation 172
D.5 Polarisation 172
D.6 Types de guides d'onde TEM 173
D.6.1 Généralités 173
D.6.2 Guides d'onde TEM ouverts (lignes ouvertes, etc.) 174
D.6.3 Guides d'onde TEM fermés (cellules TEM) 174
D.7 Limitations de fréquence 174
D.8 Figures de l'Annex D 175
Annex E (informative) Méthode d'étalonnage pour les sondes de champ électrique dans les guides d'onde TEM 183

E.1 Aperçu 183
E.2 Exigences pour l'étalonnage des sondes 183
E.2.1 Généralités 183
E.2.2 Plage de fréquences d'étalonnage 183
E.2.3 Volume d'étalonnage 184
E.2.4 Dimensions des sondes 184
E.2.5 Perturbations des champs du guide d'onde TEM dues à la sonde 184
E.2.6 Paliers de fréquence 185
E.2.7 Amplitude de champ 185
E.3 Exigences pour les instruments d'étalonnage 186
E.3.1 Spécifications du guide d'onde TEM 186
E.3.2 Harmoniques et signaux parasites 186
E.3.3 Fixation de la sonde 187
E.3.4 Mesure de la puissance nette fournie à un dispositif d'émission au moyen de coupleurs directionnels 187
E.4 Étalonnage de la sonde de champ électrique 188
E.4.1 Méthodes d'étalonnage 188
E.4.2 Procédure d'étalonnage à l'aide d'un guide d'onde TEM à deux accès 188
E.4.3 Procédure d'étalonnage à l'aide d'un guide d'onde TEM à un accès 189
E.5 Figures de l'Annex E 192
Annex F (informative) Incertitude d'instrumentation des résultats de mesure des émissions 194
F.1 Mesurages des perturbations rayonnées à l'aide d'un guide d'onde TEM 194
F.1.1 Mesurande pour les mesurages des perturbations rayonnées à l'aide d'un guide d'onde TEM 194
F.1.2 Symboles des grandeurs d'entrée communes à tous les mesurages de perturbations 194
F.1.3 Symboles des grandeurs d'entrée spécifiques aux mesurages de guide d'onde TEM 194
F.2 Grandeurs d'entrée à prendre en considération pour les mesurages des perturbations rayonnées à l'aide d'un guide d'onde TEM 194
F.3 Budget d'incertitude et justification des grandeurs d'entrée pour les mesurages des perturbations rayonnées à l'aide d'un guide d'onde TEM 195
F.3.1 Budget d'incertitude pour les mesurages des perturbations rayonnées à l'aide d'un guide d'onde TEM 195
F.3.2 Justification des estimations des grandeurs d'entrée pour les mesurages des perturbations rayonnées à l'aide d'un guide d'onde TEM 196
F.4 Figures de l'Annex F 203
Annex G (informative) Incertitude de mesure de l'essai d'immunité en raison des instruments d'essai 204
G.1 Symboles généraux 204
G.2 Symbole et définition du mesurande 204
G.3 Symboles pour les grandeurs d'entrée 204
G.4 Exemple: Budget d'incertitude pour l'essai d'immunité 204
G.5 Justification des estimations des grandeurs d'entrée 205
Annex H (informative) Corrélation des limites d'émission et d'immunité entre les installations d'essai CEM 208
H.1 Aperçu 208
H.2 Dipôle en espace libre (représentant le montage en FAR) 208
H.3 Dipôle en demi-espace (représentant un montage en OATS ou SAC) 210
H.4 Dipôle dans une ligne de transmission en mode TEM 211

H.5 Dipôle dans une chambre réverbérante 212
H.6 Corrélation 213
H.7 Exemple de limites d'émission 214
H.8 Figures de l'Annex H 215
Annex I (informative) Caractérisation des transitoires du guide d'onde TEM 219
I.1 Aperçu 219
I.2 Matériel d'essai 219
I.3 Montage d'essai 219
I.4 Caractérisation du guide d'onde TEM par corrélation 220
I.5 Quantification du Pcc 221
I.6 Signaux d'essai transitoires réalisables 221
I.7 Figures de l'Annex I 222
Bibliographie 224

Figure 1 – Organigramme du mode TEM et de la procédure de vérification de l'uniformité du champ avec la méthode de "puissance incidente constante" (voir 5.2.2.4.1) 137
Figure 2 – Organigramme du mode TEM et de la procédure de vérification de l'uniformité du champ avec la méthode d'amplitude de champ constante (voir 5.2.2.4.2) 138
Figure A.1 – Acheminement du câble de sortie vers le coin à l'orthoangle et le bord inférieur du volume d'essai dans un guide d'onde TEM (voir A.5.2) 153
Figure A.2 – Positionneur EUT d'orthoaxe ou manipulateur de base (voir 3.1.13, A.4.2, A.5.1.2, A.5.2) 154
Figure A.3 – Modèle de puce et alignement de l'axe d'un EUT [26] (voir A.3.2.3.2) 155
Figure A.4 – Orientations non redondantes à douze faces/axes pour un EUT typique [26] (voir A.3.2.3.2) 156
Figure A.5 – Géométrie de mesures des émissions dans l'emplacement d'essai ouvert (OATS) (voir A.3.2.4) 157
Figure B.1 – Exemple de montage d'essai pour guide d'onde TEM à polarisation unique (voir Article 0) 161
Figure B.2 – Points d'étalonnage de la zone uniforme dans un guide d'onde TEM (voir Article B.3) 162
Figure C.1 – Amplitude spectrale dans le domaine de fréquences de la forme d'onde d'impulsions, comprise entre 100 kHz et 300 MHz (voir C.2.1) 169
Figure D.1 – Guide d'onde simple (pas de mode TEM) (voir D.3.3) 175
Figure D.2 – Exemple de guides d'onde prenant en charge la propagation en mode TEM (voir D.3.3) 175
Figure D.3 – Vecteur de polarisation de champ électrique (voir Article D.5) 176
Figure D.4 – Modèle de ligne de transmission simple pour propagation de mode TEM (voir D.6.1) 176
Figure D.5 – Concepts de guides d'onde TEM à un et deux accès (voir D.6.1) 176
Figure D.6 – Fonctionnement des guides d'onde TEM à quatre accès (voir D.6.1) 176
Figure D.7 – Cellule TEM à deux accès (septum symétrique) (voir D.6.1 et D.6.3) 177
Figure D.8 – Cellule TEM à un accès (septum asymétrique) (voir D.6.1 et D.6.3) 178
Figure D.9 – Ligne ouverte (deux plaques) (voir D.6.1 et D.6.2) 180
Figure D.10 – Ligne ouverte (quatre plaques, alimentation équilibrée) (voir D.6.1) 181
Figure D.11 – Guide d'onde TEM à quatre accès (septums parallèles symétriques) (voir D.6.1 et D.6.3) 182

Figure E.1 – Exemple de points d'essai pour la validation du volume d'étalonnage (voir E.2.3) 192
Figure E.2 – Montage pour la validation des perturbations de la sonde (voir E.2.5) 192
Figure E.3 – Montage pour la mesure de la puissance nette vers un dispositif d'émission (pas à l'échelle) (voir E.3.4) 192
Figure E.4 – Exemple de montage d'étalonnage d'une sonde de champ électrique avec un guide d'onde TEM à deux accès (voir E.4.2) 193
Figure E.5 – Exemple de montage d'étalonnage d'une sonde de champ électrique avec un guide d'onde TEM à un accès et par une autre méthode (voir E.4.3.2) 193
Figure E.6 – Circuit équivalent de l'antenne unipolaire et appareil de mesure (voir E.4.3.3) 193
Figure F.1 – Écart d'indication du niveau de détecteur de quasi-crête par rapport au niveau du signal à l'entrée du récepteur pour deux cas: un signal sinusoïdal et un signal impulsif avec une fréquence de répétition d'impulsion de 100 Hz 203
Figure F.2 – Écart d'indication du niveau de détecteur de crête par rapport au niveau du signal à l'entrée du récepteur pour deux cas: un signal sinusoïdal et un signal impulsif avec une fréquence de répétition d'impulsion de 100 Hz) 203
Figure H.1 – Représentation d'un dipôle court à alimentation centrale et d'une source plus générale représentant un EUT (voir Article H.2) 215
Figure H.2 – Source verticale et dipôles de réception situés sur un plan de sol parfaitement conducteur d'étendue infinie (voir Article H.3) 216
Figure H.3 – Deux types de cellules TEM avec une source dipolaire à polarisation verticale et dont la géométrie entre l'accès source et l'accès de réception est définie (voir Article H.4) 217
Figure H.4 – Chambre réverbérante avec une source dipolaire, un dispositif de brassage pour rendre aléatoires les champs et une antenne de réception générale (voir Article H.5) 218
Figure H.5 – Limites d'émission de Classe A et de Classe B du guide d'onde TEM corrélées à partir de la CISPR 32 [68], (voir Article H.7) 218
Figure I.1 – Montage d'essai 222
Figure I.2 – Fenêtrage du signal 223
Figure I.3 – Exemple de carte thermique – Pcc pour un point d'essai dans la zone uniforme 223

Tableau 1 – Valeurs k pour l'incertitude élargie pour des résultats à distribution normale ... 131
Tableau B.1 – Points d'étalonnage de la zone uniforme 159
Tableau B.2 – Niveaux d'essai 159
Tableau C.1 – Niveaux d'essai d'immunité aux perturbations rayonnées définis dans le présent document 164
Tableau E.1 – Fréquences d'étalonnage 185
Tableau E.2 – Niveau de l'amplitude du champ d'étalonnage 186
Tableau F.1 – Budget d'incertitude pour les résultats de mesure des perturbations rayonnées à l'aide d'un guide d'onde TEM entre 30 MHz et 1 000 MHz (exemple) 195
Tableau F.2 – Budget d'incertitude pour les résultats de mesure des perturbations rayonnées à l'aide d'un guide d'onde TEM entre 1 GHz et 6 GHz (exemple) 196
Tableau F.3 – Valeurs de S_{lim} entre 30 MHz et 1 000 MHz 198
Tableau F.4 – Valeurs de S_{lim} entre 1 GHz et 6 GHz 199
Tableau G.1 – Exemple de budget d'incertitude du niveau d'essai d'immunité 205
Tableau H.1 – Récapitulatif des paramètres de corrélation d'émission 214

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans les guides d'onde TEM

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. À 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 du présent document 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.

La Norme internationale IEC 61000-4-20 a été établie par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique, en collaboration avec le sous-comité A du CISPR (Comité international spécial des perturbations radioélectriques): Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Elle constitue la partie 4-20 de l'IEC 61000. Elle a le statut d'une publication fondamentale en CEM conformément au Guide IEC 107.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) fournir des informations relatives aux essais d'EUT volumineux (y compris les câbles);

b) appliquer les travaux sur les incertitudes de mesure par adaptation des travaux réalisés par le CISPR et le CE 77 (pour les émissions et l'immunité);

c) mettre à jour la procédure de validation pour le volume d'essai en ce qui concerne la vérification de l'uniformité du champ et du mode TEM;

d) fournir des informations relatives aux guides d'onde TEM à deux accès et à quatre accès;

e) ajouter une nouvelle annexe informative (Annex I) qui traite de la caractérisation du guide d'onde TEM transitoire; et

f) ajouter des informations qui traitent des bancs d'essais diélectriques des EUT.

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

Projet	Rapport de vote
77B/853/FDIS	77B/855/RVD

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61000, publiées sous le titre général *Compatibilité électromagnétique*, se trouve 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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À 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.

INTRODUCTION

L'IEC 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties selon la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas de la responsabilité des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Lignes directrices d'installation et d'atténuation

Lignes directrices d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est ensuite subdivisée en plusieurs parties, publiées soit comme normes internationales, soit comme spécifications techniques ou rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées en tant que sections. D'autres sont et seront publiées avec le numéro de la partie suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre qui identifie la subdivision (exemple: IEC 61000-6-1).

La présente partie est une Norme internationale qui spécifie les exigences des essais d'émission, d'immunité et de transitoires IEM-HA et IEMI.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans les guides d'onde TEM

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61000 concerne les méthodes d'essai d'émission et d'immunité pour les matériels électriques et électroniques qui utilisent différents types de guides d'onde transverses électromagnétiques (TEM). Ces types comprennent des structures ouvertes (par exemple, des lignes ouvertes et des simulateurs d'impulsion électromagnétique), et des structures fermées (par exemple, des cellules TEM), qui peuvent être elles-mêmes classées en guides d'onde TEM à un accès, à deux accès, ou à accès multiples. La plage de fréquences dépend des exigences d'essai spécifiques et du type spécifique de guide d'onde TEM.

L'objet du présent document est de décrire

– les caractéristiques des guides d'onde TEM, y compris les plages de fréquences types et les limites de tailles des équipements en essai (EUT);
– les méthodes de validation des guides d'onde TEM pour les essais de compatibilité électromagnétique CEM;
– la définition de l'EUT (c'est-à-dire l'armoire et le câblage de l'EUT);
– les montages d'essai, les procédures et les exigences relatives aux mesurages d'émissions rayonnées dans les guides d'onde TEM; et
– les montages d'essai, les procédures et les exigences pour les essais d'immunité rayonnée dans les guides d'onde TEM.

NOTE Dans le présent document, les méthodes d'essai sont définies afin de mesurer les effets des rayonnements électromagnétiques sur les matériels et les émissions électromagnétiques des matériels concernés. La simulation et le mesurage des rayonnements électromagnétiques ne sont pas suffisamment exacts pour une détermination quantitative des effets sur toutes les installations d'utilisation finale. Les méthodes d'essai définies sont structurées avec l'objectif premier d'établir une reproductibilité adéquate des résultats dans différentes installations d'essai pour des analyses qualitatives des effets.

Le présent document ne vise pas à spécifier les essais à appliquer à des appareils ou à un ou des systèmes particuliers. Le but principal présent document est de donner une référence de base d'ordre général à tous les comités de produits IEC concernés. Pour les mesurages d'émission rayonnée, les comités de produits sélectionnent des limites d'émission et des méthodes de mesure en consultation avec les normes CISPR. Pour les essais d'immunité rayonnée, les comités de produits restent responsables du choix approprié des essais d'immunité et des limites qui y sont associées, à appliquer aux matériels qui relèvent de leur domaine d'application. Le présent document décrit des méthodes d'essai qui sont indépendantes de celles de l'IEC 61000-4-3 [34].[1]

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule

---

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

Ces autres méthodes d'essai distinctes peuvent être utilisées lorsqu'elles sont ainsi spécifiées par les comités de produits, en consultation avec le CISPR et le CE 77.

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 60050-161, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 161*: *Compatibilité électromagnétique*

CISPR 16-1-1, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1*: *Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure*

CISPR 16-1-4, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-4*: *Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées*