

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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

**Spécification 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**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10

ISBN 978-2-8322-2922-4

**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.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	11
4 Quasi-peak measuring receivers for the frequency range 9 kHz to 1 000 MHz.....	15
4.1 General.....	15
4.2 Input impedance	15
4.3 Sine-wave voltage accuracy.....	15
4.4 Response to pulses	16
4.4.1 Amplitude relationship (absolute calibration).....	16
4.4.2 Variation with repetition frequency (relative calibration).....	16
4.5 Selectivity	20
4.5.1 Overall selectivity (passband).....	20
4.5.2 Intermediate frequency rejection ratio.....	21
4.5.3 Image frequency rejection ratio.....	21
4.5.4 Other spurious responses.....	23
4.6 Limitation of intermodulation effects.....	23
4.7 Limitation of receiver noise and internally generated spurious signals.....	24
4.7.1 Random noise	24
4.7.2 Continuous wave	25
4.8 Screening effectiveness	25
4.8.1 General	25
4.8.2 Limitation of radio-frequency emissions from the measuring receiver.....	25
4.9 Facilities for connection to a discontinuous disturbance analyzer	26
5 Measuring receivers with peak detector for the frequency range 9 kHz to 18 GHz	26
5.1 General.....	26
5.2 Input impedance	26
5.3 Fundamental characteristics	26
5.3.1 Bandwidth	26
5.3.2 Charge and discharge time constants ratio	27
5.3.3 Overload factor.....	27
5.4 Sine-wave voltage accuracy.....	27
5.5 Response to pulses	27
5.6 Selectivity	28
5.7 Intermodulation effects, receiver noise, and screening.....	29
6 Measuring receivers with average detector for the frequency range 9 kHz to 18 GHz.....	29
6.1 General.....	29
6.2 Input impedance	30
6.3 Fundamental characteristics	30
6.3.1 Bandwidth	30
6.3.2 Overload factor.....	30
6.4 Sine-wave voltage accuracy.....	30
6.5 Response to pulses	30
6.5.1 General	30

6.5.2	Amplitude relationship	31
6.5.3	Variation with repetition frequency	32
6.5.4	Response to intermittent, unsteady and drifting narrowband disturbances	32
6.6	Selectivity	33
6.7	Intermodulation effects, receiver noise, and screening	34
7	Measuring receivers with rms-average detector for the frequency range 9 kHz to 18 GHz	34
7.1	General	34
7.2	Input impedance	34
7.3	Fundamental characteristics	35
7.3.1	Bandwidth	35
7.3.2	Overload factor	35
7.4	Sine-wave voltage accuracy	35
7.5	Response to pulses	36
7.5.1	Construction details	36
7.5.2	Amplitude relationship	36
7.5.3	Variation with repetition frequency	36
7.5.4	Response to intermittent, unsteady and drifting narrowband disturbances	37
7.6	Selectivity	37
7.7	Intermodulation effects, receiver noise, and screening	38
8	Measuring receivers for the frequency range 1 GHz to 18 GHz with amplitude probability distribution (APD) measuring function	38
9	Disturbance analyzers	39
9.1	General	39
9.2	Fundamental characteristics	39
9.3	Test method for the validation of the performance check for the click analyzer	46
9.3.1	Basic requirements	46
9.3.2	Additional requirements	47
Annex A (normative)	Determination of response to repeated pulses of quasi-peak and rms-average measuring receivers (See 3.6, 4.4.2, 7.3.2 and 7.5.1)	48
A.1	General	48
A.2	Response of the pre-detector stages	48
A.3	Response of the quasi-peak voltmeter detector to output of preceding stages	49
A.3.1	General	49
A.3.2	Response of the indicating instrument to the signal from the detector	50
A.4	Response of rms detector to output voltage of preceding stages	51
A.4.1	Output voltage and amplitude relationship	51
A.4.2	Calculation of overload factor	52
A.5	Relationship between indication of rms meter and quasi-peak meter	52
Annex B (normative)	Determination of pulse generator spectrum (See 4.4, 5.5, 6.5, 7.5)	54
B.1	Pulse generator	54
B.1.1	General	54
B.1.2	The spectrum of the generated pulses	54
B.2	General method of measurement	54
Annex C (normative)	Accurate measurements of the output of nanosecond pulse generators (See 4.4, 5.5, 6.5, 7.5)	56

C.1	Measurement of impulse area (A_{imp}).....	56
C.1.1	General	56
C.1.2	Area method.....	56
C.1.3	Standard transmission line method	56
C.1.4	Harmonic measurement.....	57
C.1.5	Energy method	57
C.2	Pulse generator spectrum	57
Annex D (normative)	Influence of the quasi-peak measuring receiver characteristics on its pulse response (See 4.4.2).....	58
Annex E (normative)	Response of average and peak measuring receivers (See 6.3.1)	59
E.1	Response of pre-detector stages	59
E.2	Overload factor	59
E.3	Relationship between indication of an average and a quasi-peak measuring receiver	60
E.4	Peak measuring receivers.....	61
E.5	Relationship between indication of a peak and a quasi-peak measuring receiver	61
E.6	Test of measuring receiver response above 1 GHz to pulses	62
E.7	Measurement of the impulse bandwidth of a measuring receiver	63
E.7.1	General	63
E.7.2	Method 1: Measurement by comparison of the responses of B_{imp} to two pulses with identical amplitude and width but with low and high pulse repetition frequencies (prf).....	64
E.7.3	Method 2: Measurement by comparison of the response of B_{imp} to an impulsive signal with the response of a narrow bandwidth to the same signal	66
E.7.4	Method 3: Integration of the normalized linear selectivity function.....	66
Annex F (normative)	Performance check of the exceptions from the definitions of a click according to 4.2.3 of CISPR 14-1:2005	68
Annex G (informative)	Rationale for the specifications of the APD measuring function	75
Annex H (informative)	Characteristics of a quasi-peak measuring receiver.....	78
Annex I (informative)	Example of EMI receiver and swept spectrum analyzer architecture.....	79
Annex J (normative)	Requirements when using an external preamplifier with a measuring receiver	81
J.1	General.....	81
J.2	Considerations for optimum emission measurement system design	81
J.3	Linearity specifications and precautions in measurement	84
J.4	Detecting the overload of an external preamplifier in a wideband FFT based measuring system.....	91
Annex K (normative)	Calibration requirements for measuring receivers.....	92
K.1	General.....	92
K.2	Calibration and verification.....	92
K.3	Calibration and verification specifics	92
K.4	Measuring receiver specifics	93
K.5	Partial calibration of measuring receivers.....	94
K.6	Determination of compliance of a measuring receiver with applicable specifications	94
Bibliography	96

Figure 1 – Pulse response curve (Band A)	17
Figure 2 – Pulse response curve (Band B)	18
Figure 3 – Pulse response curve (Bands C and D)	18
Figure 4 – Theoretical pulse response curve of quasi-peak detector receivers and average detector receiver (see 6.5.4)	19
Figure 5 – Limits of overall selectivity – Pass band (see 4.5.1, 5.6, 6.6, 7.6) (Band A)	22
Figure 6 – Limits of overall selectivity – Pass band (see 4.5.1, 5.6, 6.6, 7.6) (Band B)	22
Figure 7 – Limits of overall selectivity – Pass band (see 4.5.1, 5.6, 6.6, 7.6) Bands (C and D)	23
Figure 8 – Arrangement for testing intermodulation effects	24
Figure 9 – Limits for the overall selectivity – Pass band (Band E)	29
Figure 10 – Block diagram of an average detector	32
Figure 11 – Screenshot showing response of the meter-simulating network to an intermittent narrowband signal	33
Figure 12 – Example of a disturbance analyzer	41
Figure 13 – A graphical presentation of test signals used in the test of the analyzer for the performance check against the definition of a click according to Table 14	42
Figure E.1 – Correction factor for estimating the ratio B_{imp}/B_6 for other tuned circuits	60
Figure E.2 – Pulse rectification coefficient P	62
Figure E.3 – Example (spectrum screenshot) of a pulse-modulated signal with a pulse width of 200 ns	63
Figure E.4 – Pulse-modulated RF signal applied to a measuring receiver	64
Figure E.5 – Filtering with a B_{imp} much smaller than the prf	65
Figure E.6 – Filtering with a B_{imp} much wider than the prf	65
Figure E.7 – Calculation of the impulse bandwidth	66
Figure E.8 – Example of a normalized linear selectivity function	67
Figure F.1 – A graphical presentation of the test signals used for the performance check of the analyzer with the additional requirements according to Table F.1	74
Figure G.1 – Block diagram of APD measurement circuit without A/D converter	76
Figure G.2 – Block diagram of APD measurement circuit with A/D converter	76
Figure G.3 – Example of display of APD measurement	77
Figure I.1 – Example block diagram of EMI receiver consisting of swept spectrum analyzer with added preselector, preamplifier and quasi-peak/average detector	79
Figure J.1 – Receiver with preamplifier	83
Figure J.2 – Transfer function of an amplifier	85
Figure J.3 – Response for a sinusoidal signal	85
Figure J.4 – Response for an impulse	85
Figure J.5 – Deviation from linear gain for an unmodulated sine wave (example)	86
Figure J.6 – Deviation from linear gain for a broadband impulsive signal as measured with the quasi-peak detector (example)	87
Figure J.7 – Screenshot of a band-stop filter test for a preamplifier at around 818 MHz	88
Figure J.8 – Band-stop filter test result with the measuring receiver at 818 MHz	88
Figure J.9 – Band-stop filter test results for the same 10 dB preamplifier but a different receiver with preselection (black) and without preselection (blue)	89
Figure J.10 – Band-stop filter test results for the same 10 dB preamplifier but with the receiver of Figure J.9 with preselection (black) and without preselection (green)	89

Figure J.11 – Weighting functions of the various CISPR detectors with a noise curve to illustrate the remaining operating ranges for broadband impulsive signals (example)..... 90

Figure K.1 – Compliance determination process with application of measurement uncertainty..... 95

Table 1 – Test pulse characteristics for quasi-peak measuring receivers 16

Table 2 – Pulse response of quasi-peak measuring receivers 20

Table 3 – Combined selectivity of CISPR measuring receiver and high-pass filter..... 21

Table 4 – Bandwidth characteristics for intermodulation test of quasi-peak measuring receivers..... 24

Table 5 – VSWR requirements for receiver input impedance 26

Table 6 – Bandwidth requirements for measuring receivers with peak detector 27

Table 7 – Relative pulse response of peak and quasi-peak measuring receivers for the same bandwidth (frequency range 9 kHz to 1 000 MHz)..... 28

Table 8 – Bandwidth requirements for measuring receivers with average detector 30

Table 9 – Relative pulse response of average and quasi peak measuring receivers for the same bandwidth 31

Table 10 – Maximum reading of average measuring receivers for a pulse-modulated sine-wave input in comparison with the response to a continuous sine wave having the same amplitude 33

Table 11 – VSWR requirements of input impedance..... 34

Table 12 – Bandwidth requirements for measuring receivers with rms-average detector 35

Table 13 – Minimum pulse repetition rate without overload 35

Table 14 – Relative pulse response of rms-average and quasi-peak measuring receivers..... 36

Table 15 – Pulse response of rms-average measuring receiver 37

Table 16 – Maximum reading of rms-average measuring receivers for a pulse-modulated sine-wave input in comparison with the response to a continuous sine wave having the same amplitude 37

Table 17 – Disturbance analyzer performance test – Test signals used for the check against the definition of a click..... 43

Table B.1 – Pulse generator characteristics 54

Table E.1 – B_{imp} and A_{imp} values for a peak measuring receiver 61

Table E.2 – Carrier level for pulse-modulated signal of 1,4 nVs 63

Table F.1 – Disturbance analyzer test signals 69

Table H.1 – Characteristics of quasi-peak measuring receivers 78

Table J.1 – Examples of preamplifier and measuring receiver data and resulting system noise figures 84

Table K.1 – Verification parameter summary..... 94

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

**SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY
MEASURING APPARATUS AND METHODS –**

**Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus –
Measuring apparatus**

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.

International Standard CISPR 16-1-1 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2010, Amendment 1:2010 and Amendment 2:2014. This edition constitutes a technical revision.

The main technical change with respect to the previous edition consists of the addition of a new normative annex on calibration requirements for measuring receivers.

It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*.

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

FDIS	Report on voting
CISPR/A/1118/FDIS	CISPR/A/1135/RVD

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

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

A list of all parts of the CISPR 16 series can be found, under the general title *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*, 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

The CISPR 16 series, published under the general title *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*, is comprised of the following sets of standards and reports:

- CISPR 16-1 – six parts covering measurement instrumentation specifications;
- CISPR 16-2 – five parts covering methods of measurement;
- CISPR 16-3 – a single publication containing various technical reports (TRs) with further information and background on CISPR and radio disturbances in general;
- CISPR 16-4 – five parts covering uncertainties, statistics and limit modelling.

CISPR 16-1 consists of the following parts, under the general title *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Radio disturbance and immunity measuring apparatus*:

- Part 1-1: Measuring apparatus
- Part 1-2: Ancillary equipment – Conducted disturbances
- Part 1-3: Ancillary equipment – Disturbance power
- Part 1-4: Ancillary equipment – Radiated disturbances
- Part 1-5: Antenna calibration sites and reference test sites for 5 MHz to 18 GHz
- Part 1-6: EMC-antenna calibration

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of a patent concerning the measuring receiver with rms-average detector (patent no DE 10126830) given in Clause 7.

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of this patent right.

The holder of this patent right has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licences either free of charge or under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with IEC. Information may be obtained from:

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
Muehldorfstrasse 15
81671 Muenchen
Germany

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights other than those identified above. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO (www.iso.org/patents) and IEC (<http://patents.iec.ch>) maintain on-line data bases of patents relevant to their standards. Users are encouraged to consult the data bases for the most up to date information concerning patents.

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus

1 Scope

This part of CISPR 16 specifies the characteristics and performance of equipment for the measurement of radio disturbance in the frequency range 9 kHz to 18 GHz. In addition, requirements are provided for specialized equipment for discontinuous disturbance measurements.

NOTE In accordance with IEC Guide 107, CISPR 16-1-1 is a basic EMC standard for use by product committees of the IEC. As stated in Guide 107, product committees are responsible for determining the applicability of the EMC standard. CISPR and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

The specifications in this standard apply to EMI receivers and spectrum analyzers. The term “measuring receiver” used in this standard refers to both EMI receivers and spectrum analyzers. The calibration requirements for measuring receivers are detailed in Annex J.

Further guidance on the use of use of spectrum analyzers and scanning receivers can be found in Annex B of any one of the following standards: CISPR 16-2-1:2014, CISPR 16-2-2:2010 or CISPR 16-2-3:2010.

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.

CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 14-1:2005, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*
CISPR 14-1:2005/AMD1:2008
CISPR 14-1:2005/AMD2:2011

CISPR 16-2-1:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements*

CISPR 16-2-2:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-2: Methods of measurement of disturbances and immunity – Measurement of disturbance power*

CISPR 16-2-3:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*
CISPR 16-2-3:2010/AMD1:2010
CISPR 16-2-3:2010/AMD2:2014

CISPR TR 16-3:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*

CISPR TR 16-3:2010/AMD1:2012

CISPR TR 16-3:2010/AMD2:2015

IEC 60050-161:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60050-161:1990/AMD1:1997

IEC 60050-161:1990/AMD2:1998

IEC 60050-161:1990/AMD3:2014

IEC 60050-161:1990/AMD4:2014

IEC 60050-161:1990/AMD5:2015

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	104
INTRODUCTION.....	106
1 Domaine d'application	107
2 Références normatives	107
3 Termes et définitions	108
4 Récepteurs de mesure de quasi-crête pour la plage de fréquences de 9 kHz à 1 000 MHz.....	112
4.1 Généralités	112
4.2 Impédance d'entrée	113
4.3 Précision de la tension sinusoïdale	113
4.4 Réponses aux impulsions	113
4.4.1 Réponse en amplitude (étalonnage absolu)	113
4.4.2 Variations en fonction de la fréquence de répétition (étalonnage relatif)	113
4.5 Sélectivité	119
4.5.1 Sélectivité globale (bande passante)	119
4.5.2 Taux de rejet à la fréquence intermédiaire	120
4.5.3 Taux de rejet à la fréquence conjuguée	120
4.5.4 Autres réponses parasites	122
4.6 Limitation des effets d'intermodulation	123
4.7 Limitation du bruit du récepteur et des signaux parasites internes	124
4.7.1 Bruit aléatoire	124
4.7.2 Onde entretenue.....	124
4.8 Efficacité d'écran	124
4.8.1 Généralités	124
4.8.2 Limitation des émissions radioélectriques produites par le récepteur de mesure	125
4.9 Moyens de branchement à un analyseur de perturbations discontinues	125
5 Récepteurs de mesure avec détecteur de crête pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 18 GHz	125
5.1 Généralités	125
5.2 Impédance d'entrée	125
5.3 Caractéristiques fondamentales	126
5.3.1 Largeur de bande	126
5.3.2 Rapport des constantes de temps de charge et de décharge	126
5.3.3 Réserve de linéarité.....	127
5.4 Précision de la tension sinusoïdale	127
5.5 Réponses aux impulsions	127
5.6 Sélectivité	128
5.7 Effets d'intermodulation, bruit du récepteur et blindage	128
6 Récepteurs de mesure avec détecteur de valeur moyenne pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 18 GHz	129
6.1 Généralités	129
6.2 Impédance d'entrée	129
6.3 Caractéristiques fondamentales	129
6.3.1 Largeur de bande	129
6.3.2 Réserve de linéarité.....	130

6.4	Précision de la tension sinusoïdale	130
6.5	Réponses aux impulsions	130
6.5.1	Généralités	130
6.5.2	Réponse en amplitude	130
6.5.3	Variation avec la fréquence de répétition	131
6.5.4	Réponse aux perturbations à bande étroite intermittentes, instables et dérivantes.....	132
6.6	Sélectivité	133
6.7	Effets d'intermodulation, bruit du récepteur et blindage	134
7	Récepteurs de mesure avec détecteur de valeur moyenne efficace pour la plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 18 GHz	134
7.1	Généralités	134
7.2	Impédance d'entrée	134
7.3	Caractéristiques fondamentales	135
7.3.1	Largeur de bande	135
7.3.2	Réserve de linéarité.....	135
7.4	Précision de la tension sinusoïdale	136
7.5	Réponses aux impulsions	136
7.5.1	Détails de construction	136
7.5.2	Réponse en amplitude	136
7.5.3	Variation avec la fréquence de répétition	137
7.5.4	Réponse aux perturbations à bande étroite intermittentes, instables et dérivantes.....	138
7.6	Sélectivité.....	138
7.7	Effets d'intermodulation, bruit du récepteur et blindage	138
8	Récepteurs de mesure pour la plage de fréquences comprises entre 1 GHz et 18 GHz avec fonction de mesure de la distribution de probabilité des amplitudes (DPA)	139
9	Analyseurs de perturbations	140
9.1	Généralités	140
9.2	Caractéristiques fondamentales	140
9.3	Méthode d'essai pour la validation de la vérification des caractéristiques de l'analyseur de claquement.....	149
9.3.1	Exigences fondamentales	149
9.3.2	Exigences supplémentaires	150
Annexe A (normative) Détermination de la réponse aux impulsions répétées des récepteurs de mesure de quasi-crête et de valeur moyenne efficace (voir 3.6, 4.4.2, 7.3.2 et 7.5.1)		151
A.1	Généralités	151
A.2	Réponse des étages précédant le détecteur	151
A.3	Réponse du voltmètre détecteur de quasi-crête aux signaux en sortie de l'étage précédent	152
A.3.1	Généralités	152
A.3.2	Réponse de l'appareil indicateur au signal issu du détecteur	153
A.4	Réponse d'un détecteur de valeur efficace à la tension de sortie des étages précédents.....	154
A.4.1	Relation entre tension de sortie et réponse en amplitude.....	154
A.4.2	Calcul de la réserve de linéarité	155
A.5	Correspondance entre les indications d'un indicateur de valeur efficace et celles d'un indicateur de quasi-crête	155

Annexe B (normative) Détermination du spectre du générateur d'impulsions (voir 4.4, 5.5, 6.5, 7.5)	157
B.1 Générateur d'impulsions	157
B.1.1 Généralités	157
B.1.2 Spectre des impulsions générées	157
B.2 Méthode de mesure générale	157
Annexe C (normative) Mesures précises à la sortie des générateurs d'impulsions de l'ordre de la nanoseconde (voir 4.4, 5.5, 6.5, 7.5)	159
C.1 Mesure de l'aire de l'impulsion (A_{imp})	159
C.1.1 Généralités	159
C.1.2 Méthode des aires	159
C.1.3 Méthode normalisée de la ligne de transmission	159
C.1.4 Mesure des harmoniques	160
C.1.5 Méthode énergétique	160
C.2 Spectre du générateur d'impulsions	160
Annexe D (normative) Influence des caractéristiques du récepteur de mesure de quasi-crête sur sa réponse aux impulsions (voir 4.4.2)	161
Annexe E (normative) Réponse des récepteurs de mesures de valeurs moyennes et de crête (voir 6.3.1)	162
E.1 Réponse des étages précédant le détecteur	162
E.2 Réserve de linéarité	162
E.3 Correspondance entre les indications d'un récepteur de mesure de valeur moyenne et d'un récepteur de mesure de quasi-crête	163
E.4 Récepteurs de mesure de crête	164
E.5 Correspondance entre les indications d'un récepteur de mesure de crête et d'un récepteur de mesure de quasi-crête	164
E.6 Essai de réponse aux impulsions du récepteur de mesure au-dessus de 1 GHz	166
E.7 Mesure de la largeur de bande en impulsions d'un récepteur de mesure	167
E.7.1 Généralités	167
E.7.2 Méthode 1: Mesure par comparaison des réponses de B_{imp} à deux impulsions d'amplitude et de largeur identiques, mais avec des fréquences de répétition d'impulsion (PRF) basse et élevée	168
E.7.3 Méthode 2: Mesure par comparaison de la réponse à une impulsion de B_{imp} avec la réponse en bande étroite au même signal	170
E.7.4 Méthode 3: Intégration de la fonction de sélectivité linéaire normalisée	170
Annexe F (normative) Contrôle des caractéristiques pour les exceptions aux définitions d'un claquement selon 4.2.3 de la CISPR 14-1:2005	172
Annexe G (informative) Justifications relatives aux spécifications de la fonction de mesure de DPA	180
Annexe H (informative) Caractéristiques d'un récepteur de mesure de quasi-crête	183
Annexe I (informative) Exemple d'architecture d'un récepteur de perturbations électromagnétiques (EMI) et d'un analyseur de spectre à balayage	184
Annexe J (normative) Exigences lors de l'utilisation d'un préamplificateur externe avec un récepteur de mesure	186
J.1 Généralités	186
J.2 Considérations en matière de conception optimale d'un système de mesure des émissions	186
J.3 Spécifications de linéarité et précautions dans la mesure	189
J.4 Détection de la surcharge d'un préamplificateur externe dans un système de mesure FFT à bande large	198

Annexe K (normative) Exigences d'étalonnage des récepteurs de mesure	199
K.1 Généralités	199
K.2 Étalonnage et vérification.....	199
K.3 Spécificités de l'étalonnage et de la vérification	199
K.4 Spécificités du récepteur de mesure	200
K.5 Étalonnage partiel des récepteurs de mesure	201
K.6 Détermination de la conformité d'un récepteur de mesure aux spécifications applicables	201
Bibliographie.....	204
Figure 1 – Courbe de réponse aux impulsions (Bande A).....	114
Figure 2 – Courbe de réponse aux impulsions (Bande B).....	115
Figure 3 – Courbe de réponse aux impulsions (Bandes C et D)	116
Figure 4 – Courbe de réponse théorique aux impulsions de récepteurs à détecteur de quasi-crête et de valeur moyenne (voir 6.5.4)	118
Figure 5 – Limites de la sélectivité globale – Bande passante (voir 4.5.1, 5.6, 6.6, 7.6) (Bande A)	121
Figure 6 – Limites de la sélectivité globale – Bande passante (voir 4.5.1, 5.6, 6.6, 7.6) (Bande B)	121
Figure 7 – Limites de la sélectivité globale – Bande passante (voir 4.5.1, 5.6, 6.6, 7.6) (Bandes C et D).....	122
Figure 8 – Schéma pour l'essai des effets d'intermodulation	123
Figure 9 – Limites pour la sélectivité globale – Bande passante (Bande E)	128
Figure 10 – Schéma fonctionnel d'un détecteur de valeur moyenne	132
Figure 11 – Capture d'écran montrant la réponse du réseau de simulation de l'appareil de mesure à un signal à bande étroite intermittent.....	133
Figure 12 – Exemple d'un analyseur des perturbations	143
Figure 13 – Présentation graphique des signaux d'essai utilisés pour la vérification des performances de l'analyseur par rapport à la définition d'un claquement conformément au Tableau 14.....	145
Figure E.1 – Facteur de correction d'estimation du rapport B_{imp}/B_6 dans le cas de circuits accordés d'autres types	163
Figure E.2 – Coefficient de rectification des impulsions P	165
Figure E.3 – Exemple (capture d'écran de spectre) de signal à modulation d'impulsion avec une largeur d'impulsion de 200 ns	167
Figure E.4 – Signal RF à modulation d'impulsion appliqué à un récepteur de mesure	168
Figure E.5 – Filtrage avec une B_{imp} nettement inférieure à la PRF.....	168
Figure E.6 – Filtrage avec une B_{imp} nettement plus large que la PRF	169
Figure E.7 – Calcul de la largeur de bande d'impulsion.....	170
Figure E.8 – Exemple de fonction de sélectivité linéaire normalisée.....	171
Figure F.1 – Présentation graphique des signaux d'essai utilisés pour le contrôle des performances de l'analyseur avec exigences complémentaires conformément au Tableau F.1	179
Figure G.1 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure de DPA sans convertisseur A/N	181
Figure G.2 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure de DPA avec convertisseur A/N	181
Figure G.3 – Exemple d'affichage de mesure de DPA	182

Figure I.1 – Exemple de schéma fonctionnel du récepteur EMI constitué d'un analyseur de spectre à balayage avec ajout d'un présélecteur, d'un préamplificateur et d'un détecteur de quasi-crête/valeur moyenne.....	184
Figure J.1 – Récepteur avec préamplificateur	188
Figure J.2 – Fonction de transfert d'un amplificateur	190
Figure J.3 – Réponse pour un signal sinusoïdal	190
Figure J.4 – Réponse pour une impulsion	191
Figure J.5 – Écart par rapport au gain linéaire d'une onde sinusoïdale démodulée (exemple)	192
Figure J.6 – Écart par rapport au gain linéaire d'un signal impulsionnel à bande large mesuré avec le détecteur de quasi-crête (exemple)	193
Figure J.7 – Capture d'écran d'un essai de filtre coupe-bande pour un préamplificateur à environ 818 MHz.....	194
Figure J.8 – Résultat de l'essai du filtre coupe-bande avec le récepteur de mesure à 818 MHz	195
Figure J.9 – Résultats de l'essai du filtre coupe-bande pour le même préamplificateur de 10 dB, mais avec un autre récepteur avec présélection (noir) et sans présélection (bleu).....	195
Figure J.10 – Résultats de l'essai du filtre coupe-bande pour le même préamplificateur de 10 dB, mais avec le récepteur de la Figure J.9 avec présélection (noir) et sans présélection (vert).....	196
Figure J.11 – Fonctions de pondération des différents détecteurs CISPR avec une courbe de bruit pour illustrer les plages de fonctionnement restantes des signaux impulsionnels à bande large (exemple)	197
Figure K.1 – Processus de détermination de la conformité avec l'application de l'incertitude de mesure	202
Tableau 1 – Caractéristiques des impulsions d'essais pour les récepteurs de mesure de quasi-crête.....	113
Tableau 2 – Réponses aux impulsions des récepteurs de mesure de quasi-crête.....	119
Tableau 3 – Sélectivité combinée du récepteur de mesure CISPR et du filtre passe-haut 120	
Tableau 4 – Caractéristiques de largeur de bande pour l'essai d'intermodulation des récepteurs de mesure de quasi-crête	123
Tableau 5 – Exigences relatives au ROS pour l'impédance d'entrée des récepteurs	126
Tableau 6 – Exigences de largeur de bande pour les récepteurs de mesure avec détecteur de crête.....	126
Tableau 7 – Réponses comparatives aux impulsions des récepteurs de mesure de crête et de quasi-crête pour une même largeur de bande (plage de fréquences comprises entre 9 kHz et 1 000 MHz)	127
Tableau 8 – Exigences de largeur de bande pour les récepteurs de mesure avec détecteur de valeur moyenne	130
Tableau 9 – Réponses comparatives aux impulsions des récepteurs de mesure de valeur moyenne et de quasi-crête pour une même largeur de bande.....	131
Tableau 10 – Valeurs maximales des récepteurs de mesure de valeur moyenne pour une entrée sinusoïdale à modulation d'impulsion comparées à la réponse à une onde sinusoïdale continue de même amplitude.....	133
Tableau 11 – Exigences ROS de l'impédance d'entrée	135
Tableau 12 – Exigences de largeur de bande pour le récepteur de mesure avec détecteur de valeur moyenne efficace.....	135

Tableau 13 – Fréquence minimale de répétition d'impulsion sans surcharge.....	136
Tableau 14 – Réponse impulsionnelle relative des récepteurs de mesure en valeur moyenne efficace et en quasi-crête.....	137
Tableau 15 – Réponse impulsionnelle des récepteurs de mesure en valeur moyenne efficace.....	137
Tableau 16 – Valeur maximale des récepteurs de valeur moyenne efficace pour une entrée sinusoïdale à modulation d'impulsion comparée à la réponse à une onde sinusoïdale continue de même amplitude.....	138
Tableau 17 – Essais de performance de l'analyseur de perturbations – Signaux d'essais utilisés pour la vérification par rapport à la définition d'un claquement (1 de 4)	146
Tableau B.1 – Caractéristiques du générateur d'impulsions	157
Tableau E.1 – Valeurs de B_{imp} et A_{imp} pour un récepteur de mesure de crête	165
Tableau E.2 – Niveau de porteuse pour un signal modulé en impulsion de 1,4 nVs.....	166
Tableau F.1 – Signaux d'essai de l'analyseur de perturbations ^a (1 de 6)	173
Tableau H.1 – Caractéristiques des récepteurs de mesure de quasi-crête	183
Tableau J.1 – Exemples de données de préamplificateur et de récepteur de mesure et facteurs de bruit du système obtenus.....	189
Tableau K.1 – Récapitulatif des paramètres de vérification	201

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

**SPÉCIFICATION 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**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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.

La Norme internationale CISPR 16-1-1 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2010, l'Amendement 1:2010 et l'Amendement 2:2014. Cette édition constitue une révision technique.

La modification technique majeure suivante par rapport à l'édition précédente porte sur l'ajout d'une nouvelle Annexe normative relative aux exigences d'étalonnage des récepteurs de mesure.

Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de l'IEC, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
CISPR/A/1118/FDIS	CISPR/A/1135/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CISPR 16, publiées sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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

INTRODUCTION

La série CISPR 16, publiée sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques* comprend les normes et les rapports suivants:

- CISPR 16-1 – six parties traitant des spécifications des appareils de mesure;
- CISPR 16-2 – cinq parties traitant des méthodes de mesure;
- CISPR 16-3 – une seule publication contenant différents rapports techniques (TR) avec des informations sur le contexte de la CISPR et sur les perturbations radioélectriques en général;
- CISPR 16-4 – cinq parties traitant des incertitudes, des statistiques et de la modélisation des limites.

La CISPR 16-1 est constituée des cinq parties suivantes, publiées sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*:

- Partie 1-1: Appareils de mesure
- Partie 1-2: Matériels auxiliaires – Perturbations conduites
- Partie 1-3: Matériels auxiliaires – Puissance perturbatrice
- Partie 1-4: Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées
- Partie 1-5: Emplacements d'étalonnage d'antenne et emplacements d'essai de référence pour la plage comprise entre 5 MHz et 18 GHz
- Partie 1-6: Étalonnage des antennes CEM

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation d'un brevet intéressant le récepteur de mesure avec détecteur de valeur moyenne efficace (brevet DE 10126830) traité à l'Article 7.

L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à l'IEC qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, soit sans frais soit à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. À ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à l'IEC. Des informations peuvent être demandées à:

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
Muehldorfstrasse 15
81671 Muenchen
Allemagne

L'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux qui ont été mentionnés ci-dessus. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

L'ISO (www.iso.org/patents) et l'IEC (<http://patents.iec.ch>) maintiennent des bases de données, consultables en ligne, des droits de propriété pertinents à leurs normes. Les utilisateurs sont encouragés à consulter ces bases de données pour obtenir l'information la plus récente concernant les droits de propriété.

SPÉCIFICATION 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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 spécifie les caractéristiques et les performances des appareils de mesure des champs radioélectriques dans la plage de fréquences de 9 kHz à 18 GHz. Des exigences pour les appareils spécialisés de mesure de perturbations non continues sont également spécifiées.

NOTE Conformément au Guide 107 de l'IEC, la CISPR 16-1-1 est une norme CEM fondamentale destinée à être utilisée par les comités de produits de l'IEC. Comme indiqué dans le Guide 107, les comités de produits ont la responsabilité de déterminer l'applicabilité de cette norme CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produits à l'évaluation de la valeur des essais d'immunité particuliers pour leurs produits.

Les spécifications de la présente norme s'appliquent aux récepteurs de perturbations électromagnétiques (EMI) et aux analyseurs de spectre. Le terme "récepteur de mesure" utilisé dans la présente norme fait référence à la fois aux récepteurs EMI et aux analyseurs de spectre. Les exigences d'étalonnage des récepteurs de mesure sont détaillées dans l'Annexe J.

Des lignes directrices supplémentaires concernant l'utilisation des analyseurs de spectre et des récepteurs à balayage peuvent être trouvées dans l'Annexe B de l'une quelconque des normes suivantes: CISPR 16-2-1:2014, CISPR 16-2-2:2010 ou CISPR 16-2-3:2010.

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).

CISPR 11:2015, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

CISPR 14-1:2005, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

CISPR 14-1:2005/AMD1:2008

CISPR 14-1:2005/AMD2:2011

CISPR 16-2-1:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites*

CISPR 16-2-2:2010, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-2: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesure de la puissance perturbatrice*

CISPR 16-2-3:2010, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations rayonnées*

CISPR 16-2-3:2010/AMD1:2010

CISPR 16-2-3:2010/AMD2:2014

CISPR TR 16-3:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports* (disponible en anglais seulement)

CISPR TR 16-3:2010/AMD1:2012

CISPR TR 16-3:2010/AMD2:2015

IEC 60050-161:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

IEC 60050-161:1990/AMD1:1997

IEC 60050-161:1990/AMD2:1998

IEC 60050-161:1990/AMD3:2014

IEC 60050-161:1990/AMD4:2014

IEC 60050-161:1990/AMD5:2015