

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Power line communication systems for power utility applications –
Part 2: Analogue power line carrier terminals or APLC**

**Systèmes de communication sur lignes d'énergie pour les applications des
compagnies d'électricité –
Partie 2: Équipements terminaux à courants porteurs sur lignes d'énergie
analogiques ou APLC**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Power line communication systems for power utility applications –
Part 2: Analogue power line carrier terminals or APLC**

**Systèmes de communication sur lignes d'énergie pour les applications des
compagnies d'électricité –
Partie 2: Équipements terminaux à courants porteurs sur lignes d'énergie
analogiques ou APLC**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.200

ISBN 978-2-8322-7948-9

**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	11
3 Terms, definitions and abbreviations	13
3.1 Terms and definitions	13
3.2 Abbreviations	15
4 Low frequency side interfaces	16
4.1 General	16
4.2 Analogue interfaces	17
4.2.1 General	17
4.2.2 Voice frequency band	17
4.2.3 Nominal impedance	17
4.2.4 Return loss	17
4.2.5 Degree of unbalance to Earth	17
4.2.6 ITU-T voice channel interface	17
4.2.7 Subscriber interface	17
4.2.8 PBX interconnection interface	18
4.2.9 Narrowband telegraphic channel interface	18
4.3 Analogue teleprotection system interface	19
4.3.1 Description	19
4.3.2 Integrated teleprotection	20
4.3.3 Teleprotection interface frequency band	20
4.3.4 Teleprotection interface impedance	20
4.3.5 Teleprotection interface reflection	20
4.3.6 Teleprotection interface signal levels	20
4.3.7 Teleprotection interface control circuits	20
4.4 Digital interfaces	21
4.4.1 Telephony signaling interface	21
4.4.2 Internal data modem	21
5 Transmission line side high frequency interface	24
5.1 APLC high frequency band and channelling	24
5.2 Frequency accuracy	25
5.3 Signal levels	25
5.4 Nominal impedance	25
5.5 Return loss	25
5.6 Degree of unbalance to earth	25
5.7 Tapping loss	25
5.8 Spurious emissions	26
6 Quality and Performance	27
6.1 General	27
6.2 APLC internally generated noise	28
6.3 Automatic gain control	28
6.4 Limiter action	28
6.5 Transmit/Receive frequency difference	28
6.6 Attenuation distortion	28

6.7	Group-delay distortion.....	30
6.8	Harmonic distortion.....	31
6.9	Selectivity.....	31
6.10	Crosstalk attenuation.....	31
6.10.1	Co-channel crosstalk attenuation.....	31
6.10.2	Inter-channel crosstalk attenuation.....	31
7	Testing.....	32
7.1	General.....	32
7.2	Test setup for APLC link tests.....	32
7.3	Return loss.....	32
7.4	Degree of unbalance to earth.....	33
7.4.1	General.....	33
7.4.2	LCL.....	34
7.4.3	OSB.....	34
7.5	Tapping loss.....	35
7.6	Spurious emissions.....	36
7.6.1	Single channel terminals.....	36
7.6.2	Multi-channel terminals.....	36
7.7	Selectivity.....	36
7.8	Co-channel and inter-channel crosstalk attenuation.....	37
8	Configuration and management.....	37
8.1	General.....	37
8.2	Configuration.....	37
8.3	Network management system.....	38
8.4	Local terminal alarms.....	38
9	Cyber security.....	38
9.1	General.....	38
9.2	Authentication.....	39
10	APLC safety.....	39
10.1	General.....	39
10.2	Safety reference standard.....	39
10.3	Classification of APLC Terminals.....	39
10.4	Ingress protection.....	41
10.5	Type and routine tests.....	41
11	Storage and transportation, operating conditions, power supply.....	43
11.1	Storage and transportation.....	43
11.1.1	Climatic conditions.....	43
11.1.2	Mechanical.....	44
11.2	Operating conditions.....	45
11.2.1	Climatic conditions.....	45
11.2.2	Mechanical.....	46
11.2.3	Operating conditions set of tests.....	47
11.3	Power supply.....	48
11.3.1	AC supply.....	48
11.3.2	DC supply.....	48
12	EMC.....	49
12.1	Emission and Immunity reference standards.....	49
12.2	Emission.....	50

12.2.1	Radiated and conducted emission	50
12.2.2	Low frequency disturbance emission	54
12.3	Immunity	54
12.3.1	EMC Environment	54
12.3.2	Functional requirements	56
12.3.3	Immunity test list	56
Annex A (normative) Characteristics of compandors for telephony (based on the withdrawn ITU-T Recommendation G.162)		59
A.1	General	59
A.2	Characteristics of compandors	59
A.3	Definition and value of the unaffected level	59
A.4	Ratio of compression and expansion	59
A.5	Range of level	60
A.6	Signal to noise ratio	60
Annex B (informative) APLC communication model		61
B.1	General	61
B.2	AM-SSB modulation technique	64
B.3	Functional blocks of an APLC terminal	65
Annex C (informative) HF modulated power signal		67
C.1	General	67
C.2	Discrete tone signals	67
C.3	Voice channels	69
C.4	Composite channels	70
C.5	Calculation examples	72
C.5.1	General	72
C.5.2	Calculation example 1: Load capacity and PEP	72
C.5.3	Calculation example 2: Power distribution adjustment	72
Bibliography		74
Figure 1 – Schematic representation of the scope of IEC 62488-2		10
Figure 2 – Generic architecture of an APLC terminal		16
Figure 3 – Subscriber PBX interfaces local and remote		18
Figure 4 – Interfaces for PBX trunk interconnection through APLC link		18
Figure 5 – Low symbol rate ITU-T telegraphic channelling		19
Figure 6 – Commonly used EIA RS-232 connector		22
Figure 7 – Commonly used V.11 connector		22
Figure 8 – ETH IEEE 802.3 RJ45 type connector		24
Figure 9 – ETH IEEE 802.3 SC type connector		24
Figure 10 – Tapping loss limits for APLC terminals		26
Figure 11 – Maximum level of spurious emissions outside the high frequency band		27
Figure 12 – Reference points for measuring APLC parameters		28
Figure 13 – Attenuation distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 3400 Hz (ITU-T G.232)		29
Figure 14 – Attenuation distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 2400 Hz		29
Figure 15 – Attenuation distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 2000 Hz		29

Figure 16 – Group delay distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 3400 Hz	30
Figure 17 – Group delay distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 2400 Hz	30
Figure 18 – Group delay distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 2000 Hz	31
Figure 19 – Test circuit for return loss measurement.....	33
Figure 20 – Test circuit for LCL measurement (Tx port)	34
Figure 21 – Test circuit for OSB measurement (Rx port)	35
Figure 22 – Test circuit for Tapping Loss measurement	35
Figure 23 – Test circuit for selectivity measurement.....	37
Figure 24 – LF disturbances measurement setup	54
Figure B.1 – Basic components of the APLC Terminal	61
Figure B.2 – Baseband and pass band signals correspondence in SSB modulation	61
Figure B.3 – APLC Terminal LF, baseband and HF interfaces identification	62
Figure B.4 – Examples for low frequency signals with bandwidth 4 kHz (IEC 62488-1).....	62
Figure B.5 – Composition of the modulating baseband for eight telephony channels with signalling APLC terminal (source Japan NC).....	62
Figure B.6 – Line-up limits of circuits for a 4 kHz channel terminal (ITU-T G.120)	63
Figure B.7 – Example of HF channelling plan (4 kHz based – IEC 62488-1).....	64
Figure B.8 – Principle of phasing SSB modulator	64
Figure B.9 – Principle of phasing SSB demodulator	65
Figure B.10 – Generic APLC terminal main functional blocks	66
Figure C.1 – Sine wave and its probability distribution	68
Figure C.2 – Probability of combined sine waves	69
Figure C.3 – Nominal high frequency band output power of multichannel PLC terminals.....	70
Table 1 – FSK symbol rate and related narrowband standards	23
Table 2 – Basic insulation [Table C.6 of IEC 60255-27:2013]	40
Table 3 – Double or reinforced insulation [Table C.10 of IEC 60255-27:2013]	40
Table 4 – List of Type and Routine Tests [Table 12 of IEC 60255-27:2013]	42
Table 5 – Classification of climatic conditions [Table 1 of IEC 60721-3-1:1997]	43
Table 6 – Climatic tests for storage and transportation.....	44
Table 7 – Classification of climatic conditions from Table 1 of IEC 60721-3-3:2002	46
Table 8 – Classification of mechanical conditions from Table 6 of IEC 60721-3-3:2002.....	47
Table 9 – Climatic tests	47
Table 10 – Sinusoidal vibration test	48
Table 11 – Non-repetitive shock test.....	48
Table 12 – Emission – Enclosure port [Table 1 of IEC 61000-6-4:2011 (ed.2.1)]	50
Table 13 – Emission – Low voltage AC mains port [Table 2 of IEC 61000-6-4:2011 (ed.2.1)].....	52
Table 14 – Emission – Telecommunications/network port [Table 3 of IEC 61000-6-4:2011 (ed.2.1)]	53
Table 15 – Characterization of the electromagnetic phenomena [Table 1 of IEC 61000-6-5:2015]	55

Table 16 – Port classification	56
Table 17 – Performance criteria	56
Table 18 – Immunity test list	57
Table C.1 – Load capacity of voice channels	71

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62488-2:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POWER LINE COMMUNICATION SYSTEMS
FOR POWER UTILITY APPLICATIONS –****Part 2: Analogue power line carrier terminals or APLC**

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 62488-2 has been prepared by IEC technical committee 57: Power systems management and associated information exchange.

This first edition of IEC 62488-2 cancels and replaces the relevant parts of IEC 60663 and IEC 60495, which will be withdrawn at a later date.

This standard is to be used in conjunction with IEC 62488-1.

This bilingual version (2020-03) corresponds to the monolingual English version, published in 2017-07.

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

FDIS	Report on voting
57/1867/FDIS	57/1891/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all the parts in the IEC 62488 series, published under the general title *Power line communication systems for power utility applications*, can be found on the IEC website.

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

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

The contents of the corrigendum of January 2020 have been included in this copy.

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 62488 series is a family of standards dealing with all aspects of power line communication systems operating over electricity power lines.

These international standards apply to power line carrier terminals and systems (PLC) used to transmit information over power networks including extra high, high and medium voltage (EHV/HV/MV) power lines. Both analogue and digital modulation as well as narrow and broadband systems will be included.

The complexity and extensive size of present-day electricity generation, transmission and distribution systems are such that it is possible to control them only by means of an associated and often equally large and complex telecommunication system having a high order of reliability.

The control of electrical networks and transmission and reception of data are through a combination of analogue and digital communication systems controlling devices and systems distributed throughout the electrical network.

The emergence of digital communication systems for controlling the devices of the electrical distribution network enables faster data transmission. The traditional analogue communication systems mainly due to legacy applications are still extensively used.

The ability to represent the various electrical parameters as an analogue signal and/or a digital signal ensures the quality and quantitative aspects of seamless communication to be maintained throughout the electrical power network.

Therefore, by using either analogue power line communication, digital power line communication or a combination of both types of systems, seamless efficient communication may be maintained throughout the power network.

In many countries, Power Line Carrier (PLC) channels represent a main part of the utility-owned telecommunication system. A circuit which would normally be routed via a PLC channel can also be routed via a channel using a different transmission medium, such as a point to point radio or open-wire circuit. Since, in many cases, automatic switching is used, the actual rerouting, although predetermined, is unpredictable.

It is important, therefore, that the input and output signals and criteria exchanged among all terminal used in the communications system are compatible. This compatibility is also beneficial in creating the ability to interchange and interconnect terminals from different sources.

This document has been prepared to enable compatibility between APLC links from different sources or between APLC links and other transmission medium to be achieved and to define the terminal performance required in APLC networks.

POWER LINE COMMUNICATION SYSTEMS FOR POWER UTILITY APPLICATIONS –

Part 2: Analogue power line carrier terminals or APLC

1 Scope

This part of IEC 62488 applies to Amplitude Modulation Single Sideband (AM-SSB) Analogue Power Line Carrier (APLC) Terminals and Systems used to transmit information over power lines (EHV/HV/MV).

In particular this document covers basically baseband signals with bandwidths of 4 kHz and 2,5 kHz, or multiples thereof, corresponding to the same high frequency bandwidth/s for single or multi-channel APLC terminals.

Figure 1 shows a schematic representation of the scope of the IEC 62488-2 standard within a complete power line communication system installation.

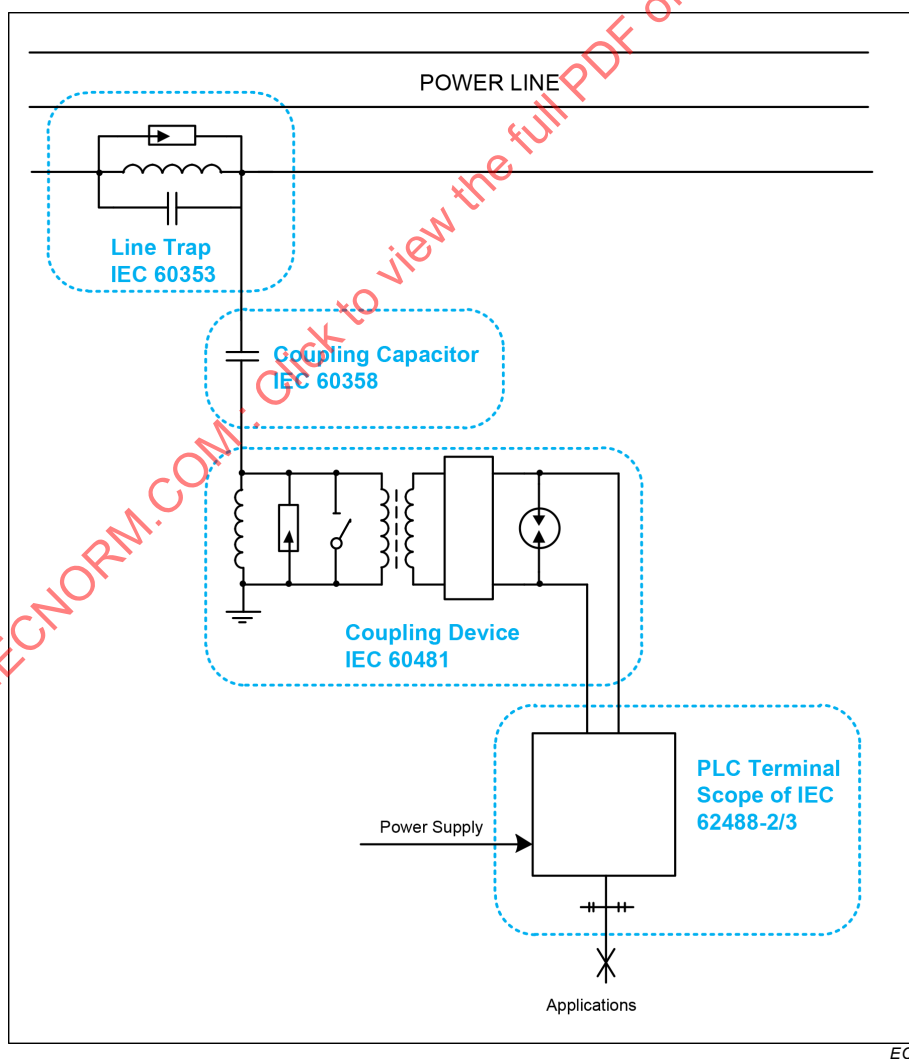


Figure 1 – Schematic representation of the scope of IEC 62488-2

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 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60255-27:2013, *Measuring relays and protection equipment – Part 27: Product safety requirements*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60721-3-1:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3 Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

IEC 60721-3-2:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation*

IEC 60721-3-3:1994, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995

IEC 60721-3-3:1994/AMD2:1996

IEC 60834-1, *Teleprotection equipment of power systems – Performance and testing – Part 1: Command systems*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3 : Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-16, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz*

IEC 61000-4-17, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-17: Testing and measurement techniques – Ripple on d.c. input power port immunity test*

IEC 61000-4-18, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test*

IEC 61000-4-20:2010, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides*

IEC 61000-4-29, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61000-6-4:2006/AMD1:2010

IEC 61000-6-5:2015, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for equipment used in power station and substation environment*

IEC 62488-1:2012, *Power line communication systems for power utility applications – Part 1: Planning of analogue and digital power line carrier systems operating over EHV/HV/MV electricity grids*

CISPR 16-1-1:2015, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

CISPR 16-1-2:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*

CISPR 16-1-4:2010, *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*

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 16-2-3:2016, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*

CISPR 14-1:2016, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

CISPR 22:2008, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62488-1 and the following apply.

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

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

3.1.1

absolute power level

power of a signal expressed in decibels referred to 1 mW as defined by Equation (1)

$$X[\text{dBm}] = 10 \times \log_{10}(P/1\text{mW}), \quad (1)$$

where

P = signal power

3.1.2

APLC equipment

PLC equipment with an LF interface for each LF channel, applying AM-SSB modulation to the signals at the input of each LF interface and transmitting over the power line the modulated signals, which occupy adjacent frequency bands fully covering the HF transmission band of the PLC

Note 1 to entry: The LF channel bandwidths are typically either 4,0 or 2,5 kHz, but can be different.

Note 2 to entry: In addition to the mentioned interfaces other interfaces may be present such as data interfaces, LF teleprotection and control interfaces or teleprotection command interfaces.

3.1.3

basic high frequency band

elementary subdivision of the high frequency range or part thereof allocated to a single APPL transmit or receive high frequency channel

3.1.4

effective transmitted voice band

that part of the voice-frequency baseband used for telephone communication, not including the telephone signalling channel

3.1.5

level reference point

point in a system with the relative level 0 dBr

Note 1 to entry: More specifically, a sinusoidal reference signal of 1020 Hz in the voice frequency band is thought to pass the signal path under consideration with such amplitude that its absolute level is 0 dBm at the 0 dBr point. [ITU-T G.100.1]

Note 2 to entry: The level reference point may exist physically or only hypothetically.

3.1.6

LF channel

frequency band used for the signal transmission of a low frequency interface

3.1.7

load capacity, <for the multi-channel terminal>

maximum single frequency sine wave power expressed in dBm0 which a multi-channel amplifier must transmit without appreciable overloading

3.1.8

mean high frequency band output power

output power of an APLC terminal at nominal high frequency band terminal averaged over a time sufficiently long compared with the cycle time of the lowest modulation frequency and during which this average power assumes the highest value for which the terminal has been designed

3.1.9

nominal high frequency band

frequency band in which a particular APLC transmitter or receiver is operating within the carrier-frequency range

Note 1 to entry: The nominal high frequency band is also referred to as nominal carrier frequency band.

3.1.10

nominal high frequency band output power

output power of an APLC terminal at nominal high frequency band expressed as the peak envelope power (PEP) for which the terminal has been designed, compatible with the requirements for spurious emissions and inter-channel interference (for multi-channel PLC terminals), available at the high frequency interface output across a resistive load equal to the nominal impedance

3.1.11

power ratio

ratio between the powers P_1 and P_2 of two signals

Note 1 to entry: The power ratio X_{12} is usually expressed in decibels (dB) and is calculated according to equation (2)

$$X_{12}[\text{dB}] = 10 \times \log_{10}(P_1/P_2). \quad (2)$$

3.1.12

relative power level

power level at a point on a circuit given by the expression $10 \times \log_{10}(P/P_0)$ dBr, where P represents the power of a sinusoidal signal at the reference frequency 1020 Hz at the point concerned and P_0 the power of that signal at the 0 dBr reference point [ITU-T P.10/G.100 R-8, ITU-T G.100.1]

Note 1 to entry: The relation between the relative power level P_{rel} , the absolute power level P and the system power level P_0 is given by Equation (3):

$$P_{\text{rel}}[\text{dBr}] = P[\text{dBm}] - P_0[\text{dBm0}] \quad (3)$$

Note 2 to entry: The relative power level depends on the measuring point and not on the type of signal.

3.1.13**spurious emissions**

emissions on a frequency, or on frequencies, which are outside the necessary bandwidth and the level of which may be reduced without affecting the corresponding transmission of information

Note 1 to entry: Spurious emissions include harmonic emissions, parasitic emissions, intermodulation products and frequency conversion products but exclude out-of-band emissions [ITU-R SM.329-12].

3.1.14**system power level**

power level expressed in dBm₀, such that x dBm₀ means x dB above or below 1 mW at the level reference point of the system, according to whether x is positive or negative, i.e. x dB above or below the level reference signal of 1020 Hz at any point of the system

Note 1 to entry: Networks are often designed to carry different types of signals (speech, modem, fax, etc.) at different levels, expressed in dBm₀ [ITU-T G.100.1].

3.1.15**system psophometric power level**

psophometrically weighted level expressed in dBm_{0p} as defined according to ITU-T O.41

Note 1 to entry: The term dBm_{0p} is used in the same way as dBm₀, when the level is measured with a psophometer instead of a flat-response level measuring set. The psophometric weighting is used only in connection with the specification of noise levels on voice channels. The equivalent noise bandwidth of the psophometrically-weighted filter is about 1,8 kHz.

3.2 Abbreviations

AC	Alternating Current
AM-SSB	Amplitude Modulation SSB
APLC	Analogue PLC
DC	Direct Current
DPLC	Digital PLC
DSP	Digital Signal Processing, Digital Signal Processor
E&M	Ear & Mouth
FAR	Fully Anechoic Room
FDM	Frequency Division Multiplexing, Frequency Division Multiplexer
FSK	Frequency Shift Keying
FXO	Foreign Exchange Office
FXS	Foreign Exchange Subscriber
HF	High Frequency
LAN	Local Area Network
LCL	Longitudinal Conversion Loss
LF	Low Frequency
MIB	Management Information Base
OATS	Open Area Test Site
OSB	Output Signal Balance
PBX	Private Branch Exchange
PEP	Peak Envelope Power
PLC	Power Line Carrier
RMS	Root Mean Square
Rx	Receiver, receive

SAC	Semi Anechoic Chamber
SNMP	Simple Network Management Protocol
SSB	Single Side Band
Tx	Transmitter, transmit
VF	Voice Frequency
WAN	Wide Area Network
2W	Two Wire
4W	Four Wire

4 Low frequency side interfaces

4.1 General

All interfaces described in Clause 4 are optional. However, as stated in the definition of 3.1.2, it shall be possible to configure APLC equipment such that it has one low frequency interface for each LF channel.

Figure 2 shows the generic architecture of an APLC terminal with the LF interfaces on the left and the RF interface on the right. The type of interface – digital (⏏) or analogue (⏏) – is indicated. In addition, two internal conceptual signals appear in this figure: (1) The “Baseband signal”, representing the FDM multiplexed signal of all LF signals and (2) the “Passband signal”, representing the baseband signal converted to the RF band by SSB modulation. These two signals are generally not accessible by the user. In case only one LF interface is present, the function of the block “Frequency Division Multiplexer / Demultiplexer” degenerates to a simple through connection.

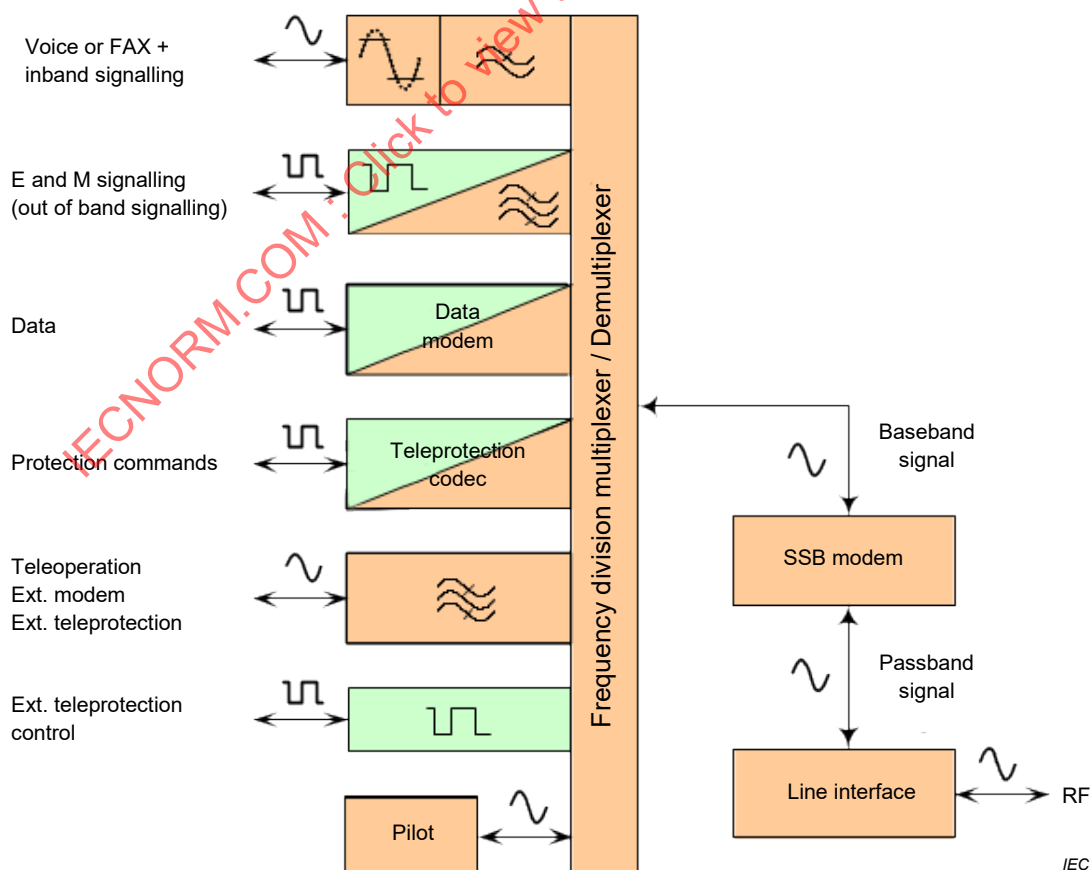


Figure 2 – Generic architecture of an APLC terminal

4.2 Analogue interfaces

4.2.1 General

In 4.2, a description of the analogue interfaces is given. For each of them the key parameters and the recommended characteristic values are indicated. All levels are specified as absolute power levels (dBm) unless otherwise noted.

4.2.2 Voice frequency band

The effective transmitted voice-frequency band is 300 to 3 400 Hz according to ITU-T G.232. Other recommended values for the effective transmitted voice band are:

- 300 to 2 400 Hz,
- 300 to 2 000 Hz.

4.2.3 Nominal impedance

The nominal impedance of all analogue low-frequency inputs and outputs shall be 600 Ω balanced.

4.2.4 Return loss

The return loss for all voice-frequency interfaces shall not be less than 14 dB within the effective transmitted frequency band.

4.2.5 Degree of unbalance to Earth

For all voice-frequency inputs longitudinal conversion loss and outputs signal balance shall not be less than 40 dB within the effective transmitted frequency band.

4.2.6 ITU-T voice channel interface

4.2.6.1 Description

One of the most used interfaces is related to the voice applications. Typically, it is used for interconnection to/from the multiplexor transit of subscriber service. One or more voice channel interfaces could be present in each terminal if needed.

4.2.6.2 Voice signal levels

- The minimum range of the transmit input level shall be –17 to 0 dBm
- The minimum range of the received output level shall be –7 to +4 dBm

4.2.7 Subscriber interface

4.2.7.1 Description

In some cases it is requested to make a subscriber connection to a PBX from a remote location. To make this possible APLC links provide for the telephone connection between PBX and two-wire telephone set by configuring a PBX interface at the local APLC terminal and a subscriber interface at the remote APLC terminal.

In Figure 3 a possible application scheme is given.

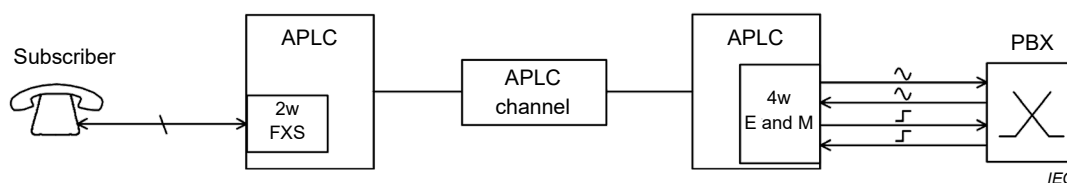


Figure 3 – Subscriber PBX interfaces local and remote

There is also the possibility to have a 2W interface to the PBX (2W-FXO interface), as an alternative to the 4W interface shown in the right side of Figure 3.

4.2.7.2 Voice signal levels

The relative two-wire/four-wire levels used for voice differ from country to country. They shall preferably be within the following recommended ranges:

- The minimum range of the transmit input level shall be -17 to 0 dBm
- The minimum range of the received output level shall be -7 to $+4$ dBm

4.2.8 PBX interconnection interface

4.2.8.1 Description

When the interconnection between two PBXs is needed, APLC is configured to provide the four-wire interface including the correct signaling.

In Figure 4 a possible application scheme is given.

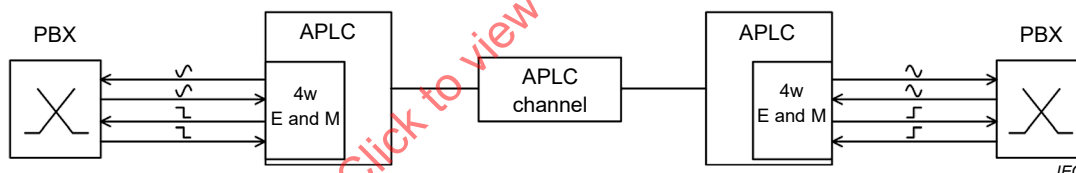


Figure 4 – Interfaces for PBX trunk interconnection through APLC link

4.2.8.2 Voice signal levels

The relative four-wire levels used for voice differ from country to country. They shall preferably be within the following recommended ranges:

- The minimum range of the transmit input level shall be -17 to 0 dBm
- The minimum range of the received output level shall be -7 to $+4$ dBm

4.2.9 Narrowband telegraphic channel interface

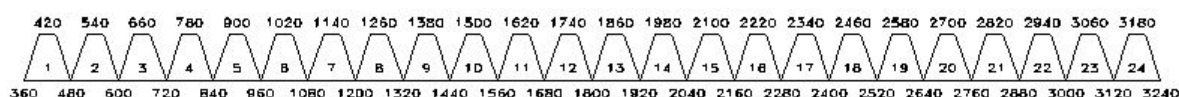
4.2.9.1 Description

Subclause 4.2.9 refers to the transit of low symbol rate modulated telegraphic channels (i.e. 50, 100, 200, 600, 1 200 Bauds) typically used for carrying remote control and metering signals from the RTUs to the SCADA central systems.

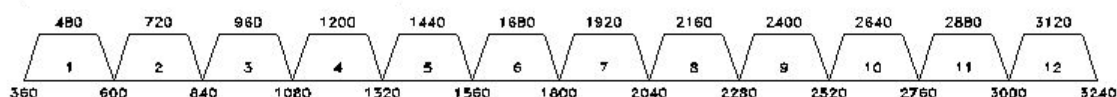
4.2.9.2 Narrowband telegraphic channelling

For asynchronous data transmission within ITU-T voice channels and according to the type of modulation used, a frequency division multiplexing and channelling plan as shown in Figure 5 is most commonly used.

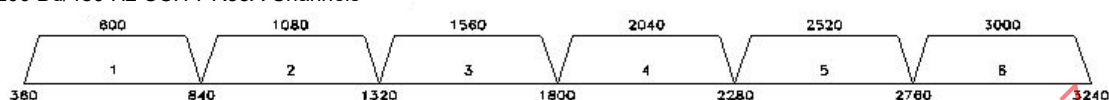
50 Bd/120 Hz CCITT R36 Channels



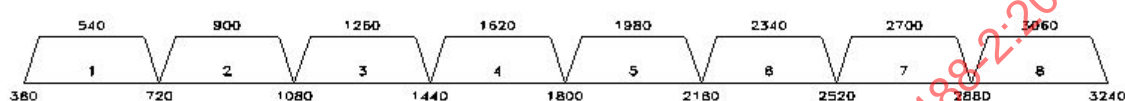
100 Bd/240 Hz CCITT R37 Channels



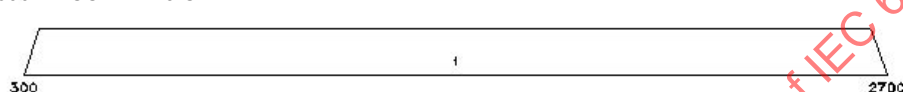
200 Bd/480 Hz CCITT R38A Channels



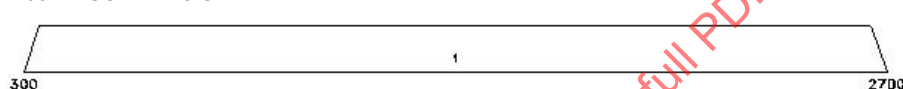
200 Bd/360 Hz CCITT R38B Channels



600 Bd CCITT V23 Channels



1 200 Bd CCITT V23 Channels



IEC

Figure 5 – Low symbol rate ITU-T telegraphic channelling

The bandwidth used within the voice channel ranges for each telegraphic channel from 120 Hz up to 2 400 Hz.

This allows the multiplexing of one or more FSK modulated signals with symbol rates from 50 Baud to 1200 Baud.

4.2.9.3 Telegraphy signal levels

The relative four-wire levels used for telegraphic modulated signals shall preferably be within the following recommended ranges:

- The minimum range of the transmit input level shall be –20 dBm to 0 dBm
- The minimum range of the received output level shall be –20 dBm to 0 dBm

4.3 Analogue teleprotection system interface

4.3.1 Description

A typical goal of a selective analogue teleprotection device consists of accelerating, delaying, locking or conditioning the protection relay (line distance protection, insulation gas low pressure protection) installed in the field at both sides of an APLC link.

This is achieved by transmitting a command from one teleprotection device to the other by a suitable transmission system, fast, safe and reliable in order to control the way the protection relay at the other end of the line section behaves.

APLC terminals optionally may have on board an integrated analogue selective teleprotection device with its interface enabling the communication with protection device.

Another possible option includes a simple analogue interface enabling the communication between an external teleprotection device with an APLC terminal.

In the first case the interface process signals/commands directly exchanged with the field protection relay. It means that no low frequency signals exchanged but simply logic criteria/commands.

In the second case the interface cooperates with an external selective teleprotection device. Therefore the interface may consist of voice-frequency input/output and control circuits.

The inputs and outputs shall preferably be decoupled from the other signal/command inputs/outputs.

4.3.2 Integrated teleprotection

In this case the functional requirements of teleprotection command systems as defined in IEC 60834-1 shall be applied.

4.3.3 Teleprotection interface frequency band

The nominal frequency band used for teleprotection service shall be specified within the frequency range of the nominal voice channel.

It can be a fully dedicated and pre-allocated frequency band or an alternative one which is allocated when the terminals switch to the teleprotection mode.

For this second operational mode – in order to reduce the risk of interference – the inhibition of all other signals present at the low frequency interface is requested.

4.3.4 Teleprotection interface impedance

- The input/output impedance shall be 600 Ω .

4.3.5 Teleprotection interface reflection

- The return loss shall be not less than 14 dB.

4.3.6 Teleprotection interface signal levels

- The minimum range of the transmit input level shall be –20 dBm to 0 dBm.
- The minimum range of the received output level shall be –20 dBm to 0 dBm.

4.3.7 Teleprotection interface control circuits

Control inputs may be provided to accomplish boosting of the teleprotection signal up to a maximum specified high frequency PEP output power and to interrupt the other signals for a short time of typically less than 500 ms during teleprotection transmission or reception.

APLC terminals shall include control circuits to shift the terminal from communication mode to teleprotection mode if a temporary band is allocated for transmitting the teleprotection signal.

The control inputs shall operate with a loop resistance of up to 500 Ω .

Control outputs are often provided to give an alarm to the external teleprotection terminal in case of failure or degradation of the APLC link.

4.4 Digital interfaces

4.4.1 Telephony signaling interface

4.4.1.1 Description

It enables interfacing with a telephone or telephone exchange. To satisfy the different telephony applications the following typical configurations shall be possible:

- automatic line extension at telephone side (FXS);
- automatic line extension at exchange side (FXO).

In some specific cases the following configurations are also requested:

- central battery;
- local battery.

In particular, it can perform the following functions:

- conversion of engaged, dialing or call criteria into transmission and return criteria for the signaler;
- generation of supply current for the telephone;
- generation / detection of an alternating ring voltage of 20/25 Hz or 50/60 Hz.

4.4.1.2 E&M signaling mechanism

With reference to Figures 3 and 4, the signaling channel shall be operated by a potential free open or closed contact or by earthing at the transmit side and shall provide a potential free contact or earth at the receive side.

The input shall operate with a loop resistance up to 500 Ω . The output contact shall be able to switch up to 72 V and 50 mA on a resistive load.

4.4.1.3 Signaling modulation and frequency band

Often signaling is transmitted using FSK modulation. To this aim a specific small portion of the frequency band is allocated within or beside the voice channel (e.g. 2 490 – 2 550 Hz). The FSK frequency of the FSK signal is shifted (for instance by ± 30 Hz) in the presence of signaling.

An alarm is often provided if the level of the signaling frequency being received is less than a predefined adjustable threshold (e.g. 3 dB to 20 dB) with respect to the nominal value.

4.4.1.4 Pulse distortion

The pulse distortion shall not exceed 10 % when the signaling channel is operated at a speed of 30 Baud.

4.4.2 Internal data modem

4.4.2.1 Description

For the data transmission, one or more serial modems may be integrated into the APLC terminal.

Each modem interface according to the technology implemented shall be compliant with the respective communication standard.

ITU-T recommendation V.24 (EIA RS-232) and recommendation V.11 standards define serial interfaces to be used for communication between digital devices.

For FSK transmission the bandwidth to be used is defined by the respective standard. It uses normally one or more parts of the typical telephone channel as shown in the previous Figure 5.

The bandwidth to be used is defined by the respective standard. The modems use the full bandwidth of an LF channel or one or more parts thereof. For FSK, the channelling is shown in Figure 5.

Other kind of modulation such as DPSK, QPSK, QAM, etc. can also be used for data transmission.

4.4.2.2 Physical layer

The serial data interfaces shall be compliant with ITU-T recommendations V.24/V.28 (EIA RS-232) or ITU-T recommendations V.11/X.24 (EIA RS-422). Commonly used connectors are shown in Figure 6 for EIA RS-232 and Figure 7 for EIA RS-422.

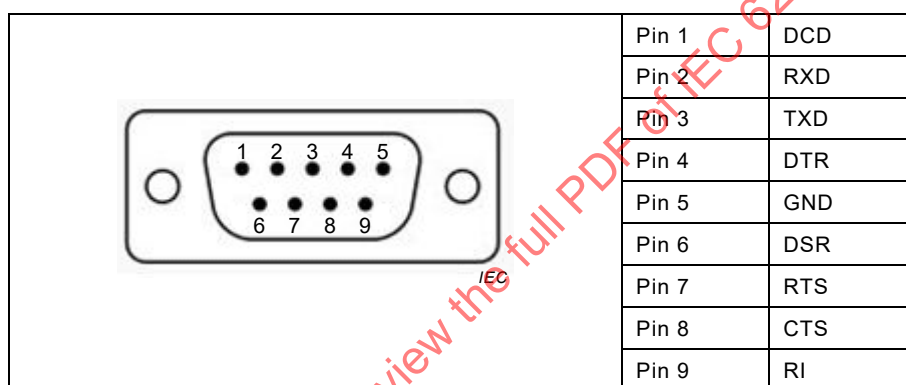


Figure 6 – Commonly used EIA RS-232 connector

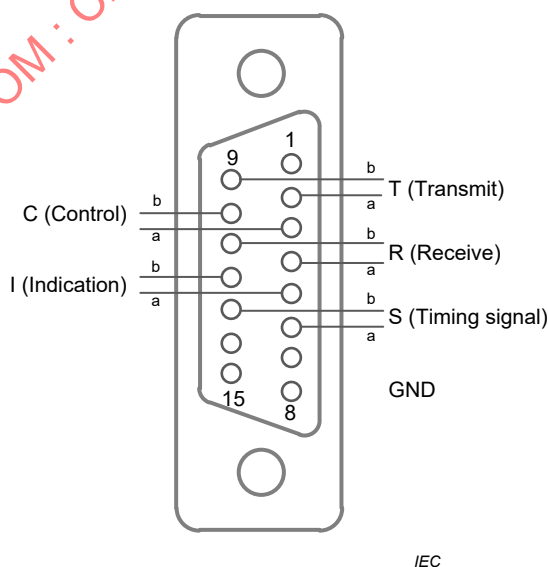


Figure 7 – Commonly used V.11 connector

For the physical characteristics (voltage, connector form factor, insulation, and pin-out) of these interfaces the respective reference standards shall be applied.

4.4.2.3 Data link layer

Integrated FSK modems typically operate with a symbol rate between 50 Baud and 1 200 Baud.

The corresponding reference standards are given in Table 1.

Table 1 – FSK symbol rate and related narrowband standards

FSK symbol rate	Related narrowband standard
50 Baud	ITU-T R.35
100 Baud	ITU-T R.37
200 Baud	ITU-T R.38A
200 Baud	ITU-T R.38B
600 Baud	ITU-T V.23
1 200 Baud	ITU-T V.23

Integrated voice frequency modems according to ITU-T use a frequency band between 300 Hz and 3 400 Hz and achieve data rates of 14,4 kbps or higher. However, these standards have not been designed for use over PLC. At start-up, after noise bursts or short channel interruptions, and for compatibility to earlier ITU-T standards, the modems go through a training sequence with a duration of several seconds before data transmission can start or continue.

4.4.2.4 Ethernet IEEE 802.3 interface

4.4.2.4.1 General

In some cases it is requested to interface APLC links with a local area network LAN in order to implement local switching or bridging functionalities.

This integrated interface often implements both the Ethernet 10/100BaseT (copper) as well as 100FX (optical) standard interfaces.

Ethernet frames are first serialized, elaborated and then transmitted through an internal integrated high speed data serial modem of the APLC terminal.

4.4.2.4.2 Physical layer

For Ethernet interfaces twisted copper pair or optical connectors are commonly used. Possible examples for these connectors are given in Figures 8 and 9.

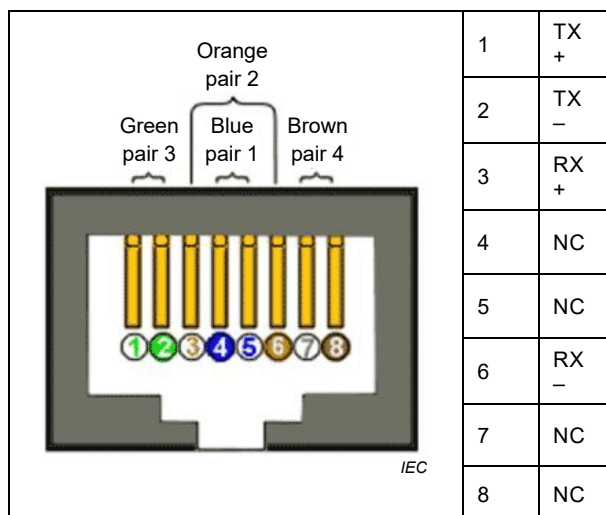


Figure 8 – ETH IEEE 802.3 RJ45 type connector

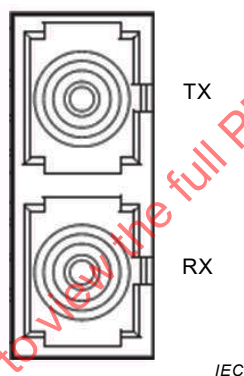


Figure 9 – ETH IEEE 802.3 SC type connector

For the physical characteristics (voltage, connector form factor, insulation, and pin-out) of these interfaces the respective reference standard shall be applied.

4.4.2.4.3 Data link layer

For this application the link layer shall be compliant with the Ethernet standard IEEE 802.3.

For practical reasons more than one Ethernet port shall be made available implementing switching functionalities for LAN.

Remote Ethernet connectivity requests, at least, the implementation of the basic transparent WAN bridging functionalities according to IEEE 802.1D.

5 Transmission line side high frequency interface

5.1 APLC high frequency band and channelling

The typical high frequency range used in Europe spans from 40 kHz to 500 kHz (up to 1 000 kHz in some countries and for special applications (e.g. cables) down to 24 kHz). Parts of this range may be barred by national regulations.

The nominal high frequency band is divided into basic high frequency bands of typically 4 kHz or 2,5 kHz according to the used LF channels.

Generally an APLC terminal operates in a nominal high frequency band consisting of one or more adjacent basic high frequency bands for each direction of the transmission.

The nominal high frequency band of the terminal has a bandwidth equal to $n \times B$ (n = number of high frequency channels; B = bandwidth of basic high frequency band).

The nominal transmit and receive high frequency bands of an APLC terminal may be non-adjacent or adjacent.

For each APLC terminal, the configurable set of high frequency nominal channel bandwidths and the set of nominal carrier frequencies for which the recommended values will be maintained shall be stated.

5.2 Frequency accuracy

The high frequency, corresponding to the carrier possibly suppressed during the modulation process, for any high frequency channel shall not differ from its nominal value by more than ± 10 Hz.

5.3 Signal levels

The configurable range of PEP and RMS power of the high frequency signal at the transmission line side high frequency interface when loaded with nominal impedance shall be stated in the terminal user manual.

For the power distribution over the nominal HF band, Annex C of this document and Annex C of IEC 62488-1:2012 may serve as guidelines.

5.4 Nominal impedance

The nominal impedance within the nominal high frequency transmit band at the transmission line side high frequency interface shall be 75 Ω unbalanced or 150 Ω balanced.

Other values may be considered if needed. For each value, the HF interface of the terminal shall comply with the requirements defined in Clause 5.

5.5 Return loss

The test procedure for measuring the return loss is described in 7.3.

The return loss within the nominal high frequency transmit band shall be not less than 10 dB.

5.6 Degree of unbalance to earth

The test procedure for measuring the degree of unbalance to earth is described in 7.4.

For the transmission line side high frequency interface of the balanced type the longitudinal conversion loss shall be not less than 40 dB at power frequency 50 Hz or 60 Hz.

5.7 Tapping loss

The test procedure for measuring the tapping loss is described in 7.5.

The impedance outside the band B_0 depicted in Figure 10 shall be such that any other APLC or DPLC terminal, connected to the same coupling matching unit with the same impedance, shall not suffer from a tapping loss A_t higher than indicated in Figure 10.

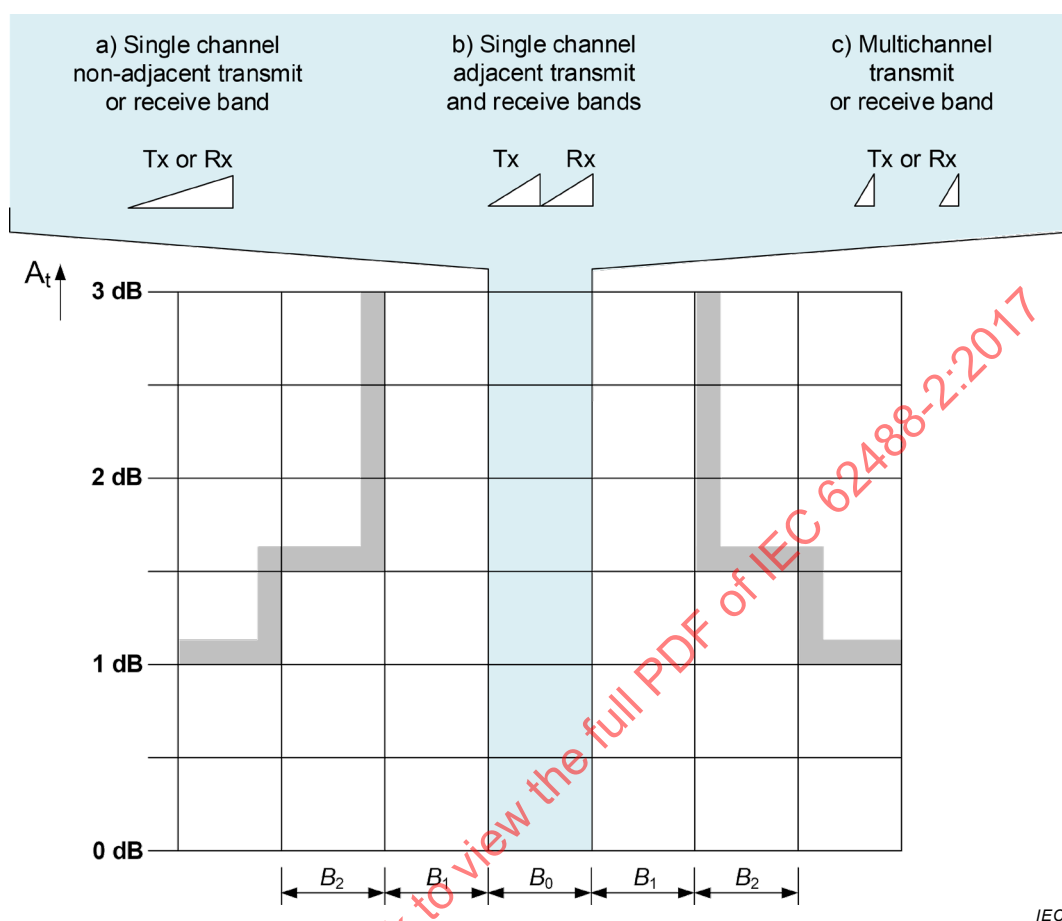


Figure 10 – Tapping loss limits for APLC terminals

The values of B_0 , B_1 , and B_2 are given in the table below where B is the basic high frequency band (typically 4 kHz or 2,5 kHz) and n is the number of channels.

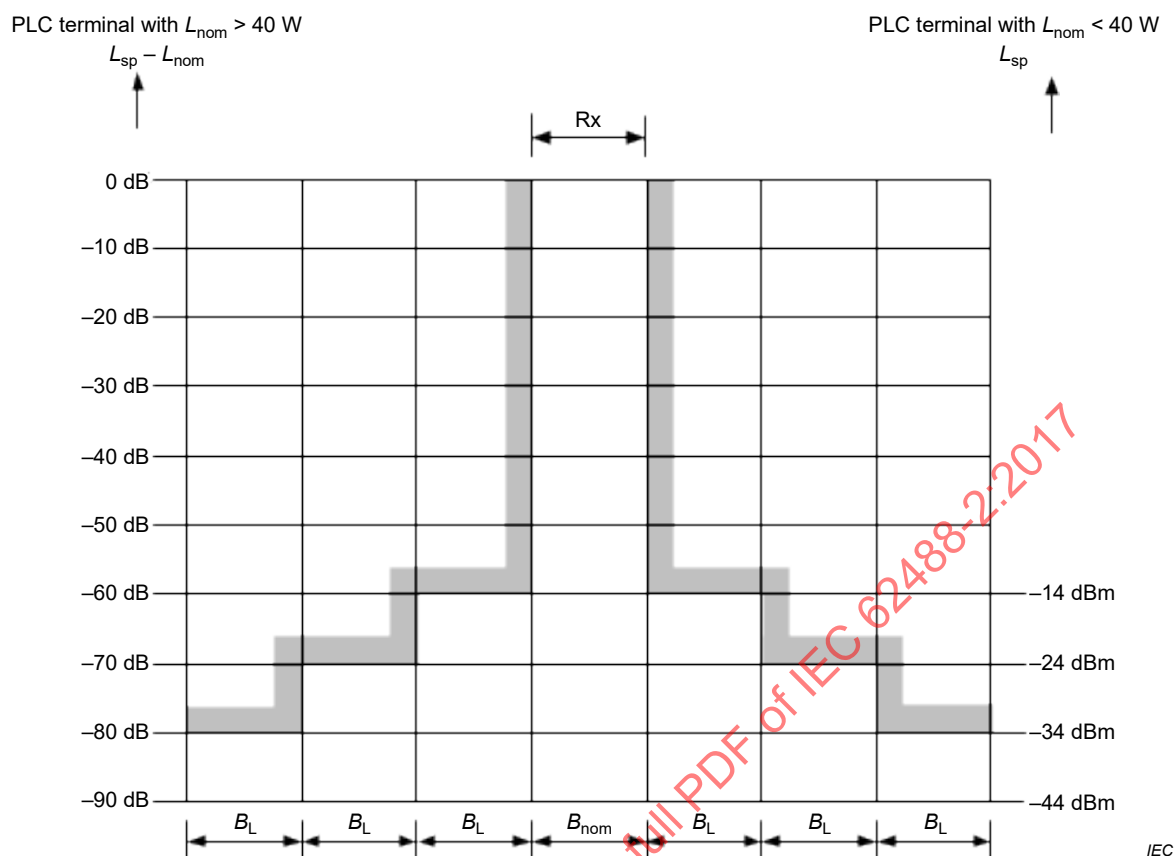
	B_0	B_1	B_2
a)	B	$2 \times B$	B
b)	$2 \times B$	$2 \times B$	B
c)	$n \times B$	$n \times B$	$n \times B$

5.8 Spurious emissions

Spurious emissions are emissions, at one or more frequencies, located outside the nominal high frequency transmit band.

The test procedure for measuring the spurious emissions is described in 7.6.

The maximum permitted level of spurious emissions is indicated in Figure 11.



B_{nom} is the bandwidth of the nominal high frequency band used for transmission.

$B_{nom} = n \times B$ where B is the bandwidth of the basic high frequency band and n the number of channels.

L_{sp} is the level of spurious emissions

L_{nom} is the nominal high frequency band output power

$B_L = B_{nom}$

Figure 11 – Maximum level of spurious emissions outside the high frequency band

6 Quality and Performance

6.1 General

In Clause 6, several requirements concerning the quality and performance of a single or a couple of inter-connected APLC terminals will be given.

The requirements particularly focus on APLC requirements referring to both the voice frequency side interfaces as well as the high frequency side interface for a single or a pair of terminals simulating an APLC link.

Figure 12 shows the reference points for measuring APLC parameters. These are the two analogue low frequency interfaces appearing in Figure 2.

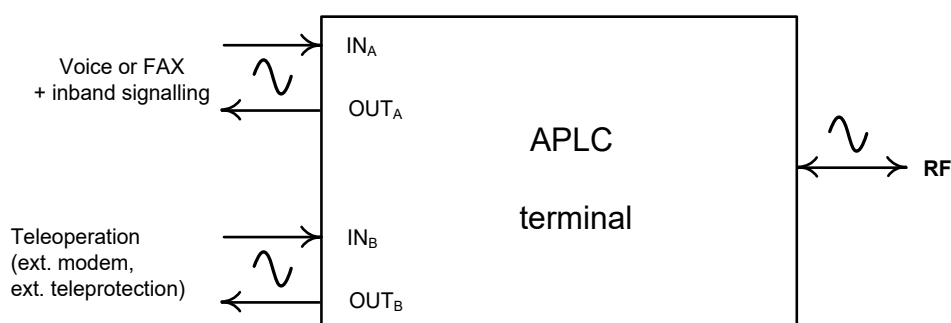


Figure 12 – Reference points for measuring APLC parameters

6.2 APLC internally generated noise

The none-weighted noise level, measured at the voice-frequency output of a pair of PLC terminals shall not exceed $-52,4 \text{ dBm0}$. This value can be considered equivalent to a weighted noise level of -55 dBm0p .

The measurement shall be made in the absence of any signal transmission (except for pilot signal or reduced carrier).

6.3 Automatic gain control

In the case of a 30 dB change in high frequency received signal level within the regulation range, the change in voice-frequency receive levels of both speech and signals shall be less than 1 dB.

The automatic gain control characteristic shall be coordinated with the teleprotection requirements.

6.4 Limiter action

The limiter associated with the voice channel shall produce a limiting effect defined as follows.

The action of the limiter shall start between -3 dBm0 and 0 dBm0 for any sinusoidal signal of a frequency between 300 Hz and the upper frequency of the voice channel.

The level at the high frequency side interface of the output signal measured by means of a true RMS non-selective level meter shall not exceed $+3 \text{ dBm0}$ for an increase in the voice-frequency input signal to a level of $+15 \text{ dBm0}$.

When the APLC operation is not degraded at the maximum output level as a result of a link budget design, a limiter is not necessary.

6.5 Transmit/Receive frequency difference

In a pair of APLC terminals, the frequency difference between a voice-frequency signal applied to the transmit end and that received at the receive end shall not exceed 2 Hz.

For data transmission automatic frequency control of the APLC terminals is recommended.

6.6 Attenuation distortion

The attenuation distortion of a pair of APLC terminals measured between the voice input and output (points IN_A and OUT_A in Figure 12) shall meet the requirements in Figures 13, 14 and 15.

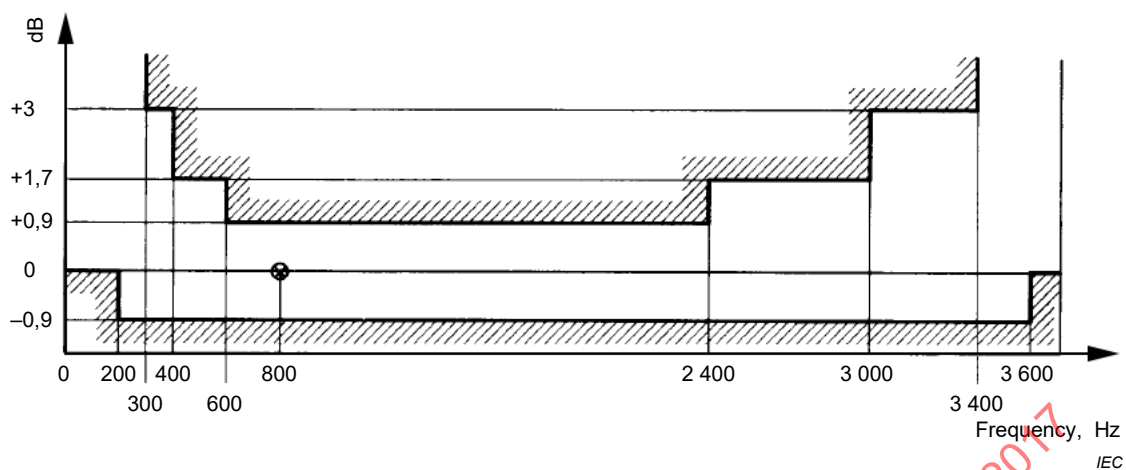


Figure 13 – Attenuation distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 3400 Hz (ITU-T G.232)

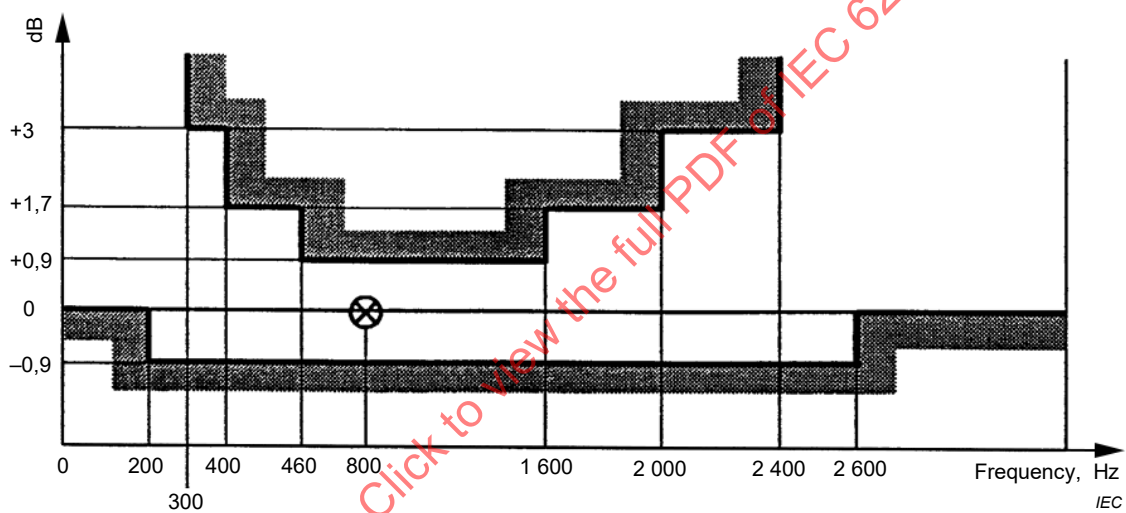


Figure 14 – Attenuation distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 2400 Hz

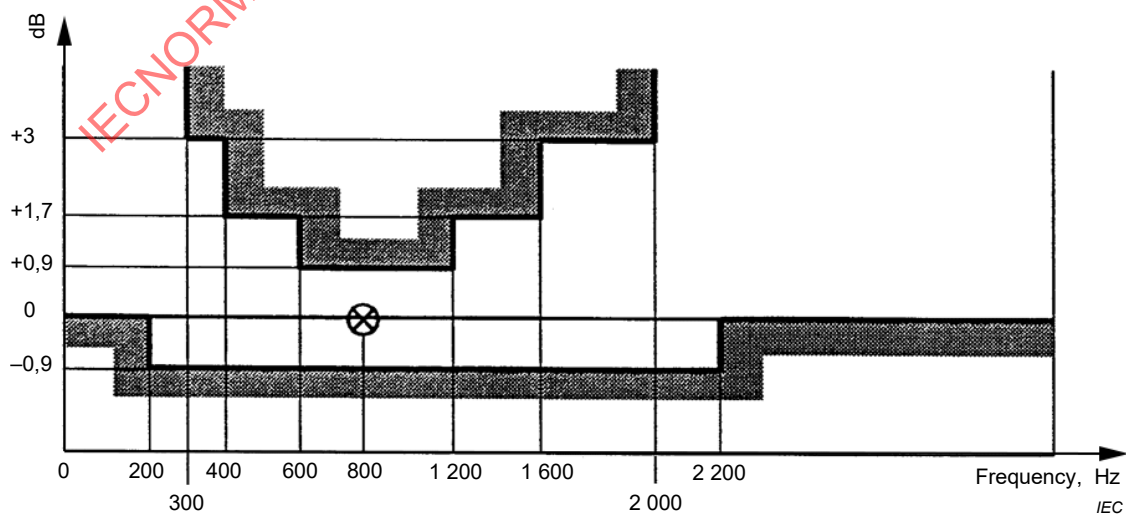


Figure 15 – Attenuation distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 2000 Hz

6.7 Group-delay distortion

The group-delay distortion of a pair of APLC terminals measured between the voice-frequency input and output (points IN_A and OUT_A in Figure 12) shall meet the requirements in Figures 16, 17 and 18.

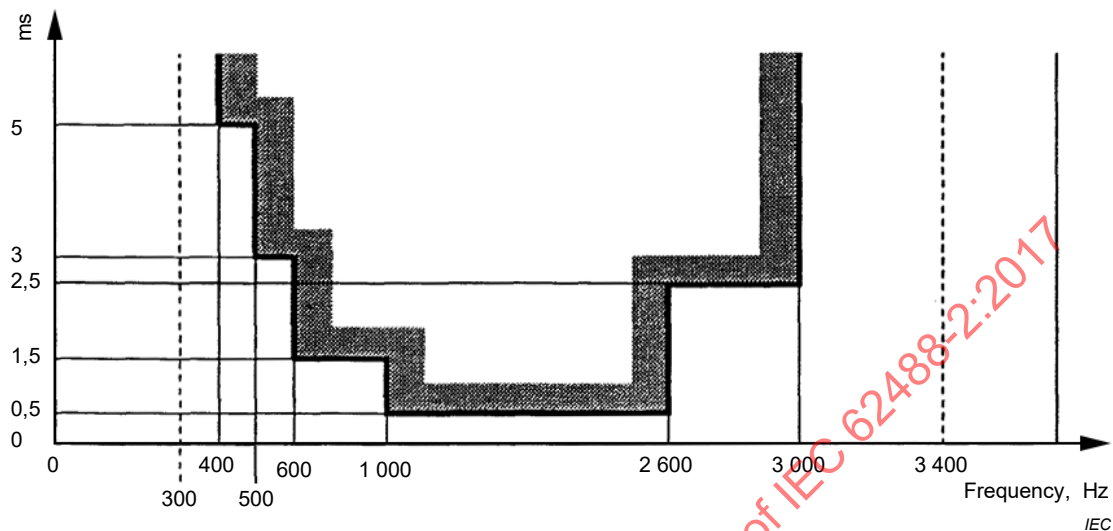


Figure 16 – Group delay distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 3400 Hz

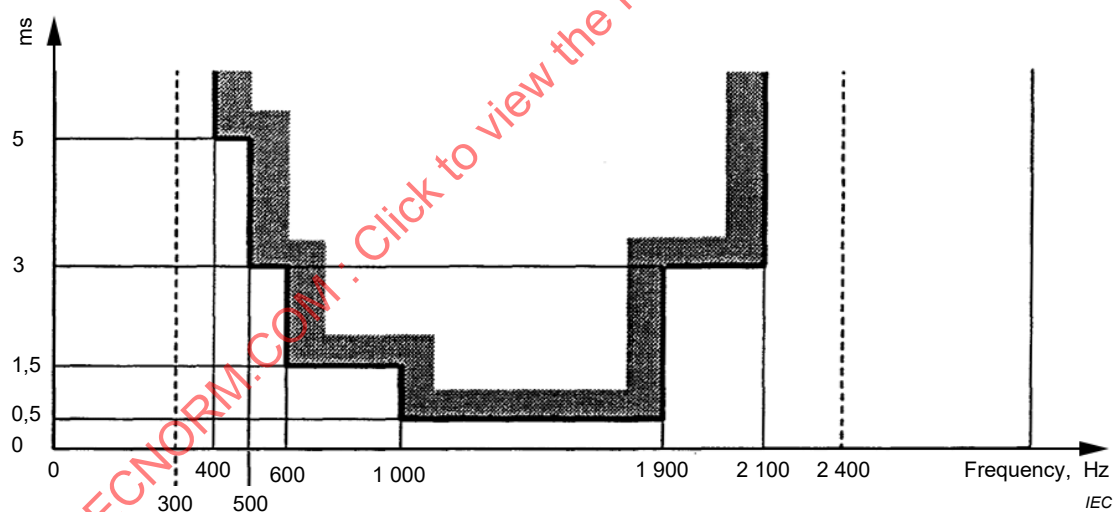


Figure 17 – Group delay distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 2400 Hz

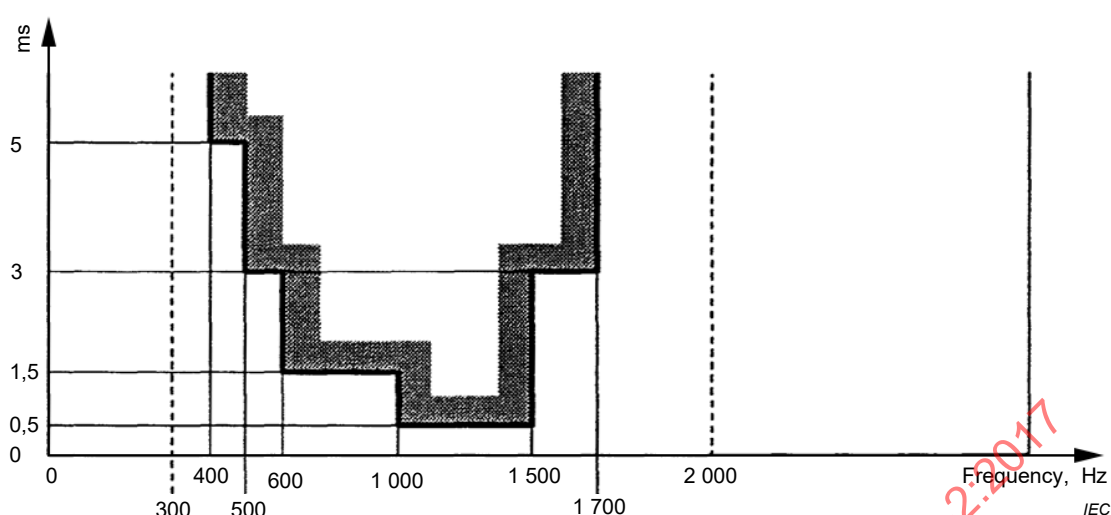


Figure 18 – Group delay distortion limits for the voice frequency band of 300 Hz to 2000 Hz

6.8 Harmonic distortion

The harmonic distortion of a pair of APLC terminals shall be measured at the output (point OUT_A in Figure 12).

A sinusoidal test signal with a frequency of 350 Hz and a level of -3 dBm0 shall be injected at the input (point IN_A in Figure 12).

The level of each component present at the voice frequency output (point OUT_A in Figure 12) shall be lower than -40 dBm0.

6.9 Selectivity

The test arrangement is described in 7.7.

When a sinusoidal signal with a frequency of 300 Hz outside the nominal carrier-frequency receive band is injected at the carrier-frequency side of a PLC terminal with a level of $+10$ dBm0, the level of the received signal at the voice-frequency side (points OUT_A or OUT_B in Figure 12) shall be less than -55 dBm0.

For a basic high frequency band of B, when a sinusoidal signal with a frequency of B or more outside the nominal high frequency receive band is injected with a level of $+20$ dBm0, the level of the received signal at the voice-frequency side (points OUT_A or OUT_B in Figure 12) shall be less than -55 dBm0.

6.10 Crosstalk attenuation

6.10.1 Co-channel crosstalk attenuation

The test arrangement is described in 7.8.

The near-end crosstalk attenuation measured between transmitting points IN_A or IN_B of a channel and receiving points OUT_A or OUT_B of the same channel for the near-end terminal shall be not less than 50 dB.

6.10.2 Inter-channel crosstalk attenuation

The test arrangement is described in 7.8.

The near-end crosstalk attenuation measured between transmitting points IN_A or IN_B in Figure 12 of a channel and receiving points OUT_A or OUT_B of the other channels for the near-end terminal shall be not less than 50 dB.

The far-end crosstalk attenuation measured between receiving points OUT_A or OUT_B in Figure 12 of the considered channel and receiving points OUT_A or OUT_B of the other channels for the far-end terminal shall be not less than 50 dB.

7 Testing

7.1 General

In Clause 7 a description of the test setup and methodology to be applied for assessing the main features of an APLC terminal will be given. All tests shall be performed in order to measure and verify that meet the requirements expressed in Clauses 4, 5 and 6.

All the tests verifying the requirements shall be considered as type tests as defined in the International Electrotechnical Vocabulary (IEV 151-04-15, IEC 60050).

7.2 Test setup for APLC link tests

In all test procedures which require the use of a pair of APLC terminals, the high frequency side interfaces shall be connected by an artificial line (resistive attenuator with attenuation A), matched to the nominal impedance of the terminals according to Equation (4).

$$A = 20\text{dB} \quad (4)$$

As modern electronic components allow the conception of automatic gain control circuits with a wide regulation range, it is assumed that a 20 dB attenuation is suitable for testing any PLC in a range of power from 1 W to 50 W. However, the attenuation value can be different, if required.

7.3 Return loss

This paragraph describes the test procedure for measuring the return loss. The return loss of the high frequency interface of an APLC terminal shall be measured to verify that it meets the requirement defined in 5.5.

The return loss measurement shall also be performed on all the voice frequency interfaces of the APLC terminal analogue low frequency side interface.

The test circuit shown in Figure 19 can be used.

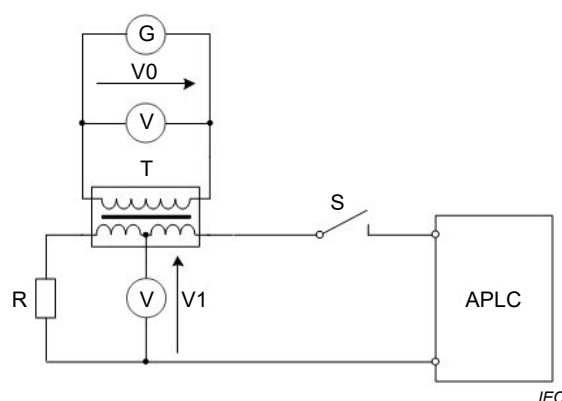


Figure 19 – Test circuit for return loss measurement

The resistor R shall be equal to the nominal impedance Z_{nom} of the APLC interface under test. That is generally 600 Ω for the audio frequency interfaces, and 75 Ω or 150 Ω for the high frequency interface.

G is a sine wave generator, and V0 shall be a sinusoidal signal with a constant voltage throughout the specified frequency range. The voltage level shall be the same in both positions of the switch S. A voltage of 1 V_{rms} is recommended.

T is a symmetric differential transformer wound around a magnetic material suitable for the given frequency band. It is composed of two windings, the primary on the generator side, the secondary, center tapped, on the APLC side. In principle, the transformer ratio is 1:1 primary to secondary (center tapped).

The measurement of voltages V0 and V1 shall be carried out with a suitable frequency selective voltmeter with high impedance across the specified frequency range. The APLC is in idle state with no signal transmitted.

For each frequency, the measurement is carried out with switch S in open position giving the voltage $V1_{\text{open}}$ and with S in closed position giving the voltage $V1_{\text{closed}}$.

The return loss A_{RL} is then given by Equation (5):

$$A_{\text{RL}} = 20 \times \log_{10} \left| \frac{V1_{\text{open}}}{V1_{\text{closed}}} \right| \text{ dB} . \quad (5)$$

Note on the measurement with the differential transformer:

As the elements of the measurement circuit are not perfect, the value of V0 may change slightly when closing/opening the switch S, and may also change from one frequency to another. It is then mandatory to adjust and verify V0 at each point. This can be avoided using a transformer with a turn ratio of 10 for example. This shall mask the variation of the impedance of the secondary side seen from the generator side.

7.4 Degree of unbalance to earth

7.4.1 General

This subclause describes the test procedure for measuring the Longitudinal Conversion Loss (LCL) and the Output Signal Balance (OSB) which are related to the degree of unbalance to earth.

The LCL shall be measured on all the voice frequency channels inputs (including telegraph and teleprotection transmission ports) within the voice frequency transmitted band.

It shall also be measured on the balanced high frequency interface at mains power frequency 50 Hz or 60 Hz.

The OSB shall be measured on all the voice frequency channels outputs (including telegraph and teleprotection receiving ports) within the voice frequency transmitted band.

7.4.2 LCL

The test circuit is given in Figure 20 (other arrangements may be considered as far as they follow the ITU-T Recommendation O.9).

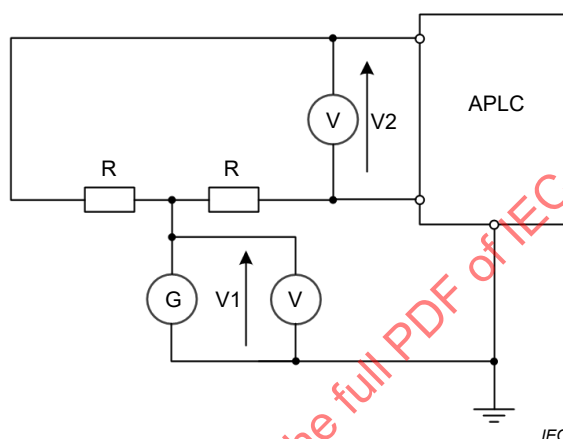


Figure 20 – Test circuit for LCL measurement (Tx port)

The resistors R shall be $Z_{nom}/2$ (that is generally $R = 300 \Omega$ for the voice frequency interface and $R = 75 \Omega$ for the balance high frequency interface).

G is a sine wave generator, and V1 shall be a sinusoidal signal with a constant voltage throughout the specified frequency range which is:

- 50 Hz to 3 400 Hz for the voice frequency channel inputs
- 50 Hz to 60 Hz for the high frequency interface

A voltage of 1 Vrms is recommended. the voltages V1 and V2 measurement shall be carried out with a suitable frequency selective voltmeter with impedance $\gg R$ across the specified high frequency range.

The APLC terminal is in idle state with no signal transmitted.

The measured values of V1 and V2 are used to calculate the LCL by using Equation (6) at each measurement point:

$$LCL = 20 \times \log_{10} \left| \frac{V1}{V2} \right| \text{ dB} \quad (6)$$

7.4.3 OSB

The test circuit is given in the Figure 21 (other arrangement may be considered as far as they follow the ITU-T Recommendation O.9).

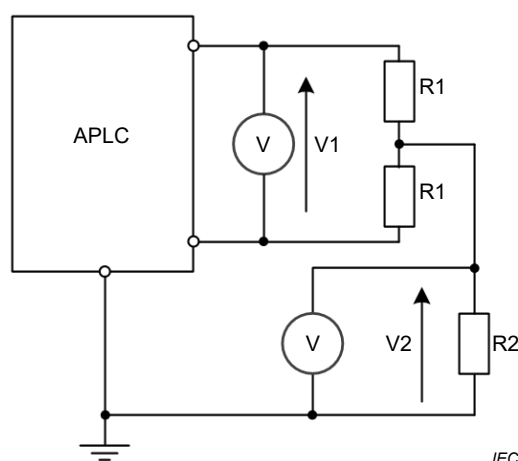


Figure 21 – Test circuit for OSB measurement (Rx port)

The resistors R1 shall be $Z_{\text{nom}}/2$ and the resistor R2 shall be $Z_{\text{nom}}/4$ (that is generally $R1 = 300 \, \Omega$ and $R2 = 150 \, \Omega$).

The voltages V1 and V2 measurement shall be carried out with a suitable frequency selective voltmeter with impedance $\gg R$ across the specified frequency range (50 Hz to 3 400 Hz). The APLC is in idle state with no signal transmitted.

The measured values of V1 and V2 are used to calculate the LCL by using Equation (7) at each measurement point:

$$OSB = 20 \times \log_{10} \left| \frac{V1}{V2} \right| \text{ dB} \quad (7)$$

7.5 Tapping loss

Subclause 7.5 describes the test procedure for measuring the Tapping loss. The test circuit is given in Figure 22. The closing of switch S simulates the insertion of the APLC into a matched circuit.

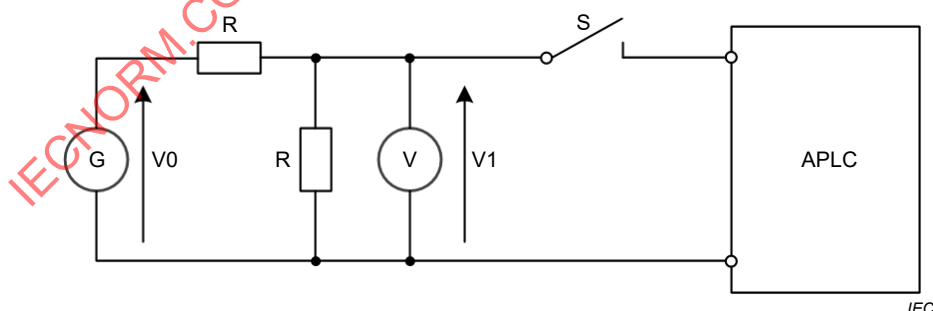


Figure 22 – Test circuit for Tapping Loss measurement

The resistors R shall be equal to the nominal impedance of the APLC high frequency interface Z_{nom} .

G is a sine wave generator, and V0 shall be a sinusoidal signal with a constant voltage of 775 mV RMS throughout the specified voltage range.

The measurement of voltage V_1 shall be carried out with a suitable frequency selective voltmeter with impedance $\gg R$ across the specified frequency range. The APLC is in idle state with no signal transmitted.

For each frequency, the measurement is carried out with switch S1 in open position giving the voltage $V_{1\text{open}}$ and with S1 in closed position giving the voltage $V_{1\text{closed}}$. The Tapping Loss attenuation A_{TL} is then given by equation (8):

$$A_{\text{TL}} = 20 \times \log_{10} \left| \frac{V_{1\text{open}}}{V_{1\text{closed}}} \right| \text{ dB} \quad (8)$$

7.6 Spurious emissions

7.6.1 Single channel terminals

For single channel terminals, in order to measure spurious emissions, the transmitter shall be modulated by two sinusoidal test signals of equal amplitude, the transmitter being terminated with a resistive load equal to the nominal impedance.

For APLC with a channel bandwidth B of 4 kHz or more the test signal frequencies shall be 350 Hz and $B - 700$ Hz.

For APLC with a channel bandwidth B of 2,5 kHz or less the test signal frequencies shall be 350 Hz and $B - 200$ Hz.

For APLC with a channel bandwidth between 2,5 kHz and 4 kHz the test signal frequencies shall be 350 Hz and $B - 400$ Hz.

The amplitude of the test signals shall be chosen so that each produces a quarter of the stated nominal high frequency output power.

The measurement shall be made with the aid of a selective level measuring set with an adequate bandwidth. It is necessary to ensure that the limiting action of the limiter, if any, does not occur when making this measurement.

7.6.2 Multi-channel terminals

For multi-channel terminals, in order to measure spurious emissions, the transmitter shall be modulated by a sinusoidal voice-frequency signal applied simultaneously with the same amplitude to each voice-frequency channel interface, the transmitter being terminated with a resistive load equal to the nominal impedance.

The frequency of the test signal shall be $B/2$, where B is the lowest channel bandwidth.

The amplitude of the test signal shall be chosen so as to produce a $1/n^2$ part of the stated nominal carrier-frequency output power of the terminal, where n is the number of channels.

The measurement shall be made with the aid of a selective level measuring set with an adequate bandwidth. It is necessary to ensure that the limiting action of the limiter, if any, does not occur when making this measurement.

7.7 Selectivity

The test is carried out on a link by injecting the signal at the high frequency side interface of one terminal by means of an external signal source and a hybrid using a test circuit as shown in Figure 23.

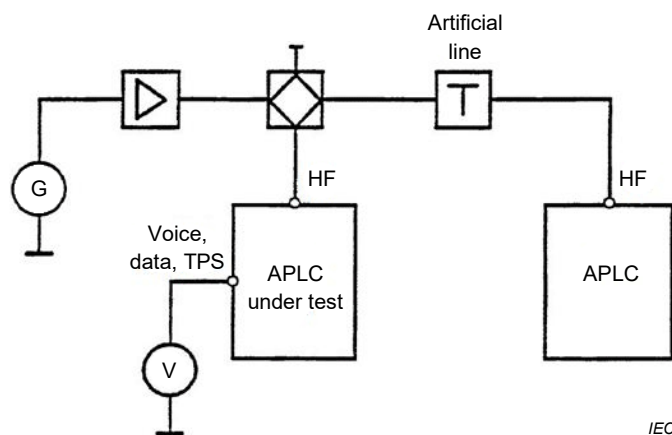


Figure 23 – Test circuit for selectivity measurement

7.8 Co-channel and inter-channel crosstalk attenuation

The requirements apply to a pair of APLC terminals forming an APLC link.

The test shall be carried out by injecting two sinusoidal voice frequency signals in each channel in the absence of any other signal transmission.

The amplitude of these test signals shall be chosen so that each one produces a $1/(4n^2)$ part of the stated nominal high frequency output power of the APLC terminal, where n is the number of channels.

For systems with a channel bandwidth B of 4 kHz or more the signal frequencies shall be 350 Hz and $B - 700$ Hz.

For systems with a channel bandwidth B of 2,5 kHz or less the signal frequencies shall be 350 Hz and $B - 200$ Hz.

For systems with a channel bandwidth between 2,5 kHz and 4 kHz the signal frequencies shall be 350 Hz and $B - 400$ Hz.

The measurement shall be made with a selective level measuring set with an adequate bandwidth and shall include harmonics and inter-modulation products. Limiting shall not take place when making this measurement.

8 Configuration and management

8.1 General

Basically every APLC terminal using the DSP technology has its own supervisory and programming interface. It allows the configuration and management of all main parts composing the terminal.

8.2 Configuration

A web based interface or software application shall be made available for the local configuration and the execution of the key maintenance operations.

It can be used to configure the main APLC terminal parameters in software mode as well as bandwidth, transmission and reception frequency, transmission power, user services, teleprotection services.

However, in order to complete the terminal configuration, certain hardware pre-settings have to be adjusted.

In addition to the above features in order to simplify the APLC link setup it shall be useful to have a voice channel to be used during configuration steps. This enables operators at the two ends of the link to talk during the configuration phase.

8.3 Network management system

The network management system allows diagnostics and maintenance of the APLC terminals from a remote control center.

A dedicated software, which is out of the scope of this standard, allows the user through configuration and maintenance remote operations to manage APLC terminals and links by an easy-to-understand interface display.

It is therefore often requested to integrate APLC management function into a generic SNMP (Simple Network Management Protocol) manager. In this case the APLC terminal MIB (Management Information Base) shall be made available.

In particular to make available access to the MIB information or execute a command, sending alarm traps to SNMP manager, APLC terminals shall use a network management system interface.

8.4 Local terminal alarms

DSP ensure a very high level of reliability and in case of any APLC terminal cards or line failure the internal diagnostic routine shall return to the operator an alarm, displayed on the front of the APLC terminal or signaled by dry relay contacts.

APLC terminal shall have on board a number of LED indicators that will summarize the status of operation of the APLC terminal and/or the link highlighting the proper link operation or the presence of anomalies/failures.

Whenever APLC enters a wrong operation an alarm occurs. According to the alarm returned at least two different type of conditions shall be shown. Commonly used are:

	Alarm type	Meaning
1	Transmitter alarm	A hardware error has been detected in the transmitter and/or the transmitted signal is missing or low
2	Receiver alarm	A hardware error has been detected in the receiver and/or the received signal is low or distorted
3	Hardware alarm	A hardware error has been detected in the local terminal
4	Link alarm	The received signal is low or distorted

9 Cyber security

9.1 General

The configuration and monitoring through the network software application raises problems relating security and confidentiality of the information exchanged between each APLC terminal and the remote control center. Several aspects concerning cyber security are well addressed in the IEC 62351 series.

For APLC at least the following technology must be considered:

- User activity logging. This is a way to trace any activity performed on the terminal through its configuration software application;
- Traffic encryption, so it cannot be intercepted, freely analyzed and eventually modified by a third party;
- Implementing authentication mechanism that prevents a third party generating false messages without them being recognized as not valid.

9.2 Authentication

Authentication is the mechanism allowing to limit the terminal access to users having the necessary privileges only; basically there are two types of authentication mechanisms – local and remote – as in the following:

- The local authentication mechanism evaluates the details supplied by the user, comparing them with those recorded on the APLC terminal; there are two different user profiles (i.e. root and guest, respectively) that defines the different levels of privilege.
- The local access password can be modified via the local APLC terminal configuration software.
- The remote authentication mechanism sends authentication requests received at the APLC terminal input to a remote authentication server which use a secret code shared between the terminal and the server for authenticating the access requests. The server authenticates the user and provides a positive or negative feedback on whether the details provided by the user are correct or not.

All necessary parameters for these authentication modes can be usually defined through the APLC terminal configuration software.

10 APLC safety

10.1 General

Clause 10 specifies the requirements for the terminal in order to reduce the risk of fire, electric shock or injury to the user. It is assumed that access to the terminal in normal service is restricted to personnel aware of working procedures to ensure safety.

Clause 10 does not cover the functional safety requirements and it does not cover the safety requirements of installations.

10.2 Safety reference standard

The safety reference standard for the APLC terminal is IEC 60255-27. As the scope of this standard is the safety requirements for protection devices, it applies to terminals which will normally be installed in a restricted access area within a power station, substation or industrial/retail environment. It is therefore an obvious choice to extend its application to the APLC terminal safety requirements.

Alternatively IEC 60950-1 may be used to prove the conformity of APLC regarding safety.

10.3 Classification of APLC Terminals

The APLC terminal shall meet the requirements of Table C.6 of IEC 60255-27:2013 and Table C.10 of IEC 60255-27:2013, as shown in Tables 2 and 3.

Table 2 – Basic insulation [Table C.6 of IEC 60255-27:2013]

Nominal rated insulation voltage or working voltage (RMS or DC) up to	Clearance	Creepage distance					Withstand voltage ^c		
		mm					V		
		In equipment			On printed wiring board		Peak impulse	RMS. 50/60 Hz	DC
		Material group			Not coated	Coated ^{a b}			
		I	II	III					
V	mm	CTI ≥ 600	CTI ≥ 400	CTI ≥ 100	CTI ≥ 175	CTI ≥ 100	1,2/50 μs	1 min	1 min
50	0,15	0,60	0,85	1,20	0,15	0,10	800	490	700
100	0,50	0,70	1,00	1,40	0,50	0,50	1 500	820	1 150
150	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2 500	1 350	1 900
300	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4 000	2 200	3 100
600	5,50	5,50	5,50	6,00	5,50	5,50	6 000	3 250	4 600
1 000	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	8 000	4 350	6 150

^a Also applies to PCB-mounted components with mechanically stable distances between leads.

^b See C.2.2 of IEC 60255-27:2013 for minimum coating requirements.

^c For proving the clearance in air, see 10.6.3 and Table C.11 of IEC 60255-27:2013.

Linear interpolation may be used between the nearest two points, the calculated minimum clearance and creepage distance being rounded up to the next higher specified increment. The specified increment is 0,1 mm.

Table 3 – Double or reinforced insulation [Table C.10 of IEC 60255-27:2013]

Nominal rated insulation voltage or working voltage (RMS or DC) up to	Pollution degree 2 – Overvoltage category III								
	Clearance	Creepage distance					Withstand voltage ^c		
		mm					V		
		In equipment			On printed wiring board		Peak impulse	RMS. 50/60 Hz	DC
		Material group			Not coated	Coated ^{a b}			
V	mm	I	II	III	CTI ≥ 175	CTI ≥ 100	1,2/50 μs	1 min	1 min
50	0,50	1,20	1,70	2,40	0,50	0,50	1 500	820	1 150
100	1,50	1,50	2,00	2,80	1,50	1,50	2 500	1 350	1 900
150	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4 000	2 200	3 100
300	5,50	5,50	5,50	6,00	5,50	5,50	6 000	3 250	4 600
600	8,00	8,00	11,00	12,00	8,00	8,00	8 000	4 350	6 150
1 000	14,00	14,00	14,00	20,00	14,00	14,00	12 000	6 500	9 200

^a Also applies to PCB-mounted components with mechanically stable distances between leads.

^b See C.2.2 of IEC 60255-27:2013 for minimum coating requirements.

^c For proving the clearance in air, see 10.6.3 and Table C.11. of IEC 60255-27:2013

Linear interpolation may be used between the nearest two points, the calculated minimum clearance and creepage distance being rounded up to the next higher specified increment. The specified increment is 0,1 mm.

The following conditions shall be applied:

- pollution degree 2;
- overvoltage category III

as applicable for equipment operating in harsh environments of substations according to IEC 60255-27.

These conditions can be reduced if special measures are taken to limit transient voltages to appropriate values and/or additional protections are used to reduce the pollution degree.

In this case, these measures and protections shall be clearly described in the safety chapter of the terminal user manual.

10.4 Ingress protection

The terminal shall have an Ingress Protection equal or better than IP2x according to IEC 60529.

10.5 Type and routine tests

Table 4, which is taken from Table 12 of IEC 60255-27:2013, gives the list of the type and routine tests that are required to demonstrate the APLC terminal is compliant to the requirement.

The second column [Type Tests – Safety (Normative)] gives the minimum set of type tests to be carried out to demonstrate the compliance.

The third column gives the minimum set of tests that shall be carried out as routine test in factory on each single APLC terminal.

Table 4 – List of Type and Routine Tests [Table 12 of IEC 60255-27:2013]

Test	Reference	Type tests ^b		Routine test ^c
		Validation ^a (informative)	Safety (normative)	
Environmental tests				
Dry-heat test – operational	10.6.1.1	X	---	---
Cold test – operational	10.6.1.2	X	---	---
Dry-heat test at maximum storage temperature	10.6.1.3	X	---	---
Cold test at minimum storage temperature	10.6.1.4	X	---	---
Damp-heat test	10.6.1.5	X	---	---
Cyclic temperature with humidity	10.6.1.6	X	---	---
Vibration	10.6.2.1	X	---	---
Shock	10.6.2.2	X	---	---
Bump	10.6.2.3	X	---	---
Seismic	10.6.2.4	X	---	---
Reverse polarity and slow ramp	10.6.6	X	---	---
Safety-related tests				
Clearances and creepage distances	10.6.3	---	X	---
Accessible parts test	10.6.2.5	---	X	---
IP rating	10.6.2.6	---	X	---
Impulse voltage	10.6.4.2	---	X	---
AC or d.c. dielectric voltage	10.6.4.3	---	X	X
Insulation resistance	10.6.4.4	X	---	---
Protective bonding resistance	10.6.4.5	---	X	---
Protective bonding continuity	10.6.4.5.2	---	---	X
Flammability of insulating materials, components and fire enclosures ^d	10.6.5.2	---	X ^d	---
Single-fault condition	10.6.5.5	---	X	---
Electrical environment tests				
Maximum temperature of parts and materials	10.6.5.1	X	---	---
Thermal short time	10.6.5.3	X	---	---
Output relay, make and carry	10.6.5.4	X	---	---
^a Validation tests are normally carried out as type tests during product development but they may have an impact on product safety. After validation testing, the equipment under test should be checked for compliance with safety requirements, for example, due to cracking or distortion of parts providing insulation.				
^b Compliance with type-test requirements may be carried out by testing, measurement, visual inspection or assessment, as appropriate, for example, clearance and creepage distance measurement (or visual inspection where the distances are obviously large) or technical argument such as assessment of single-fault conditions where the result would be known. There shall be no electrical shock or fire hazard during or after conducting the normally applied type tests to demonstrate claimed compliance.				
^c For sample test guidance, refer to 10.6.4.3.2.3. of IEC 60255-27:2013				
^d Testing of plastic parts may be necessary where the material does not meet the minimum flammability specified in Clause 7 of IEC 60255-27:2013 or its thickness is below the minimum specified for that material to achieve the required minimum flammability.				
X applicable				
--- not applicable				

11 Storage and transportation, operating conditions, power supply

11.1 Storage and transportation

11.1.1 Climatic conditions

11.1.1.1 Storage

The terminal may be stored in partially open air locations and be partially exposed to limited wind-driven precipitation. Therefore the APLC terminal, together with its packaging and protection (not the terminal itself), shall meet the requirements of IEC 60721-3-1, class 1K5, as shown in Table 5.

Table 5 – Classification of climatic conditions [Table 1 of IEC 60721-3-1:1997]¹

Environmental parameter	Unit	Class ¹⁰⁾										
		1K1	1K2	1K3	1K4	1K5	1K6	1K7	1K8	1K9	1K10 11)	1K11 11)
a) Low air temperature	°C	+20 ⁶⁾	+5	–5	–25	–40	–55	–20	–33	–65	+5	–20
b) High air temperature	°C	+25 ⁶⁾	+40	+45	+55	+70	+70	+35	+40	+55	+40	+55
c) Low relative humidity ¹⁾	%	20	5	5	10	10	10	20	15	4	30	4
d) High relative humidity ¹⁾	%	75	85	95	100	100	100	100	100	100	100	100
e) Low absolute humidity ¹⁾	g/m ³	4	1	1	0,5	0,1	0,02	0,9	0,26	0,003	6	0,9
f) High absolute humidity ¹⁾	g/m ³	15	25	29	29	35	35	22	25	36	36	27
g) Rate of change of temperature ²⁾	°C/min	0,1	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
h) Low air pressure ³⁾	kPa	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
i) High air pressure ³⁾	kPa	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
j) Solar radiation	W/m ²	500	700	700	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
k) Heat radiation	None	No	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)
l) Movement of surrounding air ⁴⁾	m/s	0,5	1,0 ⁸⁾	1,0 ⁸⁾	1,0 ⁸⁾	5,0 ⁸⁾	5,0 ⁸⁾	8)	8)	8)	50 ⁸⁾	50
m) Condensation	None	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
n) Precipitation (rain, snow, hail, etc.)	None	No	No	No	Yes ⁹⁾	Yes ⁹⁾	Yes ⁹⁾	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
o) Rain intensity	mm/min	None	None	None	None ⁹⁾	None ⁹⁾	None ⁹⁾	6	6	15	15	15
p) Low rain temperature ⁵⁾	°C	None	None	None	None ⁹⁾	None ⁹⁾	None ⁹⁾	+5	+5	+5	+5	+5
q) Water from sources other than rain	None	No	No	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)
r) Formation of ice and frost	None	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes

¹ The cross-references in this table refer to IEC 60721-3-1:1997.

Notes:

- 1) The low and high relative humidity's are limited by the low and high absolute humidity's, so that, for example, for environmental parameters a) and c), or b) and d), the severities given in Table 1 do not occur simultaneously.
- 2) Averaged over a period of time of 5 min.
- 3) The value of 70 kPa represents a limit for open-air conditions, normally at an altitude of 3000 m. In some geographical areas, open-air conditions may occur at higher altitudes. Conditions in mines are not considered.
- 4) A cooling system based on non-assisted convection may be disturbed by adverse movement of surrounding air.
- 5) This rain temperature should be considered together with high air temperature b) and solar radiation j). The cooling effect of the rain has to be considered in connection with the surface temperature of the product.
- 6) These are air-conditioned locations with a tolerance of 2 °C on stated temperature value.
- 7) Conditions occurring at the location concerned to be selected from Table 2.
- 8) If applicable, a special value may be selected from Table 2.
- 9) Applies to wind-driven precipitation at partially weather protected locations.
- 10) The classes of climatic conditions of this document include the classes of IEC 60721-3-3 and IEC 60721-3-4 as follows:

1K1 covers 3K1	1K3 covers 3K5	1K5 covers 3K7	1K7 covers 4K1	1K9 covers 4K4	1K11 covers 4K6
1K2 covers 3K3	1K4 covers 3K6	1K6 covers 3K8	1K8 covers 4K2	1K10 covers 4K5	
- 11) Further information on classes 1K10 (tropical damp) and 1K11 (tropical dry) is given in Annex C.

For any worse conditions that may arise, for example in very cold or very wet countries, refer directly to IEC 60721-3-1:1997, A.2.1.

11.1.1.2 Transportation

The requirement is for the terminal, including protection (not the terminal itself) depends on the means of transportation and the transportation route.

IEC 60721-3-2 can serve as reference guide for transportation. Note that the conditions apply for the terminal together with its packaging, pallet and all the protections suitable for each particular means of transportation.

11.1.1.3 List of climatic tests for storage and transportation

Table 6 gives the minimum set of type tests to be carried out to demonstrate the conformity of the terminal.

Table 6 – Climatic tests for storage and transportation

Climatic Tests					
Test	IEC Standard		Temperature	Relative Humidity	Duration
Cold	IEC 60068-2-1	Test Ab	–40 °C	No	16 hours
Dry heat	IEC 60068-2-2	Test Bb	+70 °C	No	16 hours
Damp heat cyclic	IEC 60068-2-30	Test Db	+40 °C	95 %	(12 + 12 hours) x 2 cycles

11.1.2 Mechanical

The packing is of primary importance in the withstanding of the terminal to mechanical constraints during transportation and storage and shall be adapted to the different conditions that may be encountered.

The normal transportation conditions include all kinds of lorries and trailers in areas with a well-developed road system, transportation by planes, modern train system and ships. This corresponds to class 2M1 of the IEC 60721-3-2.

For any worse transportation conditions, for example transportation in areas without a well-developed road system, it is recommended to pack the terminal respecting class 2M2 of IEC 60721-3-2.

If testing is required, the following standards shall be applied:

- Sinusoidal vibrations (IEC 60068-2-6)
- Shocks (IEC 60068-2-27)
- Free fall and toppling (IEC 60068-2-31)

11.2 Operating conditions

11.2.1 Climatic conditions

Usually, APLC terminal equipment is installed in the telecom room building of the substation. This room may not always be air conditioned. In any case the room is equipped with a heating system. Consequently, the APLC terminal equipment shall meet the requirement of IEC 60721-3-3 class 3K5, amended as follows:

- **High air temperature:**
 - +45 °C
 - +55 °C for not more 24 hours per month without any degradation of performances.
- **Low air temperature:**
 - To prevent from a complete loss of APLC communication in case of failure of the heating system in very cold countries, the terminal shall operate without damage at temperatures down to –10 °C for a period of at least 16 hours per month without any degradation of performance and the lowest temperature for cold start shall be 0 °C.
- **Condensation, formation of ice:**
 - In normal operation the formation of ice shall not occur. The terminal equipment shall not be exposed to any type of water.
 - Temporary condensation may occur during maintenance when spare parts are introduced which have been stored at a lower temperature than that prevailing in the telecommunication terminal environment.

**Table 7 – Classification of climatic conditions from
Table 1 of IEC 60721-3-3:2002²**

Environmental parameter	Unit	Class												
		3K1	3K2	3K3	3K4	3K5	3K6	3K7	3K7L	3K8	3K8H	3K8L	3K9 ⁸⁾	3K10 ⁸⁾
a) Low air temperature	°C	+20 ³⁾	+15	+5	+5	–5	–25	–40	–40	–55	–25	–55	+5	–20
b) High air temperature ⁵⁾	°C	+25 ³⁾	+30	+40	+40 ⁵⁾	+45 ⁵⁾	+55	+70	+40	+70	+70	+55	+40	+55
c) Low relative humidity	%	20	10	5	5	5	10	10	10	10	10	10	30	4
d) High relative humidity	%	75	75	85	95	95	100	100	100	100	100	100	100	100
e) Low absolute humidity	g/m ³	4	2	1	1	1	0,5	0,1	0,1	0,02	0,5	0,02	6	0,9
f) High absolute humidity	g/m ³	15	22	25	29	29	29	35	35	35	35	29	36	27
g) Rate of change of temperature ¹⁾	°C/min	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
h) Low air pressure ⁷⁾	kPa	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
i) High air pressure ²⁾	kPa	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
j) Solar radiation	W/m ²	500	700	700	700	700	1120	1120	None	1120	1120	1120	1120	1120
k) Heat radiation	None	No	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)
l) Movement of surrounding air ⁴⁾	m/s	0,5	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾
m) Condensation	None	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
n) Wind-driven precipitation (rain, snow, hail, etc.)	None	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
o) Water from sources other than rain	None	No	No	No	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)
p) Formation of ice	None	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes

1) Averaged over a period of time of 5 min.
2) Conditions in mines are not considered.
3) These are air-conditioned locations with a tolerance of ± 2 °C on stated temperature values.
4) A cooling system based on non-assisted convection may be disturbed by adverse movement of surrounding air.
5) If applicable, a special value may be selected from table 2.
6) Conditions occurring at the locations concerned to be selected from table 2.
7) Severity value of 70 kPa covers worldwide application (altitudes up to 3 000 m). For some restricted applications, a value may be selected from table 2.
8) Further information on classes 3K9 (tropical damp) and 3K10 (tropical dry) is given in annex E.

11.2.2 Mechanical

The terminal is generally installed in the telecommunication room of electricity substations, where the vibrations are of low significance. Therefore the APLC terminal equipment shall meet the requirements of class 3M1, as specified in Table 6 of IEC 60721-3-3:2002 (see Table 8). Only when located very close to sources of high vibrations (e.g. generators within power stations) a higher level shall be applied.

² The cross-references in this table refer to IEC 60721-3-3:2002.

**Table 8 – Classification of mechanical conditions from
Table 6 of IEC 60721-3-3:2002**

Environmental parameter	Unit	Class							
		3M1	3M2	3M3	3M4	3M5	3M6	3M7	3M8
a) <i>Stationary vibration, sinusoidal:</i>									
displacement amplitude	mm	0,3	1,5	1,5	3,0	3,0	7,0	10	15
acceleration amplitude	m/s ²	1	5	5	10	10	20	30	50
frequency range	Hz	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200
b) <i>Non-stationary vibration including shock: (see figure 1)</i>									
shock response spectrum type L, peak acceleration $\hat{a}$	m/s ²	40	40	70	None	None	None	None	None
shock response spectrum type I, peak acceleration $\hat{a}$	m/s ²	None	None	None	100	None	None	None	None
shock response spectrum type II, peak acceleration $\hat{a}$	m/s ²	None	None	None	None	250	250	250	250

The following mechanical tests shall be carried out:

- Sinusoidal vibrations (IEC 60068-2-6)
- Shocks (IEC 60068-2-27)

Any other specific requirements for the mechanical environment, for example earthquake withstanding or installation in harsh industrial environment shall be taken into account at the level of the cabinet, not at the level of the APLC terminal itself.

11.2.3 Operating conditions set of tests

Tables 9, 10 and 11 give the minimum set of type test to be carried out to demonstrate the conformity of the terminal for climatic and mechanical conditions withstanding.

The way the tests have to be carried out, the performance criteria and the configuration of the terminal to be tested are described in the appropriate section of this document.

Table 9 – Climatic tests

Test	IEC Standard		Temperature	Relative Humidity	Duration
Cold (nominal) ¹⁾	IEC 60068-2-1	Test Ae	0 °C	No	24 hours
Cold (limit) ^{1), 2)}	IEC 60068-2-1	Test Ae	–10 °C	No	16 hours
Dry Heat	IEC 60068-2-2	Test Be	+55 °C	No	24 hours
¹⁾ If the test at the cold limit temperature is extended to duration of 24 hours, the test at the nominal temperature can be skipped. ²⁾ Cold start not required at –10°C					

Table 10 – Sinusoidal vibration test

Ref. IEC Standard	IEC 60068-2-6 – Test Fc. Both vibration response and vibration endurance ²⁾ tests shall be carried out		
Frequency range	Displacement	Acceleration	Axes
1 Hz – 10 Hz	0,3 mm	–	3 axes
10 Hz – 200 Hz	–	1 m/s ²⁾	3 axes
²⁾ Endurance by sweeping should be preferred, with 10 sweep cycles in each axis			

Table 11 – Non-repetitive shock test

Ref. IEC Standard	IEC 60068-2-27 – Test Ea		
Pulse Shape	Half-sine		
Peak Acceleration	40 m/s ²		
Duration	11 ms		
Number of shocks	18	3 successive shocks in each direction of 3 mutually perpendicular axes	

11.3 Power supply

11.3.1 AC supply

Nominal AC voltages shall be in accordance with the preferred values listed in IEC 60038.

The following values are the most common:

230 V ± 10 %	50 Hz or 60 Hz
120 V ± 10 %	60 Hz

The frequency tolerance shall be ±5 % and harmonic content <10 %.

11.3.2 DC supply

11.3.2.1 General

Nominal DC voltages shall be in accordance with the preferred values listed in standard IEC 60038. The following values are the most common.

24 V +20 %, –15 %
48 V +20 %, –15 %

The residual ripple peak-to-peak shall be ≤5 %.

The terminal shall be capable of operating in any of the following conditions:

- Positive pole earthed,
- Negative pole earthed,
- No reference to earth.

11.3.2.2 Reverse Polarity

Reverse polarity protection shall be provided in order to protect the terminal against the inadvertent inversion of the DC power supply voltage.

12 EMC

12.1 Emission and Immunity reference standards

The APLC terminal shall comply with the EMC requirements of IEC 61000-6-4 for emissions and the generic standard for equipment used in power station and substation environment IEC 61000-6-5 for immunity requirements.

It should be noted that IEC 61000-6-4 corresponds to the European standard EN 61000-6-4 which is a harmonized standard that can be used for conformity with the essential requirements of the EMC European Directive.

The requirements of the IEC 61000-6-2 standard series for industrial environments are covered by those of IEC 61000-6-5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62488-2:2017

12.2 Emission

12.2.1 Radiated and conducted emission

Radiated and conducted emission limits are given in Tables 1, 2 and 3 of IEC 61000-6-4:2006 and IEC 61000-6-4:2006/AMD1:2010, as shown in Tables 12, 13 and 14.

Table 12 – Emission – Enclosure port [Table 1 of IEC 61000-6-4:2011 (ed.2.1)]

Table Clause	Port	Frequency range	Limits	Basic standard	Applicability note	Remarks
1.1	Enclosure Test facility: OATS or SAC	30 MHz to 230 MHz 230 MHz to 1 000 MHz	40 dB(μ V/m) quasi-peak at 10 m 47 dB(μ V/m) quasi-peak at 10 m	The measurement instrumentation shall be as defined in clause 4 of CISPR 16-1-1:2015. The measuring antennas shall be as defined in clause 4.4 of CISPR 16-1-4:2010. The measuring site shall be as described in clause 5 of CISPR 16-1-4:2010. The measurement method shall be as specified in clause 7.2 of CISPR 16-2-3:2016.	See a, b and e	May be measured at 30 m distance using the limits decreased by 10 dB. As stated in CISPR 16-2-3:2016 the antenna height shall be varied between 1 m to 4 m. Additional guidance on the test method can be found in CISPR 16-2-3:2016 clause 7.3 and clause 8.
		30 MHz to 230 MHz	52 dB(μ V/m) to 45 dB(μ V/m) quasi-peak at 3 m Limit reducing linearly with the logarithm of the frequency.	The measurement instrumentation shall be as defined in clause 4 of CISPR 16-1-1:2015. The measuring antennas shall be as defined in clause 4.4 of CISPR 16-1-4:2010. The measuring site shall be as described in clause 5 of CISPR 16-1-4:2010. The measurement method shall be as specified in clause 7 of CISPR 16-2-3:2016.		
1.2	Enclosure Test facility: FAR	230 MHz to 1 000 MHz	52 dB(μ V/m) quasi-peak at 3 m	The measurement instrumentation shall be as defined in clause 4.4 of CISPR 16-1-1:2015. The measuring antennas shall be as defined in clause 4.4 of CISPR 16-1-4:2010. The measuring site shall be as described in clause 5 of CISPR 16-1-4:2010. The measurement method shall be as specified in clause 7 of CISPR 16-2-3:2016.	See a, b and e Only applicable to table top equipment	May be measured at greater distances with the limits decreased by 20 dB/decade (relative to distance) The limitations on EUT size in CISPR 16-1-4:2010 apply
		30 MHz to 230 MHz	52 dB(μ V/m) to 45 dB(μ V/m) quasi-peak at 3 m Limit reducing linearly with the logarithm of the frequency.	The measurement instrumentation shall be as defined in clause 4 of CISPR 16-1-1:2015. The measuring antennas shall be as defined in clause 4.4 of CISPR 16-1-4:2010. The measuring site shall be as described in clause 5 of CISPR 16-1-4:2010. The measurement method shall be as specified in clause 7 of CISPR 16-2-3:2016.		

Table Clause	Port	Frequency range	Limits	Basic standard	Applicability note	Remarks
1.3	Enclosure Test facility: TEM Waveguide	30 MHz to 230 MHz 230 MHz to 1 000 MHz	40 dB(μ V/m) quasi-peak 47 dB(μ V/m) quasi-peak The small-EUT correction factor given in A.4.3 of IEC 61000-4-20:2010 shall be used. The limit relates to the OATS measurement distance of 10 m	IEC 61000-4-20:2010	Only applicable to battery powered equipment not intended to have external cables attached. Restricted to equipment complying with definition 6.2 in IEC 61000-4-20. See a, b and e	
1.4	Enclosure Test facility: OATS, SAC or FAR	1 GHz to 3 GHz 3 GHz to 6 GHz	76 dB(μ V/m) peak at 3 m 56 dB(μ V/m) average at 3 m 80 dB(μ V/m) peak at 3 m 60 dB(μ V/m) average at 3 m	The measurement instrumentation shall be as defined in clauses 5 and 6 of CISPR 16-1-1:2015. The measuring antennas shall be as defined in clause 4.5 of CISPR 16-1-4:2010. The measuring site shall be as described in clause 8 of CISPR 16-1-4:2010. The measurement method shall be as specified in clause 7.3 of CISPR 16-2-3:2016.	See a, c, d and e	May be measured at greater distances with the limits decreased by 20 dB/decade (relative to distance) For SAC and OATS facilities absorber may be required to achieve free space conditions as defined in CISPR 16-1-4:2010.
a	For apparatus containing devices operating at frequencies less than 9 kHz, measurements only need to be performed up to 230 MHz.					
b	The apparatus is deemed to comply with the enclosure port requirement below 1 GHz if it meets the requirements defined in one or more of the table clauses 1.1, 1.2 or 1.3.					
c	If the highest internal frequency of the EUT is less than 108 MHz, the measurement shall only be made up to 1 GHz. If the highest internal frequency of the EUT is between 108 MHz and 500 MHz, the measurement shall only be made up to 2 GHz. If the highest internal frequency of the EUT is between 500 MHz and 1 GHz, the measurement shall only be made up to 5 GHz. If the highest internal frequency of the EUT is above 1 GHz, the measurement shall be made up to 6 GHz. Where the highest internal frequency is not known, tests shall be performed up to 6 GHz.					
d	The peak detector limits shall not be applied to disturbances produced by arcs or sparks that are high voltage breakdown events. Such disturbances arise when devices contain or control mechanical switches that control current in inductors, or when devices contain or control subsystems that create static electricity (such as paper handling devices). The average limits apply to disturbances from arcs or sparks, and both peak and average limits will apply to other disturbances from such devices.					
e	At transitional frequencies, the lower limit applies.					

Location	Test site
OATS	Open area test site
SAC	Semi-anechoic chamber
EAR	Fully anechoic room

Table 13 – Emission – Low voltage AC mains port [Table 2 of IEC 61000-6-4:2011 (ed.2.1)]

Table clause	Port	Frequency range	Limits	Basic standard	Applicability note	Remarks
2.1	Low voltage AC mains	0,15 MHz to 0,5 MHz	79 dB(μV) quasi-peak 66 dB(μV) average	The measurement instrumentation shall be as defined in clauses 4 and 6 of CISPR 16-1-1: 2015. The measuring networks shall be as defined in clause 4 of CISPR 16-1-2: 2014. The measurement set up and method shall be as described in clause 7 of CISPR 16-2-1:2014.	See a and b	
		0,5 MHz to 30 MHz	73 dB(μV) quasi-peak 60 dB(μV) average			
a	Impulse noise (clicks) which occur less than five times per minute is not considered. For clicks appearing more often than 30 times per minute, the limits apply. For clicks appearing between 5 and 30 times per minute, a relaxation of the limits is allowed of $20 \log 30/N$ dB (where N is the number of clicks per minute). Criteria for separated clicks may be found in CISPR 14-1:2016.					
b	At transitional frequencies, the lower limit applies.					

Table 14 – Emission – Telecommunications/network port [Table 3 of IEC 61000-6-4:2011 (ed.2.1)]

Table clause	Port	Frequency range	Limits	Basic standard	Applicability note	Remarks
3.1	Telecommunications/ network	0,15 MHz to 0,5 MHz	97 dB(μV) to 87 dB(μV) quasi-peak 84 dB(μV) to 74 dB(μV) average 53 dB(μA) to 43 dB(μA) quasi-peak 40 dB(μA) to 30 dB(μA) average The limits decrease linearly with the logarithm of the frequency	CISPR 22:2008	See ^a and ^b	
		0,5 MHz to 30 MHz	87 dB(μV) quasi-peak 74 dB(μV) average 43 dB(μA) quasi-peak 30 dB(μA) average			
^a	The current and voltage disturbance limits are derived for use with an impedance stabilization network (ISN) which presents a common mode (asymmetric mode) impedance of 150 Ω to the telecommunication port under test (conversion factor is 20 log ₁₀ 150 / I = 44 dB).					
^b	When performing measurement using an ISN, the EUT shall meet the voltage limits of this table. All elements within CISPR 22:2008 shall be followed, including but not limited to selection of test method, test configuration, cable characteristics.					

NOTE For the transmission line side high frequency interface the recommended conducted emission limits in the frequency range used by APLC are given in Clause 5 and Figure 11.

12.2.2 Low frequency disturbance emission

If the terminal is powered by a DC power supply source, in order to verify the limits of LF conducted disturbance generated by the terminal which may affect other terminal connected to the same DC power source, the noise measured across the power supply terminals of the terminal under test shall not be greater than 3mV, psophometrically weighted, or 10 mV peak to peak.

The measurement must be carried out using a filter across the DC power source used as in Figure 24, where C1 is a ceramic or plastic film capacitor and C2 an electrolytic capacitor.

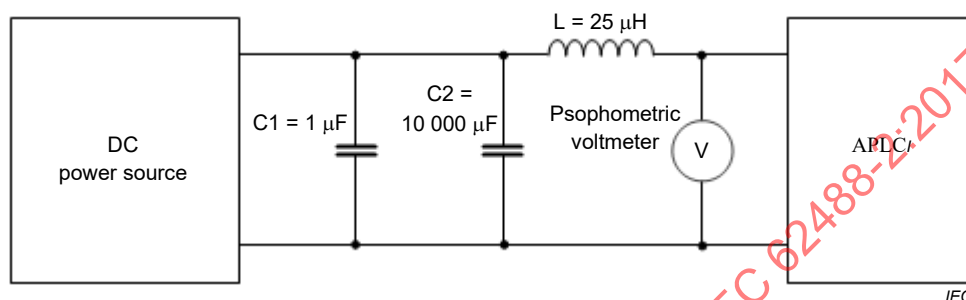


Figure 24 – LF disturbances measurement setup

12.3 Immunity

12.3.1 EMC Environment

Due to the fact that IEC 61000-6-5 adds some particular tests, and gives greater or equal levels of severity for the tests common with IEC 61000-6-2 it is requested for the immunity test APLC terminal shall comply with the requirements of IEC 61000-6-5.

Table 1 of IEC 61000-6-5:2015 shows the electromagnetic phenomena.

Typically APLC terminals are installed in the control room area according to IEC 61000-6-5.

Table 15 – Characterization of the electromagnetic phenomena
[Table 1 of IEC 61000-6-5:2015]

Continuous phenomena	Transient phenomena with high occurrence	Transient phenomena with low occurrence
Voltage variations: – a.c. power supply – d.c. power supply ^a Harmonics, interharmonics ^a Signalling voltages ^a Ripple on d.c. power supply Power frequency variation ^a Conducted disturbances in the range 2 kHz to 150 kHz ^a Conducted disturbances in the range 1,6 MHz to 30 MHz ^a Power frequency magnetic field (according to IEC 61000-4-8) Radiated, radio frequency electromagnetic field Conducted disturbances, induced by radio-frequency fields Mains frequency voltage (according to IEC 61000-4-16)	Voltage dips (duration $\leq 0,02$ s): – a.c. power supply – d.c. power supply Voltage fluctuations Fast transient/burst Damped oscillatory/ring wave Damped oscillatory magnetic field Electrostatic discharge	Voltage dips (duration $> 0,02$ s): – a.c. power supply – d.c. power supply Voltage interruptions: – a.c. power supply – d.c. power supply Short duration power frequency variation ^{a, b} Surge Short duration power frequency voltage Short duration power frequency magnetic fields (according to IEC 61000-4-8) Radiated pulsed disturbances
^a Not covered in this standard by dedicated immunity requirements. ^b In case of islanded systems (e.g. not connected to a public network), the characterization of the phenomenon changes from "low occurrence" to "high occurrence".		

For easy application of this document it is essential to classify the APLC signal ports according to Figure 3 and Figure 4 and the definitions given in IEC 61000-6-5:2015.

Table 16 – Port classification

DPLC terminal interface	Type of signal ports according to IEC 61000-6-5:2015
HF Transmission Line	4
Audio frequency / Voice	1
Subscriber	2
Data – within the control room	2
Data – other	3
LAN Connection	2
Binary I/O integrated teleprotection	4
External teleprotection	2
Alarm relays	2
Time information	1
Configuration port	1

12.3.2 Functional requirements

The tests shall be carried out with the terminal in operation. The terminal shall not suffer permanent damage from the tests, and after the tests the terminal shall be checked for correct operation.

The performance criteria for APLC are defined on the basis of the functions "Teleprotection" and "Data transmission and telecommunication" of IEC 61000-6-5:2015 (Table 17):

Table 17 – Performance criteria

Performance criteria	Description
A	The equipment shall continue to operate as intended during and after the test. No degradation of performance or loss of function is allowed
B	Temporary loss of function or degradation of performance which ceases after the disturbance ceases, and from which the equipment under test recovers its normal performance, without operator intervention

The APLC terminal functions to be considered for EMI testing are at least the followings:

- Protection and teleprotection
- Data transmission and telecommunication

12.3.3 Immunity test list

The following Table 18 summarizes both the immunity test to be performed as well as the corresponding levels to be used according to IEC 61000-6-5 and IEC 61000-6-2 (Surge test levels for "Power supply DC" and "Telecommunication").

Table 18 – Immunity test list

Test	Standard	Immunity Level					Performance Criteria	
		Enclosure	AC Power Supply	DC Power Supply	Signal / Control Ports			
					1	2	3 & 4	
Electrostatic discharges	IEC 61000-4-2	6 kV (Contact) 8 kV (Air)						B
Radiated Electromagnetic field	IEC 61000-4-3	10 V/m 80 MHz – 1 GHz 1kHz, 80 % AM						A
		3 V/m 1 GHz – 2.7 GHz 1kHz, 80 % AM						A
		1 V/m 2.7 GHz – 6 GHz 1kHz, 80 % AM						A
Fast transient/burst	IEC 61000-4-4		2 kV (a) 5 kHz	2 kV (a) 5 kHz	1 kV (b) 5 kHz	2 kV (b) 5 kHz	4 kV (b) 5 kHz	A, B according to notes (a) and (b) respectively
Surge	IEC 61000-4-5		2 kV in CM (a) 1 kV in DM (a) 1 kV in DM (a)	2 kV in CM (a) 1 kV in DM (a)	1 kV in CM (b) 0.5 kV in DM (b)	2 kV in CM (b) 1 kV in DM (b)	4 kV in CM (b,c,e) 2 kV in DM (b,c,e)	A, B according to notes (a) and (b) respectively
Conducted disturbances, induced by radio frequency fields	IEC 61000-4-6		10 V 150kHz – 80MHz 1kHz, 80 % AM	40 V 150kHz – 80MHz 1kHz, 80 % AM	3 V 150kHz – 80MHz 1kHz, 80 % AM	10 V 150 kHz – 80MHz 80MHz 1kHz, 80 % AM	10 V 150kHz – 80MHz 1kHz, 80 % AM	A
Power Frequency Magnetic fields	IEC 61000-4-8	100 A/m cont. 1000 A/m 1 sec.						A
AC voltage dips and interruptions	IEC 61000-4-11		70 % UT, 1 period					A
			0 % UT, 5 periods					B
Mains frequency voltage (50/60 Hz)	IEC 61000-4-16			30 V Continuous (d)		30 V Continuous (d)	30 V Continuous (d)	A
						300 V for 1 s (d)	300 V for 1 s (d)	B

Test	Standard	Immunity Level				Performance Criteria	
		Enclosure	AC Power Supply	DC Power Supply	Signal / Control Ports		
					1	2	3 & 4
Ripple on DC power supply	IEC 61000-4-17			10 % U _N			A
Damped oscillatory wave	IEC 61000-4-18		2.5 kV CM (a) 1 kV DM (a) 1 MHz	2.5 kV CM (a) 1 kV DM (a) 1 MHz	1 kV CM (b) 0.5 kV DM (b) 1 MHz	1 kV CM (b) 0.5 kV DM (b) 1 MHz	A, B according to notes (a) and (b) respectively
DC voltage dips and interruptions	IEC 61000-4-29			70 % U _T , 100 ms 0 % U _T , 10 ms			A
				40 % U _T , 100 ms			B
CM = Common Mode (Line to Ground) DM = Differential Mode (Line to Line)							
(a) Performance criteria A							
(b) Performance criteria B							
(c) The surge waveform 10/700 μs is recommended for testing signal ports intended to be connected to telecom network or remote equipment via unshielded outdoor symmetrical communication lines. This surge form requires a different surge pulse generator and a different coupling impedance (e. g.40 Ω)..							
(d) Only the country specific mains frequency shall be used.							
(e) The surge waveform 10/700 μs is recommended for testing signal ports intended to be connected to telecom network or remote equipment via unshielded outdoor symmetrical communication lines.							

NOTE During immunity tests of telecommunication ports according to IEC 61000-4-6 the performance criterion A is only applicable if test signals contain frequency components outside the nominal receive and transmit high frequency band (B_{nom}) of DUT and outside of frequency guard intervals with the bandwidth $2B = 2B_{nom}$ on both sides of B_{nom} respectively. Otherwise the performance criterion B shall be used.

Annex A (normative)

Characteristics of compandors for telephony (based on the withdrawn ITU-T Recommendation G.162)

A.1 General

Compandors may be used in APLC systems to improve the quality of voice channels. The compandor consists of a compressor at the transmit side and an expander at the receive side. By compressing the voice signal at the transmit side a better signal-to-noise ratio can be achieved.

A.2 Characteristics of compandors

The following definitions are taken from the withdrawn ITU-T Recommendation G.162 to explain the characteristics of compandors.

A.3 Definition and value of the unaffected level

The unaffected level is the absolute level, at the reference point on the line between the compressor and the expander of a signal at 800 Hz, which remains unchanged whether the circuit is operated with the compressor or not. The unaffected level is defined in this way in order not to impose any particular values of relative level at the input to the compressor or the output of the expander.

The unaffected level shall be 0 dBm0.

A.4 Ratio of compression and expansion

- **Definition and preferred value of the ratio of compression**

The ratio compression of a compressor is defined by the formula:

$$\alpha = \frac{n_e - n_{e0}}{n_s - n_{s0}}, \quad (\text{A.1})$$

where

n_e is the input level,

n_{e0} is the input level corresponding to 0 dBm0;

n_s is the output level;

n_{s0} is the output level corresponding to an input level of n_{e0} .

The preferred value of α is 2.

- **Definition and preferred value of the ratio of expansion**

The ratio expansion of an expander is defined by the formula:

$$\beta = \frac{n'_s - n'_{s0}}{n'_e - n'_{e0}}, \quad (\text{A.2})$$

where

n'_e is the input level,

n'_{e0} is the input level corresponding to 0 dBm0;

n'_s is the output level;

n'_{s0} is the output level corresponding to an input level of n'_{e0} .

The preferred value of β is 2.

A.5 Range of level

The range of level over which the recommended value of α and β apply, shall extend at least:

- from +5 to –45 dBm0 at the input of the compressor, and
- from +5 to –50 dBm0 at the nominal output of the expander.

A.6 Signal to noise ratio

With the use of compandors, the improvement of signal-to-noise ratio will be approximately 15 dB.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62488-2:2017

Annex B (informative)

APLC communication model

B.1 General

It is valuable to define the key features of the APLC terminal. This classification refers to the analogue modulation used to form the modulated signal which is for this specific Part 2 of this family standard exclusively AM-SSB as shown in Figure B.1.

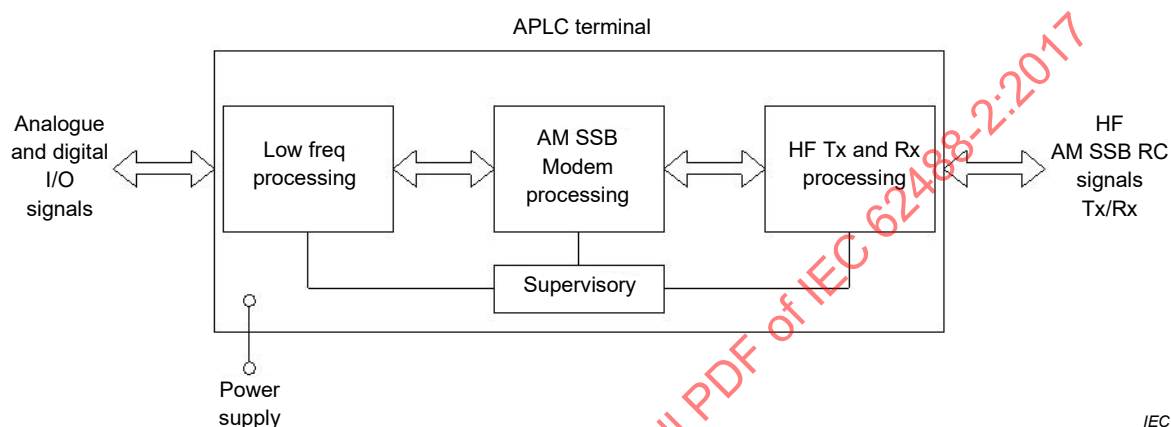
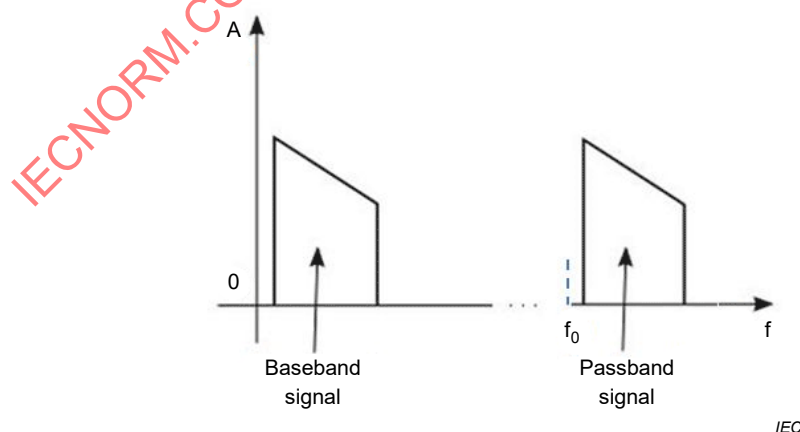


Figure B.1 – Basic components of the APLC Terminal

This modulation falls in the class of linear modulations because the shape of the modulating signals is maintained and not affected by the modulation process. For SSB, the baseband signal and the modulated (pass band) signal, since it will be band limited around the carrier frequency f_0 , have the same bandwidth. For this reason it is the most bandwidth efficient way to transmit information across a channel. A comparison of the equivalent baseband version of a signal and its SSB-modulated pass band version around a carrier frequency f_0 is shown in Figure B.2.



**Figure B.2 – Baseband and pass band signals
correspondence in SSB modulation**

Figure B.3 shows the interfaces for low frequency, baseband and high frequency (pass band) signals in an APLC terminal.

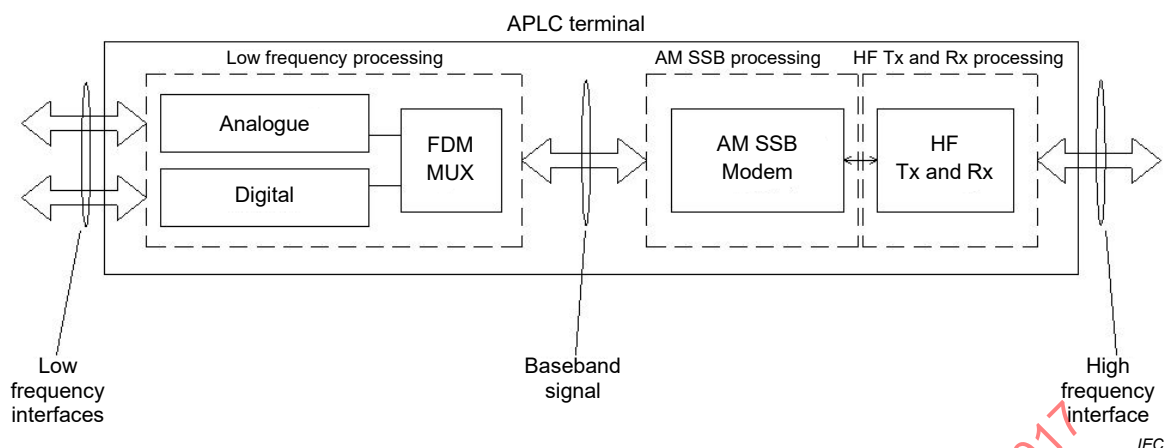


Figure B.3 – APLC Terminal LF, baseband and HF interfaces identification

This type of analogue modulation, along with frequency division multiplexing technique (FDM), has been successfully used over power lines for long time in order to effectively allocate each basic high frequency channel, allowing the implementation of both contiguous as well as separated band schemes.

The modulating baseband signal results from the aggregation of one low frequency signal, or more in case FDM is used. Examples are shown in Figures B.4 and B.5.

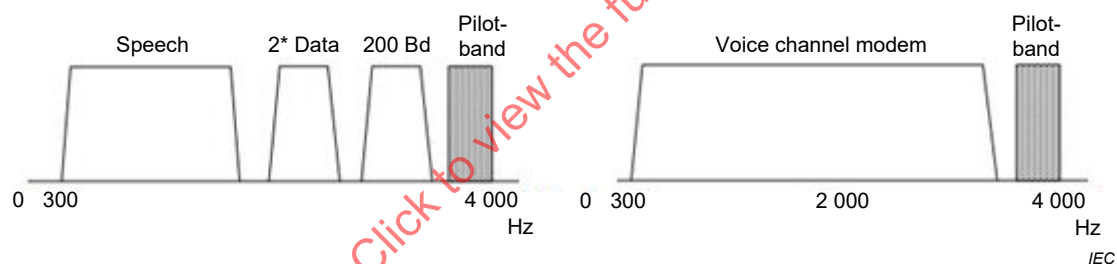


Figure B.4 – Examples for low frequency signals with bandwidth 4 kHz (IEC 62488-1)

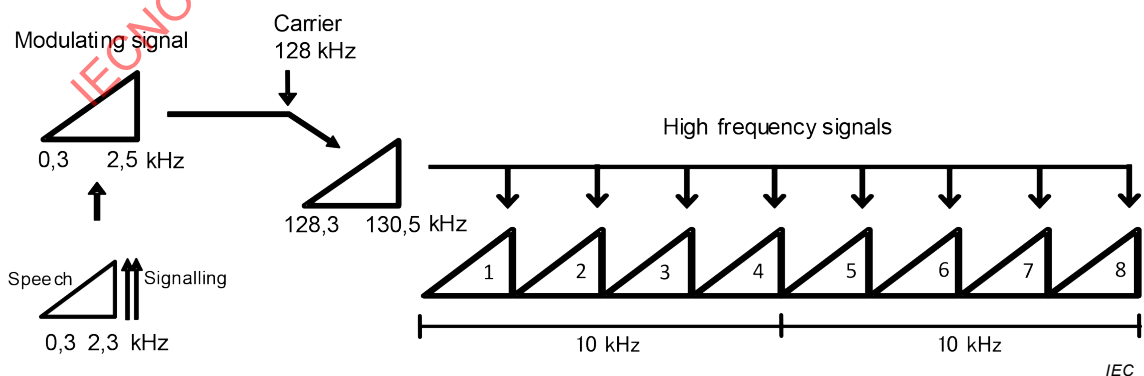


Figure B.5 – Composition of the modulating baseband for eight telephony channels with signalling APLC terminal (source Japan NC)

Indeed for this modulation, the frequency band allocated for the low frequency modulating signal, e.g. 4 kHz for the ITU-T basic single voice channel, or 20 kHz for the eight 2,5 kHz voice channels as shown in Figure B.5, is exactly the same after the modulation process but the spectrum is shifted in the upper or lower sideband of the carrier frequency.

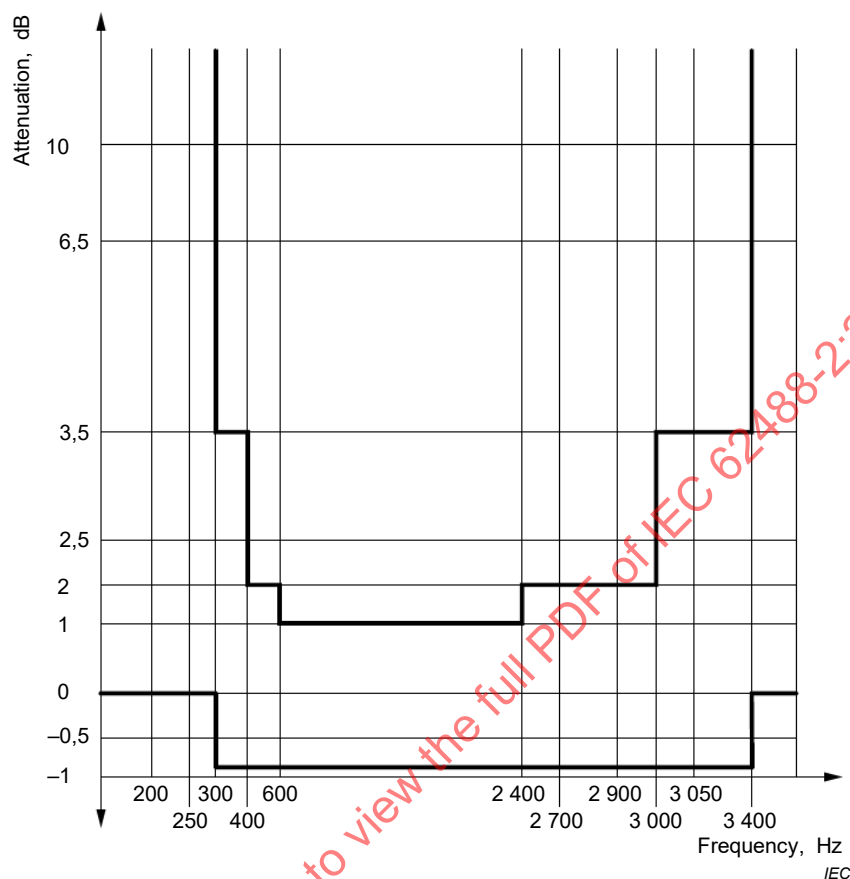


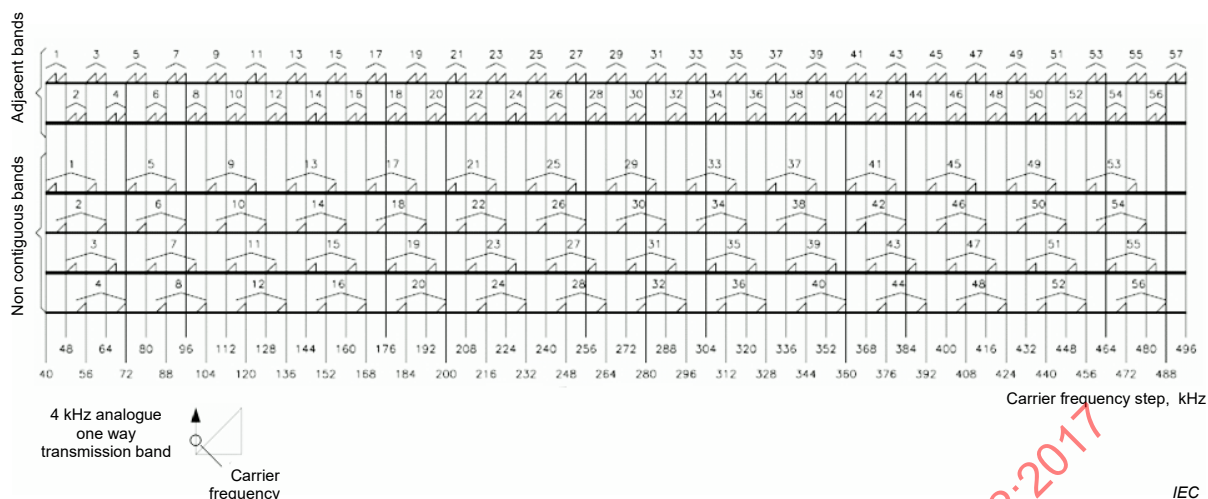
Figure B.6 – Line-up limits of circuits for a 4 kHz channel terminal (ITU-T G.120)

It is important to define the correct levels of each component of the aggregate baseband signal to avoid overload and distortion.

Figure B.6 shows for example the line-up mask defining the limits of circuits with 4 kHz channel terminal according to ITU-T G.120.

Thanks to the subsequent frequency translation process the AM-SSB envelope modulation is then frequency-shifted up (up-conversion at the transmitter or down-conversion at the receiver) to the right HF channel.

Figure B.7 shows an example of a high frequency channeling plan, based on a 4 kHz basic frequency band allowing both the non-contiguous as well as the adjacent allocation for the transmission and reception bands.



**Figure B.7 – Example of HF channelling plan
(4 kHz based – IEC 62488-1)**

B.2 AM-SSB modulation technique

In the technical literature there are a number of well-known methods to implement AM-SSB modulation both traditional as well as digital processing based.

A detailed description is out of the scope of this document, but in order to understand the main functional characteristics, some basic information is presented.

For instance, one possible method for SSB generation is the phasing method which uses two balanced modulators and phase shifting that causes one of the side bands to be cancelled out.

Figure B.8 shows the simplified structure of a possible AM-SSB modulator used in APLC terminals.

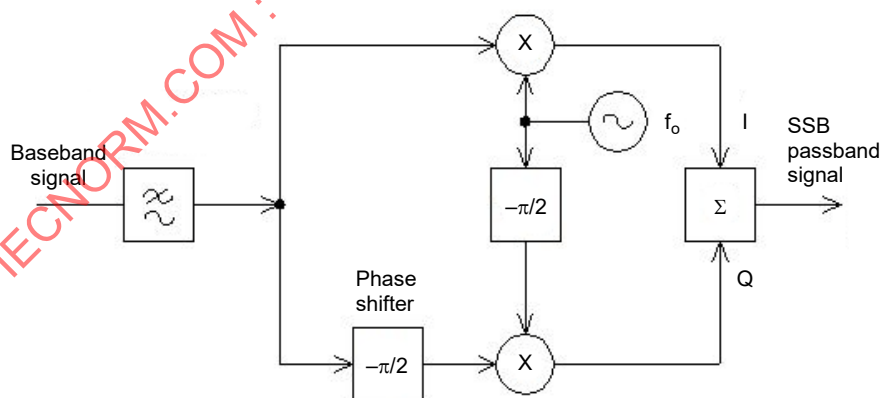


Figure B.8 – Principle of phasing SSB modulator

Though this modulation uses substantially less bandwidth and power, it cannot be demodulated by a simple envelope detector in the same way as in the standard amplitude modulation.

Figure B.9 gives an example of phasing SSB demodulator.

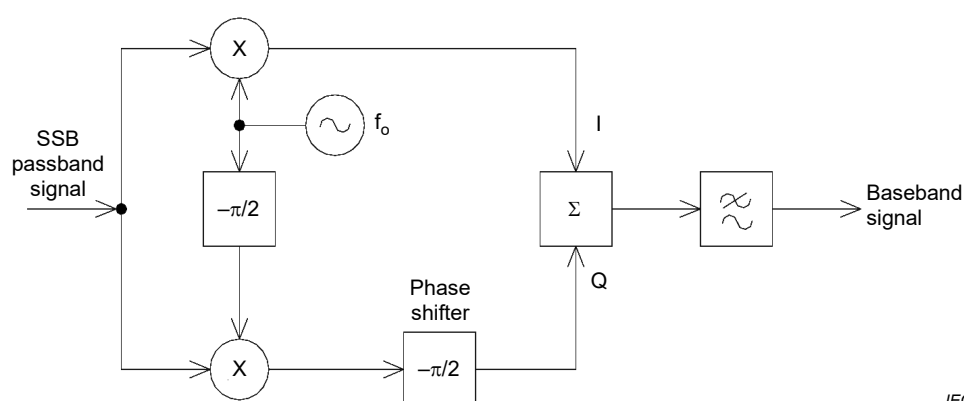


Figure B.9 – Principle of phasing SSB demodulator

The process for recovering the correct, in principle not transmitted carrier frequency f_0 , introduces some complexity in the receivers design.

One approach to solving this problem is to add a small sinusoidal component called a pilot tone whose frequency has a known relationship to the carrier frequency.

The pilot tone frequency might be chosen to be the carrier frequency when the baseband signal has no DC components.

The receiver will then generate a local carrier reference by using a narrow bandwidth band-pass filter to select the pilot tone and use it to restore correctly the frequency of the locally generated carrier.

The following features of AM-SSB are relevant:

- This modulation allows better management of the frequency spectrum. More information can fit into a given frequency band than would be possible with other amplitude modulation techniques;
- Most of the transmitted power is concentrated on one single sideband and little is spent as carrier power and no power for the redundant sideband;
- It uses the minimum bandwidth and therefore also minimizes the noise within the signal bandwidth.

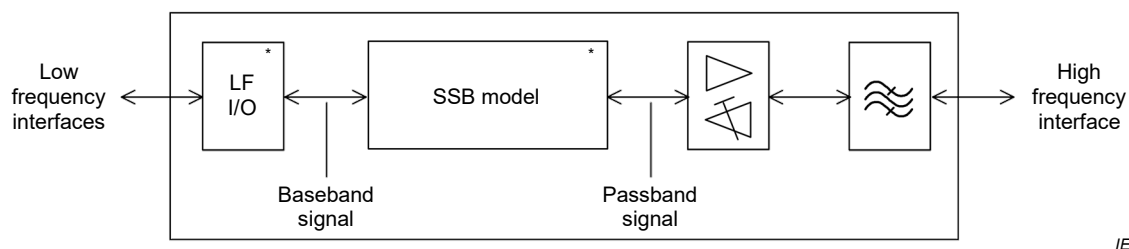
However, care must be taken, especially for the multichannel APLC terminals, not to produce harmful products caused by non-linearity of its amplifiers.

B.3 Functional blocks of an APLC terminal

The most important part in designing APLC transmission systems is the processing of the signals.

All the processes shown in the communication model of these systems described in the past were done using exclusively analogue techniques. Because of this, the volume and the production process were complex and costly.

Figure B.10 shows the APLC functional blocks typically implemented using DSP techniques.



IEC

*) Nowadays these functional blocks are implemented using DSP techniques.

Figure B.10 – Generic APLC terminal main functional blocks

Thanks to the introduction of digital signal processing (DSP), even if the output of APLC system remains analogue, all the processes are internally performed digitally in which case the precision of signal processing is high, giving all the advantages of digitized systems, i.e. direct HF channel allocation, advanced supervisory control, temperature stability.

As a result, this structure brings low cost, high integration, high precision, high reliability and is easier to manage.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62488-2:2017

Annex C (informative)

HF modulated power signal

C.1 General

In an APLC system, various signals such as voice, data transmission using discrete tone, teleprotection and pilot signals are modulated simultaneously, occupying a different range of HF frequencies. The total RMS power can be expressed by the following equation;

$$P_{RMS} = \sum_i^{n_1} p_i(f_i) + \int_{B_n} p_{RMS}(f) df + \sum_j^{n_2} q_j(w_j) \quad (C.1)$$

where, $p_i(f_i)$ are power of discrete tone signals at frequencies f_i , $P_{RMS}(f)$ is the continuous part of the spectrum in the nominal power frequency band, and $q_j(w_j)$ represents the power of individual voice channels, the total power of which is stochastically evaluated, B_n is the used PLC band, where the power assigned to the band is assumed to be proportional to its bandwidth, n_1 is the number of discrete tone signals and n_2 is the number of voice channels.

The first term and the second term of equation (C.1) are calculated in a deterministic way, but the third term requires a complicated stochastic summation of the power of individual channels.

In actual systems, only one term, or a combination of any two terms of equation (C.1) may be present. Also a variety of input signals with various levels and bandwidths form a wide range of input signal interface line-up. The following information only gives fundamental aspects of tone and voice signals to find out appropriate ways to determine the load capacity of APLC systems, and to give a way to distribute output power to each signal.

Since various input signals are loaded simultaneously into the APLC terminal, incidental combination of high voltages may cause an instantaneous high peak power that produces harmful spurious emissions and/or inter-channel interference due to the non-linearity of the HF amplifier. In this respect, the range of linearity to be secured and also the limit of the non-linearity to be permitted become very important factors for designing an amplifier.

If the number of input signals is small, the sum-of-voltage rule can be applied as a safe side procedure. On the other hand, if its number is large, it requires excessive power for the amplifier to follow the sum-of-voltage rule, and therefore, the sum-of-the-power rule or the method of stochastic sum-of-the-power should be applied instead. The total RMS power of the combined signals can be calculated easily by equation (C.1), but it may entail difficult stochastic approaches to determine the total load capacity and the PEP of the system.

C.2 Discrete tone signals

When a channel is loaded with a number of sine waves, it is important to evaluate the probability of all the amplitudes added in phase. When the number of sine waves is small, this in-phase addition probability is large, but it decreases rapidly when the number exceeds several waves.

The probability of exceeding a certain level of peak power produced by the combined waves can be calculated by the convolution integral of the following sine wave probability-density-function

$$f(x) = \frac{1}{\pi\sqrt{a^2 - x^2}}, \quad -a \leq x \leq a \quad (\text{C.2})$$

where x is the sine wave voltage and a is the amplitude of the sine wave.

The mean power of a sine wave is equal to its variance σ^2 , and the mean power of the n combined sine waves becomes $n\sigma^2$.

Figure C.1 shows the sine wave and its probability distribution.

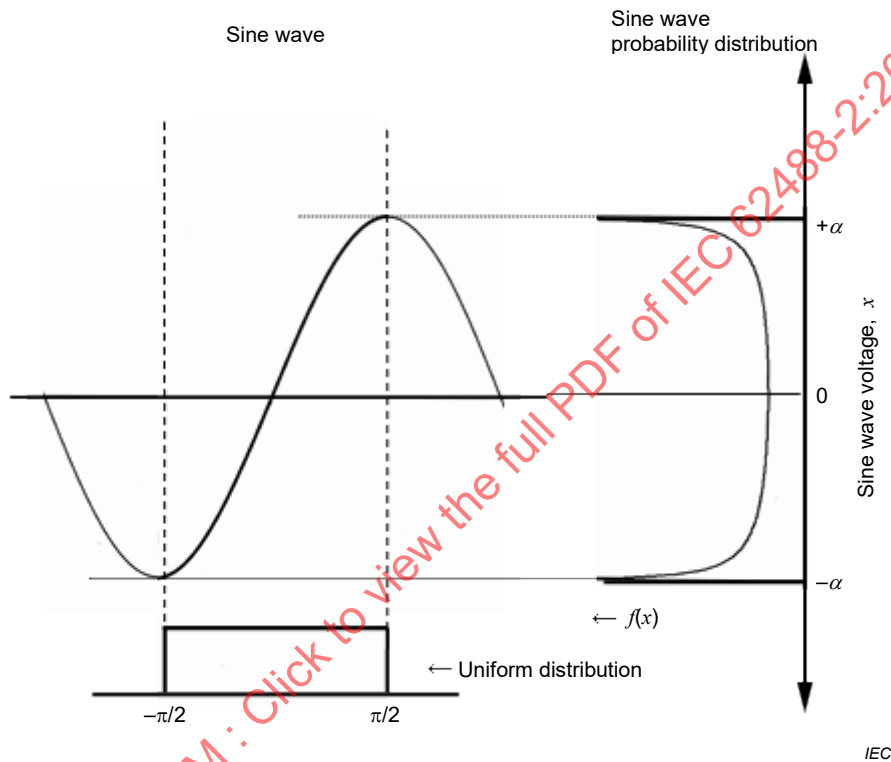


Figure C.1 – Sine wave and its probability distribution

The convolution of equation (C.2) can be applied irrespective of whether the same frequencies or different frequencies are used.

Figure C.2 shows the exceedance probability of 0,1 %, and 1 % of the combined distribution together with $n^2\sigma^2$, $n\sigma^2$, $4n\sigma^2$, and also the curve defined in ITU-R SM.326-7 (see the note below).

The curve of ITU-R SM.326-7 is close to the 1 % curve of the combined distribution; and the level of which seems considerably safe.

NOTE In order to obtain the mean power of a telegraph channel, following two equations are given in ITU-R SM.326-7, where n is the number of telegraph sub-channels of identical level.

$$P_{\text{mean}} = \frac{P_{\text{peak}}}{n^2}, \quad \text{when } n = 1, 2, 3 \text{ or } 4,$$

$$P_{\text{mean}} = \frac{P_{\text{peak}}}{4n}, \quad \text{when } n > 4,$$

where

P_{mean} = Mean power

P_{peak} = Peak envelope power allocated to the group of channels

n = number of telegraph sub-channels of identical level

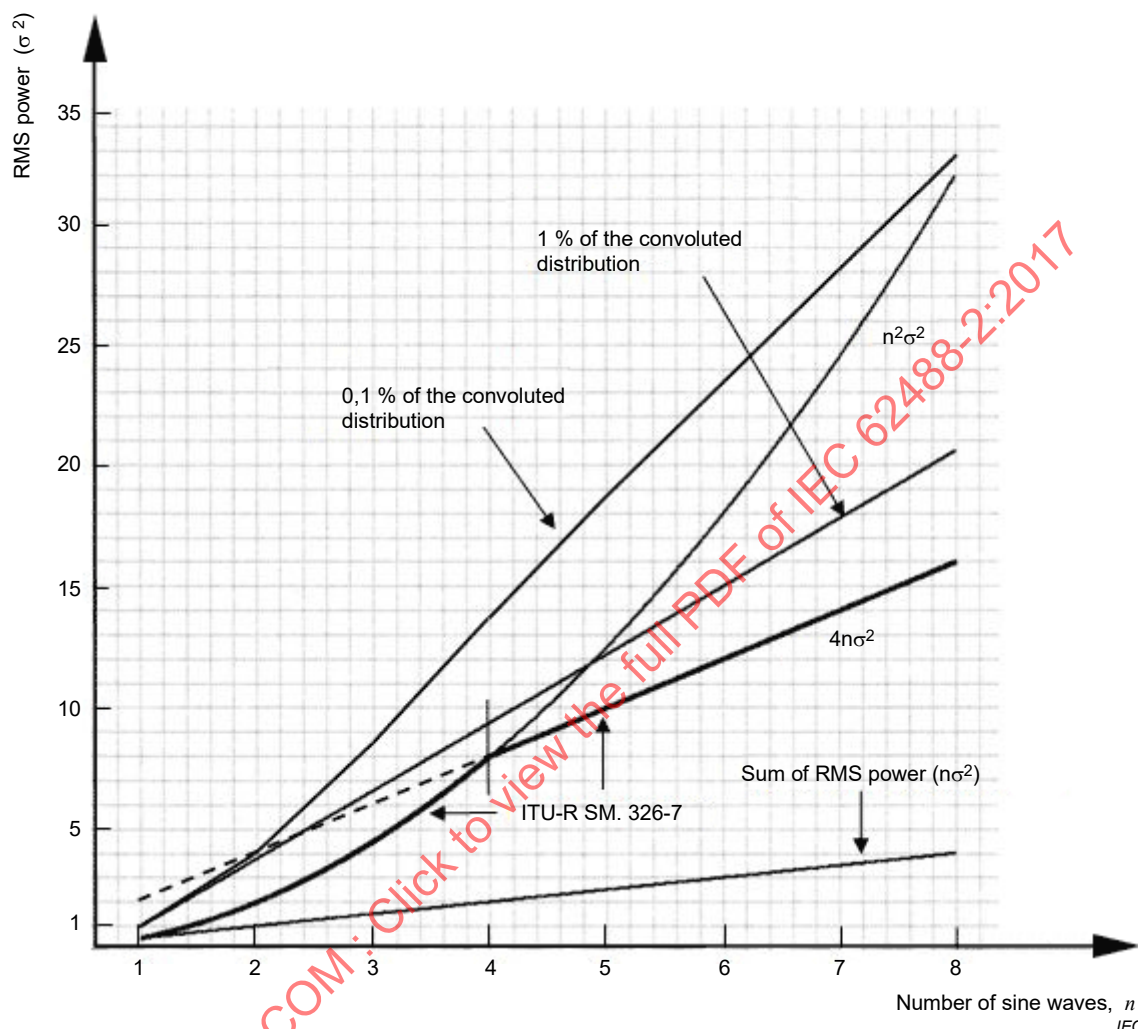


Figure C.2 – Probability of combined sine waves

C.3 Voice channels

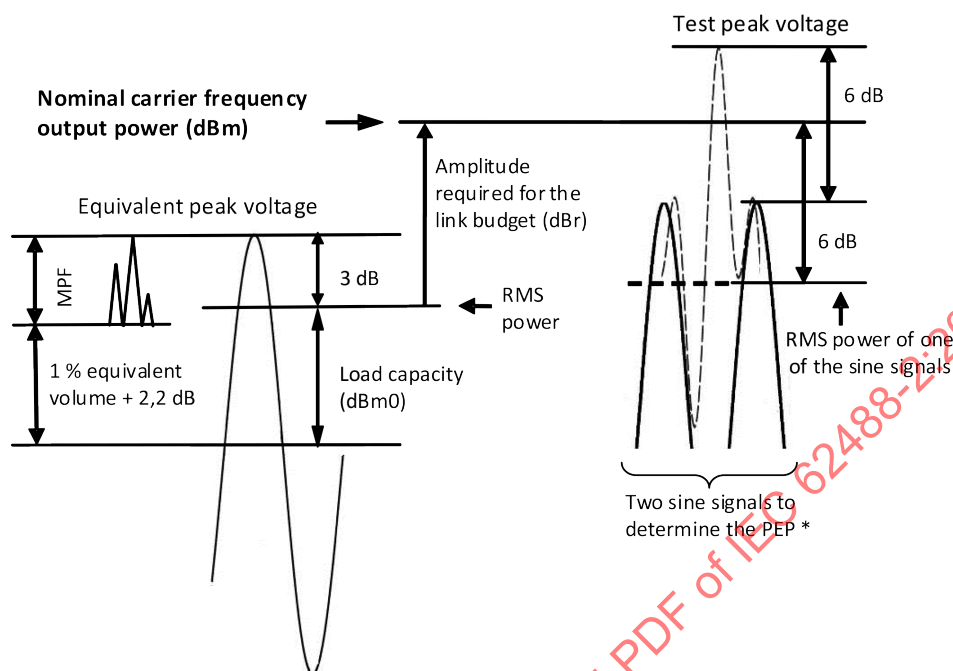
For calculating the load capacity of the multichannel terminals with four or more channels, the method of the stochastic sum-of-the-power must be applied according to the concept of ITU-T G. 223.

In ITU-T G.223 (11/88), subclause 6.2, the equivalent RMS sine signal power whose amplitude is identical to the peak voltage of the multiplex signal is defined. This power is derived from the theory by Holbrook and Dixon [1]³, although the mean power per channel is increased to –15 dBm0 from the original –16 dBm0.

The nominal high frequency band output power of multichannel PLC terminals can be determined from this power by adding necessary amplitude required for the link budget; and measured by applying sine signals according to the test procedures described in 7.6 and 7.8.

³ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

The related structure is schematically illustrated in Figure C.3.



IEC

MPF: Multi-channel peak factor
Limiting ration of the overload voltage to the RMS voltage for a given number of active channels

Equivalent volume: Volume related to the average multi-channel speech power

Load capacity: Refer to 2.2.14

* In the case of two tone testing method

Figure C.3 – Nominal high frequency band output power of multichannel PLC terminals

C.4 Composite channels

When a terminal is modulated with some discrete frequencies and one or two voice channels, calculation of the first term and second term of the equation (C.1) can be used, and thus, the procedure stated in Subclause 6.2 of IEC 62488-1:2012 can be used. This procedure is advantageous because no stochastic approach is involved. However, for a large number of voice channels, i.e. four voice channels or more, the use of the third term of the equation (C.1) becomes inevitable.

One of the methods to determine the peak power of multi-channel signals modulated partially with discrete tone signals is to let the total RMS power of the tone signals be less than that of the average power of the single voice channel, and calculate the total peak power under the assumption that all channels are composed of voice channels. This method is used when the number of discrete tone signals is small. For example, according to the paper by Holbrook and Dixon [1], the peak to average ratio of a single voice channel is 18,5 dB whereas the 0,1 % peak to average ratio of eight sine waves convoluted together is 9,3 dB (see the note below). The difference between them is enough to neglect the influence by discrete tones. (This method is being used in Japan.)

However in this method, the level of each tone signal has to be decreased in accordance with the increase of the number of tone signals, resulting in a degraded signal to noise performance.

NOTE From Figure C.2, the 0,1 % peak to average ratio for 8 tone signals equals $10 \times \log_{10}(33,7/4) = 9,3$ dB.

For higher levels of tone signals, a realistic way to solve this problem is shown in the literature [3]. In order to derive the total load capacity, this method is to apply the MPF (multichannel peak factor) of the voice channels to the power sum of total RMS voice load and the total RMS tone signal load.

The load capacity of the voice channels is represented by equation (C.3):

$$L_C = 10 \log_{10} N + L_{V1} + \Delta C_1 + \Delta C_2 - 3 + M_a \text{ (dBm0)} \quad (\text{C.3})$$

where

N : Number of voice channels in the system,

L_{V1} : Mean power of one voice channel, assumed to be –15 dBm0 according to ITU-T G.223,

ΔC_1 : Increment factor from mean power to 99 % value of the voice power distribution,

The value of ΔC_1 can be derived from the literature [1],

$$\Delta C_2 : \text{MPF (Multichannel peak factor), } MPF_n = 12,9 + \frac{6}{1 + 0,07n} \text{ (dB),}$$

(Quoted from ITU-T G.Sup22),

n : Number of active channels,

M_a : Safety margin

The relation between the number of system channels N and the number of estimated active channels n is given as $N\tau$ taking round-down integer, where τ is the largest probability of the busiest hour that a channel may be active.

$$-3 \text{ dB: Peak to average ratio of the sine wave in dB} = 20 \log_{10}(1/\sqrt{2}).$$

Table C.1 shows the computation process of the load capacity for the N channels system composed of only voice channels.

Table C.1 – Load capacity of voice channels

Number of system channels N (active channels n)	4 (1)	6 (1)	8 (2)
$L_{V2} = 10 \log_{10} N + L_{V1}$ (dBm0), $L_{V1} = 15$ (dBm0)	–9,0	–7,2	–6,0
ΔC_1 (dB)	10,0	9,0	8,8
ΔC_2 (dB)	18,5	18,5	18,2
$L_C = L_{V2} + \Delta C_1 + \Delta C_2 - 3$ (dBm0)	16,5	17,3	18,0

The method to determine the total load capacity L_T suggested by Bell Laboratories [2] is to add the total RMS power of tone signals $P_{RMS(n_1)}$ to the mean power of N voice channels L_{V2} , and then apply the $\Delta C_1 + \Delta C_2 - 3$ shown as follows:

$$L_T = L_m + \Delta C_1 + \Delta C_2 - 3 \text{ (dBm0)} \quad (\text{C.4})$$

where

$$L_m = 10 \log_{10} \left(10^{L_{V2}/10} + 10^{P_{RMS(n_1)}/10} \right),$$

$$P_{RMS(n_1)} = \sum_{i=1}^{n_1} p_i(f_i),$$

n_1 = number of tone signals.

Equation (C.4) can be used to distribute the total RMS signal power to each signal by changing the values of L_{V2} and $P_{RMS(n_1)}$, but keeping the value of L_m unchanged (see C.5.2 Calculation Example 1).

C.5 Calculation examples

C.5.1 General

The safety margin M_a is not considered in the following examples.

C.5.2 Calculation example 1: Load capacity and PEP

Determine the total load capacity when the total RMS tone signals of -12 dBm0 is loaded to the $N = 4$ channel system.

- Total RMS mean power: $L_m = 10 \log_{10} (10^{-9/10} + 10^{-12/10}) = 10 \log_{10}(0,19) = -7,2 \text{ (dBm0)}$
- $L_T = L_m + \Delta C_1 + \Delta C_2 - 3 = -7,2 + 10 + 18,5 - 3 = 18,3 \text{ (dBm0)},$

The resultant L_T is larger than the load without the tone signals L_C by 1,8 dB

The PEP of this system can be calculated by adding the power required by the link budget calculation according to Subclause 6.2 of IEC 62488-1:2012 to this load capacity.

If the power required by the link budget is 27 dBr, then the PEP becomes $18,3 + 27 = 45,3 \text{ dBm}$.

C.5.3 Calculation example 2: Power distribution adjustment

- Number of voice channels in the system: $N = 4$
- PEP = 45,3 dBm
- Total RMS power of discrete tones = -10 dBm0 (higher than the above Example 1 by 2 dB)
- Total signal RMS power = $\text{PEP} - \Delta C_2 + 3 = 45,3 - 18,5 + 3 = 29,8 \text{ dBm}$

The level of 29,8 dBm0 can be distributed to the combined voice signals and combined discrete tone signals as follows:

- True value of total signal RMS power: $= 10^{\frac{29,8}{10}} = 955$

- True value of combined discrete tone signals: $= 10^{\frac{-10}{10}} = 0,1$
- Distributed discrete tone signals $\alpha = 955 \times \frac{0,1}{0,1 + (0,19 - 0,1)} = 502,6 \rightarrow 27,0 \text{ dBm (52,6 \%)}$
- Distributed voice signals $= 955 \times \frac{0,19 - 0,1}{0,1 + (0,19 - 0,1)} = 452,4 \rightarrow 26,6 \text{ dBm (47,4 \%)}$

The value 0,19 is the total RMS mean power in Example 1.

This combined power of the discrete tones can be further divided into individual tone signals according to power sum principle.

The literature [2] says that the method stated above gives an approximate load capacity and may not always be correct for particular cases. It is, therefore, important to allow some margin, and for special cases, it may be required to conduct a relevant performance test.

For references specific to this annex, refer to the bibliography ([1], [2], [3]).

Bibliography

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*
IEC 60050-151:2001/AMD1:2013
IEC 60050-151:2001/AMD2:2014

IEC 60255-26:2013, *Measuring relays and protection equipment – Part 26: Electromagnetic compatibility requirements*

IEC 60255-151:2009, *Measuring relays and protection equipment – Part 151: Functional requirements for over/under current protection*

IEC 60353:1989, *Line traps for a.c. power systems*

IEC 60358:1990, *Coupling capacitors and capacitor dividers*

IEC 60481:1974, *Coupling devices for power line carrier systems*

IEC 60495:1993, *Single sideband power-line carrier terminals*

IEC TR 60663:1980, *Planning of (single-sideband) power line carrier systems*

IEC 60721-3-4:1995, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60870-5-101, *Telecontrol equipment and systems – Part 5-101: Transmission protocols – Companion standard for basic telecontrol tasks*

IEC 60870-5-104, *Telecontrol equipment and systems – Part 5-104: Transmission protocols – Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles*

IEC TR 61000-4-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series*

IEC 61869-2:2012, *Instrument transformers – Part 2: Additional requirements for current transformers*

IEC 62351 (all parts), *Power systems management and associated information exchange – Data and communications security*

EIA RS-232, *Interface between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Binary Data Interchange*

EIA RS-422, *Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits*

ITU-R SM.326-7, *Recommendation, Determination and measurement of the power amplitude modulated radio transmitters*

ITU-T Series G Recommendations G.100 to G.181, *Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks*

ITU-T Series M Recommendations, M.1020 – 03/1993, *Maintenance: International Leased Circuit*

ITU-T Series P Recommendations, *Telephone Transmission Quality, Telephone Installations, Local Line Networks*

ITU-T Recommendation P.10/G.100, *International telephone connections and circuits – General definitions – Vocabulary for performance and quality of service*

ITU-T Recommendation G.100.1, *International telephone connections and circuits – Transmission planning and the E-model – The use of the decibel and of relative levels in speechband telecommunications*

ITU-T Series G Recommendations G.211 to G.544, *Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks*

ITU-T Series G Recommendations G.223, *General Characteristic common to all analogue carrier- transmission systems*

ITU-T Recommendation G.232, *International analogue carrier systems – General characteristics common to all analogue carrier-transmission systems: 12-channel terminal equipment*

ITU-T Series G Recommendations G.723.1, *Dual rate voice coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s*

ITU-T Series G Recommendations G.821–12/2002, *Error Performance of an International Digital Connection operating at Bit Rate below the Primary Rate and forming part of an Integrated Services Digital Network*

ITU-T Series G Recommendations G.822, *Controlled slip rate objectives on an international digital connection*

ITU-T Series G Recommendations G.826 – 02/1999, *Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate*

ITU-T G.Sup22, *Mathematical models of multiplex signals*

ITU-T Series M Recommendations M.1020, *Characteristics of special quality international leased circuits with special bandwidth conditioning*

ITU-T Series O Recommendations O.9, *Specifications of measuring equipment*

ITU-T Series O Recommendations O.41, *Psophometer for use on telephone-type circuits*

ITU-T Series O Recommendations O.71, *Impulsive noise measuring terminal for telephone-type circuits*

ITU-T Series O Recommendations O.95, *Phase and amplitude hit counters for telephone-type circuits*

ITU-T Series P Recommendations P.800, *Methods for subjective determination of transmission quality*

ITU-T Series P Recommendations P.830, *Subjective performance assessment of telephone-band and wideband digital codecs*

ITU-T Series P Recommendations P.862, *Perceptual evaluation of voice quality (PESQ): An objective method for end-to-end voice quality assessment of narrow-band telephone networks and voice codecs*

ITU-T R.35, *Standardization of FMVFT systems for a modulation rate of 50 bauds*

ITU-T R.37, *Standardization of FMVFT systems for a modulation rate of 100 bauds*

ITU-T R.38A, *Standardization of FMVFT system for a modulation rate of 200 bauds with channels spaced at 480 Hz*

ITU-T R.38B, *Standardization of FMVFT systems for a modulation rate of 200 bauds with channels spaced at 360 Hz usable on long intercontinental bearer circuits generally used with a 3-kHz spacing*

ITU-T V.23, *600/1200-baud modem standardized for use in the general switched telephone network*

ITU-T V.11, *Electrical characteristics for balanced double-current interchange circuits operating at data signaling rates up to 10 Mbit/s*

ITU-T V.24, *Interfaces and voiceband modems – List of definitions for interchange circuits between data terminal equipment (DTE) and data circuit-terminating equipment (DCE)*

ITU-T V.28, *Electrical characteristics for unbalanced double-current interchange circuits*

ITU-T X.24, *List of definitions for interchange circuits between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit-terminating Equipment (DCE) on public data networks*

IEEE 802.1D, *Local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) Bridges*

IEEE 802.3:2000, *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)*

References specific to Annex C

- [1] B.D. Holbrook and Dixon: "Load Rating Theory for Multi-Channel Amplifiers", Bell Syst.Tech. J., (1939)
- [2] Transmission Systems for Communications (Fourth Edition), 1970, Bell Telephone Laboratories
- [3] W. R. Bennett "Cross-Modulation Requirements on Multichannel Amplifiers Below Overload" Bell Syst. Tech. J., (1940)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62488-2:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	83
INTRODUCTION.....	85
1 Domaine d'application	86
2 Références normatives	87
3 Termes, définitions et abréviations	90
3.1 Termes et définitions	90
3.2 Abréviations.....	92
4 Interfaces côté basse fréquence	93
4.1 Généralités	93
4.2 Interfaces analogiques.....	94
4.2.1 Généralités.....	94
4.2.2 Bande de fréquences vocales	94
4.2.3 Impédance nominale.....	94
4.2.4 Affaiblissement de réflexion.....	94
4.2.5 Degré de dissymétrie par rapport à la terre.....	95
4.2.6 Interface de canal téléphonique UIT-T	95
4.2.7 Interface d'abonnés	95
4.2.8 Interface d'interconnexion PBX.....	95
4.2.9 Interface de canal télégraphique à bande étroite	96
4.3 Interface du système analogique de téléprotection.....	97
4.3.1 Description	97
4.3.2 Téléprotection intégrée	98
4.3.3 Bande de fréquences de l'interface de téléprotection.....	98
4.3.4 Impédance de l'interface de téléprotection.....	98
4.3.5 Affaiblissement de réflexion de l'interface de téléprotection	98
4.3.6 Niveaux de signal de l'interface de téléprotection	98
4.3.7 Circuits de commande de l'interface de téléprotection	98
4.4 Interfaces numériques	99
4.4.1 Interface de signalisation téléphonique.....	99
4.4.2 Modem de données interne.....	99
5 Interface haute fréquence côté ligne de transmission	103
5.1 Bande APLC haute fréquence et disposition des canaux.....	103
5.2 Exactitude de la fréquence.....	104
5.3 Niveaux de signal	104
5.4 Impédance nominale.....	104
5.5 Affaiblissement de réflexion	104
5.6 Degré de dissymétrie par rapport à la terre	104
5.7 Affaiblissement dû à une dérivation.....	104
5.8 Rayonnements non essentiels	105
6 Qualité et performances	106
6.1 Généralités	106
6.2 Bruit généré en interne par APLC	107
6.3 Commande automatique de gain.....	107
6.4 Action du limiteur	107
6.5 Différence de fréquence d'émission/réception	107
6.6 Distorsion d'affaiblissement	108

6.7	Distorsion de retard de groupe	109
6.8	Distorsion harmonique	110
6.9	Sélectivité	110
6.10	Affaiblissement diaphonique	111
6.10.1	Affaiblissement diaphonique dans un même canal	111
6.10.2	Affaiblissement diaphonique entre canaux	111
7	Essais	111
7.1	Généralités	111
7.2	Montage d'essai pour les essais de liaison APLC	111
7.3	Affaiblissement de réflexion	112
7.4	Degré de dissymétrie par rapport à la terre	113
7.4.1	Généralités	113
7.4.2	LCL	113
7.4.3	OSB	114
7.5	Affaiblissement dû à une dérivation	114
7.6	Rayonnements non essentiels	115
7.6.1	Terminaux monovoies	115
7.6.2	Terminaux multivoies	116
7.7	Sélectivité	116
7.8	Affaiblissement diaphonique sur un même canal et entre canaux	116
8	Configuration et gestion	117
8.1	Généralités	117
8.2	Configuration	117
8.3	Système de gestion de réseau	117
8.4	Alarmes du terminal local	117
9	Cybersécurité	118
9.1	Généralités	118
9.2	Authentification	118
10	Sécurité de l'APLC	119
10.1	Généralités	119
10.2	Norme de référence en matière de sécurité	119
10.3	Classification des terminaux APLC	119
10.4	Protection contre les pénétrations	120
10.5	Essais de type et essais individuels de série	121
11	Stockage et transport, conditions de fonctionnement, alimentation	123
11.1	Stockage et transport	123
11.1.1	Conditions climatiques	123
11.1.2	Conditions mécaniques	125
11.2	Conditions de fonctionnement	126
11.2.1	Conditions climatiques	126
11.2.2	Conditions mécaniques	128
11.2.3	Ensemble d'essais de vérification des conditions de fonctionnement	128
11.3	Alimentation	129
11.3.1	Alimentation en courant alternatif	129
11.3.2	Alimentation en courant continu	129
12	CEM	130
12.1	Normes de référence en matière d'émission et d'immunité	130
12.2	Émission	131

12.2.1	Émission rayonnée et conduite	131
12.2.2	Émission de perturbations basse fréquence	136
12.3	Immunité	136
12.3.1	Environnement CEM	136
12.3.2	Exigences de fonctionnement	138
12.3.3	Liste des essais d'immunité	138
Annexe A (normative) Caractéristiques des compresseurs-extenseurs pour la téléphonie (sur la base de la Recommandation UIT-T G.162 supprimée)		141
A.1	Généralités	141
A.2	Caractéristiques des compresseurs-extenseurs	141
A.3	Définition et valeur du niveau inchangé	141
A.4	Taux de compression et d'extension	141
A.5	Intervalle de variation de niveau	142
A.6	Rapport signal-bruit	142
Annexe B (informative) Modèle de communication APLC		143
B.1	Généralités	143
B.2	Technique de modulation AM-SSB	147
B.3	Blocs fonctionnels d'un terminal APLC	148
Annexe C (informative) Signal électrique modulé HF		150
C.1	Généralités	150
C.2	Tonalités discrètes	151
C.3	Canaux vocaux	153
C.4	Canaux composites	154
C.5	Exemples de calcul	156
C.5.1	Généralités	156
C.5.2	Exemple de calcul 1: Capacité de charge et PEP	156
C.5.3	Exemple de calcul 2: Ajustement de la distribution de puissance	157
Bibliographie		158
Figure 1 – Représentation schématique du domaine d'application de l'IEC 62488-2		87
Figure 2 – Architecture générique d'un terminal APLC		94
Figure 3 – Interfaces PBX d'abonnés locales et distantes		95
Figure 4 – Interfaces pour l'interconnexion à la ligne principale PBX par liaison APLC		96
Figure 5 – Disposition des canaux télégraphiques UIT-T à faible débit de symboles		97
Figure 6 – Connecteur EIA RS-232 couramment utilisé		100
Figure 7 – Connecteur V.11 couramment utilisé		101
Figure 8 – Connecteur de type ETH IEEE 802.3 RJ45		102
Figure 9 – Connecteur de type ETH IEEE 802.3 SC		103
Figure 10 – Limites d'affaiblissement dû à une dérivation pour les terminaux APLC		105
Figure 11 – Niveau maximal des rayonnements non essentiels hors de la bande haute fréquence		106
Figure 12 – Points de référence pour le mesurage des paramètres APLC		107
Figure 13 – Limites de distorsion d'affaiblissement pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 3 400 Hz (UIT-T G.232)		108
Figure 14 – Limites de distorsion d'affaiblissement pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 2 400 Hz		108

Figure 15 – Limites de distorsion d'affaiblissement pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 2 000 Hz	109
Figure 16 – Limites de distorsion de retard de groupe pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 3 400 Hz	109
Figure 17 – Limites de distorsion de retard de groupe pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 2 400 Hz	110
Figure 18 – Limites de distorsion de retard de groupe pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 2 000 Hz	110
Figure 19 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'affaiblissement de réflexion	112
Figure 20 – Circuit d'essai pour le mesurage de la LCL (accès Tx)	113
Figure 21 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'OSB (accès Rx)	114
Figure 22 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'affaiblissement dû à une dérivation	115
Figure 23 – Circuit d'essai pour le mesurage de la sélectivité	116
Figure 24 – Montage de mesure des perturbations BF	136
Figure B.1 – Composants de base du terminal APLC	143
Figure B.2 – Correspondance entre signaux de bande de base et de bande passante en modulation BLU	143
Figure B.3 – Identification des interfaces BF, bande de base et HF du terminal APLC	144
Figure B.4 – Exemples de signaux basse fréquence avec une bande passante de 4 kHz (IEC 62488-1)	144
Figure B.5 – Composition de la bande de base de modulation pour huit canaux vocaux avec un terminal APLC de signalisation (source Japon NC)	145
Figure B.6 – Limites de réglage de circuits pour un terminal de voie à 4 kHz (UIT-T G.120)	146
Figure B.7 – Exemple de plan de disposition des canaux (fondé sur une bande de 4 kHz – IEC 62488-1)	147
Figure B.8 – Principe de mise en phase d'un modulateur BLU	147
Figure B.9 – Principe de mise en phase d'un démodulateur BLU	148
Figure B.10 – Principaux blocs fonctionnels d'un terminal APLC générique	149
Figure C.1 – Onde sinusoïdale et sa distribution de probabilité	151
Figure C.2 – Probabilité d'ondes sinusoïdales combinées	152
Figure C.3 – Puissance de sortie de la bande haute fréquence nominale des terminaux CPL multivoies	154
Tableau 1 – Débit de symboles FSK et normes de bande étroite associées	101
Tableau 2 – Isolation principale [Tableau C.6 de l'IEC 60255-27:2013]	119
Tableau 3 – Double isolation ou isolation renforcée [Tableau C.10 de l'IEC 60255-27:2013]	120
Tableau 4 – Liste des essais de type et des essais individuels de série [Tableau 12 de l'IEC 60255-27:2013]	122
Tableau 5 – Classification des conditions climatiques [Tableau 1 de l'IEC 60721-3-1:1997]	124
Tableau 6 – Essais climatiques pour le stockage et le transport	125
Tableau 7 – Classification des conditions climatiques à partir du Tableau 1 de l'IEC 60721-3-3:2002	127
Tableau 8 – Classification des conditions mécaniques à partir du Tableau 6 de l'IEC 60721-3-3:2002	128
Tableau 9 – Essais climatiques	129

Tableau 10 – Essai aux vibrations sinusoïdales	129
Tableau 11 – Essai de chocs non répétitifs	129
Tableau 12 – Émission – Accès par l'enveloppe [Tableau 1 de l'IEC 61000-6-4:2011 (éd.2.1)]	131
Tableau 13 – Émission – Accès au réseau d'alimentation en courant alternatif à basse tension [Tableau 2 de l'IEC 61000-6-4:2011 (éd.2.1)]	134
Tableau 14 – Émission – Accès de télécommunication/par le réseau [Tableau 3 de l'IEC 61000-6-4:2011 (éd.2.1)]	135
Tableau 15 – Caractérisation des phénomènes électromagnétiques [Tableau 1 de l'IEC 61000-6-5:2015]	137
Tableau 16 – Classification des accès	138
Tableau 17 – Critères de performance	138
Tableau 18 – Liste des essais d'immunité	139
Tableau C.1 – Capacité de charge des canaux vocaux	156

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62488-2:2017

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SYSTÈMES DE COMMUNICATION SUR LIGNES D'ÉNERGIE
POUR LES APPLICATIONS DES COMPAGNIES D'ÉLECTRICITÉ –****Partie 2: Équipements terminaux à courants porteurs
sur lignes d'énergie analogiques ou APLC**

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. 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 de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62488-2 a été établie par le comité d'études 57 de l'IEC: Gestion des systèmes de puissance et échanges d'informations associés.

Cette première édition de l'IEC 62488-2 annule et remplace les parties concernées de l'IEC 60663 et de l'IEC 60495, qui seront supprimées à l'avenir.

Cette norme doit être utilisée conjointement avec l'IEC 62488-1.

La présente version bilingue (2020-03) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-07.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 57/1867/FDIS et 57/1891/RVD.

Le rapport de vote 57/1891/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62488, publiées sous le titre général *Systèmes de communication sur lignes d'énergie pour les applications des compagnies d'électricité*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

Le contenu du corrigendum de janvier 2020 a été pris en considération dans cet exemplaire (seule la version anglaise du corrigendum a été publiée).

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 ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La série IEC 62488 est une famille de normes traitant de tous les aspects des systèmes de communication sur lignes d'énergie fonctionnant sur des lignes électriques.

Ces normes internationales s'appliquent aux équipements et systèmes terminaux à courants porteurs sur lignes d'énergie (CPL) utilisés pour émettre des informations sur les réseaux électriques, ce qui englobe les lignes d'énergie Extra Haute, Haute et Moyenne Tension (EHT/HT/MT). Les systèmes de modulation analogiques et numériques ainsi que les systèmes à bande étroite et large y sont inclus.

La complexité et la taille importante des systèmes actuels de production, de transport et de distribution d'électricité sont telles qu'il est possible de contrôler ces systèmes uniquement au moyen d'un système de télécommunication associé, souvent également étendu et complexe, présentant une fiabilité très élevée.

Le contrôle des réseaux électriques et l'émission et la réception de données s'effectuent au moyen d'une combinaison de systèmes de communication analogiques et numériques qui contrôlent les dispositifs et systèmes répartis sur le réseau électrique.

L'émergence de systèmes de communication numériques pour contrôler les dispositifs du réseau de distribution électrique permet une émission plus rapide des données. Toutefois, les systèmes de communication analogiques traditionnels sont encore largement utilisés en raison des anciennes applications.

La capacité à représenter les différents paramètres électriques sous forme de signal analogique et/ou de signal numérique garantit les aspects qualitatifs et quantitatifs d'une communication sans raccord à maintenir dans le réseau électrique.

Par conséquent, à l'aide d'une communication sur lignes d'énergie analogiques, d'une communication sur lignes d'énergie numériques ou d'une combinaison des deux types de systèmes, une communication efficace sans raccord peut être maintenue sur l'ensemble du réseau électrique.

Dans de nombreux pays, les canaux à courants porteurs sur lignes d'énergie (CPL) constituent une partie essentielle du système de télécommunication propre aux compagnies d'électricité. Un circuit normalement établi par un canal CPL peut aussi être acheminé par un canal utilisant un support de transmission différent, tel qu'une liaison radio point-à-point ou une ligne filaire. Étant donné que dans de nombreux cas, la commutation est automatique, le reroutage effectif bien que prédéterminé est imprévisible.

Il est donc important que les signaux et critères d'entrée et de sortie échangés entre tous les terminaux utilisés dans le système de communication soient compatibles. Cette compatibilité est également bénéfique car elle donne la possibilité d'interchanger et d'interconnecter des terminaux d'origines différentes.

Le présent document a été établi pour permettre la compatibilité entre des liaisons APLC d'origines différentes ou entre des liaisons APLC et d'autres supports de transmission, et pour définir les performances exigées des équipements terminaux dans les réseaux APLC.

SYSTÈMES DE COMMUNICATION SUR LIGNES D'ÉNERGIE POUR LES APPLICATIONS DES COMPAGNIES D'ÉLECTRICITÉ –

Partie 2: Équipements terminaux à courants porteurs sur lignes d'énergie analogiques ou APLC

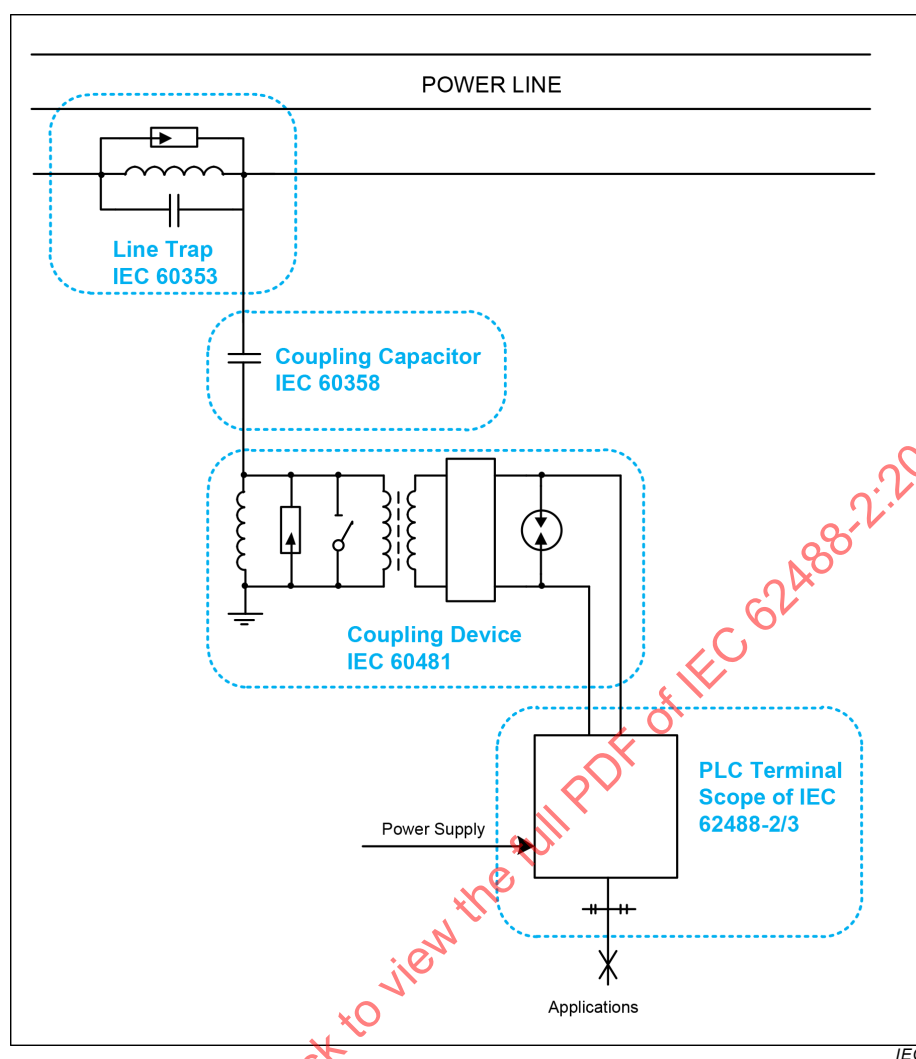
1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62488 s'applique aux équipements terminaux et systèmes à courants porteurs sur lignes d'énergie analogiques (APLC) à modulation d'amplitude à bande latérale unique (AM-SSB) utilisés pour émettre des informations sur des lignes d'énergie (EHT/HT/MT).

Le présent document couvre fondamentalement les signaux de bande de base de largeur de bande 4 kHz et 2,5 kHz, ou des multiples de ces valeurs, correspondant à la même largeur de bande/s haute fréquence pour les terminaux APLC monovoie ou multivoies.

La Figure 1 donne une représentation schématique du domaine d'application de l'IEC 62488-2 dans le cadre d'une installation complète d'un système de communication sur lignes d'énergie.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62488-2:2017



Anglais	Français
Power line	Ligne d'énergie
Line trap IEC 60358	Circuit bouchon IEC 60358
Coupling capacitor IEC 60358	Condensateur de couplage IEC 60358
Coupling device IEC 60481	Dispositif de couplage IEC 60481
Power supply	Alimentation
PLC terminal Scope of IEC 62488-2/3	Terminal CPL Domaine d'application de l'IEC 62488-2/3
Applications	Applications

Figure 1 – Représentation schématique du domaine d'application de l'IEC 62488-2

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 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 60038, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

IEC 60255-27:2013, *Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 27: Exigences de sécurité*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60721-3-1:1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 1: Stockage*

IEC 60721-3-2:1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 2: Transport*

IEC 60721-3-3:1994, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995

IEC 60721-3-3:1994/AMD2:1996

IEC 60834-1, *Matériels de téléprotection des réseaux d'énergie électrique – Performances et essais – Partie 1: Systèmes de commande*

IEC 60950-1, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

IEC 61000-4-16, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz*

IEC 61000-4-17, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-17: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'ondulation résiduelle sur entrée de puissance à courant continu*

IEC 61000-4-18, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie*

IEC 61000-4-20:2010, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans les guides d'onde TEM*

IEC 61000-4-29, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-29: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension sur les accès d'alimentation en courant continu*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-4:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*
IEC 61000-6-4:2006/AMD1:2010

IEC 61000-6-5:2015, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-5: Normes génériques – Immunité pour les équipements utilisés dans les environnements de centrales électriques et de postes*

IEC 62488-1:2012, *Systèmes de communication sur lignes d'énergie pour les applications des compagnies d'électricité – Partie 1: Conception des systèmes à courants porteurs de lignes d'énergie analogiques et numériques fonctionnant sur des réseaux d'électricité EHT/HT/MT*

CISPR 16-1-1:2015, *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 16-1-2:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*

CISPR 16-1-4:2010, *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*

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 16-2-3:2016, *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 – Mesurages des perturbations rayonnées*

CISPR 14-1:2016, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Émission*

CISPR 22:2008, *Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62488-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

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

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

3.1.1

niveau de puissance absolu

puissance d'un signal exprimée en décibels, rapportée à 1 mW, telle que définie par l'Équation (1)

$$X[\text{dBm}] = 10 \times \log_{10}(P/1 \text{ mW}), \quad (1)$$

où

P = puissance de signal

3.1.2

équipement APLC

équipement CPL avec une interface basse fréquence (BF) pour chaque canal BF, appliquant une modulation AM-SSB aux signaux situés à l'entrée de chaque interface BF et transmettant sur la ligne d'énergie les signaux modulés, qui occupent des bandes de fréquence adjacentes qui couvrent complètement la bande de transmission HF du CPL

Note 1 à l'article: Les largeurs de bande du canal BF sont généralement de 4,0 kHz ou de 2,5 kHz; elles peuvent toutefois avoir d'autres valeurs.

Note 2 à l'article: Outre les interfaces mentionnées, il peut y avoir d'autres interfaces telles que les interfaces de données, les interfaces BF de téléprotection et de contrôle ou les interfaces de commande de téléprotection.

3.1.3

bande haute fréquence de base

subdivision élémentaire de la plage des hautes fréquences ou d'une partie de celle-ci attribuée à un seul canal haute fréquence d'émission ou de réception APLC

3.1.4

bande vocale efficace transmise

partie de la bande de base des fréquences vocales utilisée pour les communications téléphoniques, à l'exclusion du canal de signalisation téléphonique

3.1.5**point de référence niveau**

point (d'un système) dont le niveau relatif est de 0 dBr

Note 1 à l'article: Plus précisément, un signal de référence sinusoïdal de 1020 Hz en bande de fréquences vocales est considéré comme passant par le trajet de signal en question avec une amplitude telle que son niveau absolu est de 0 dBm au point 0 dBr. [UIT-T G.100.1]

Note 2 à l'article: Le point de référence niveau peut exister physiquement ou seulement fictivement.

3.1.6**canal BF**

bande de fréquences utilisée pour la transmission du signal d'une interface basse fréquence

3.1.7**capacité de charge, <pour un terminal multivoie>**

puissance sinusoïdale maximale de fréquence unique exprimée en dBm0 qu'un amplificateur multivoie doit émettre sans surcharge significative

3.1.8**puissance de sortie moyenne de la bande haute fréquence**

puissance de sortie d'un terminal APLC dans la bande haute fréquence nominale pondérée sur une période suffisamment longue par rapport au temps de cycle de la fréquence de modulation minimale, et pendant laquelle cette puissance moyenne prend la valeur maximale pour laquelle le terminal a été conçu

3.1.9**bande haute fréquence nominale**

bande de fréquences dans laquelle un émetteur ou récepteur APLC particulier fonctionne dans la plage des fréquences porteuses

Note 1 à l'article: La bande haute fréquence nominale est également appelée bande de fréquences porteuses nominales.

3.1.10**puissance de sortie de la bande haute fréquence nominale**

puissance de sortie d'un terminal APLC dans la bande haute fréquence nominale exprimée sous la forme de la puissance d'enveloppe de crête (PEP) pour laquelle le terminal a été conçu, compatible avec les exigences relatives aux rayonnements non essentiels et aux brouillages entre canaux (pour les terminaux CPL multivoies), disponible à la sortie de l'interface haute fréquence aux bornes d'une charge résistive égale à l'impédance nominale

3.1.11**rapport de puissance**

rapport entre les puissances P_1 et P_2 de deux signaux

Note 1 à l'article: Le rapport de puissance X_{12} est généralement exprimé en décibels (dB) et est calculé selon l'Équation (2)

$$X_{12}[\text{dB}] = 10 \times \log_{10}(P_1/P_2). \quad (2)$$

3.1.12**niveau de puissance relatif**

niveau de puissance à un point d'un circuit, donné par l'expression $10 \times \log_{10}(P/P_0)$ dBr, où P représente la puissance d'un signal sinusoïdal à la fréquence de référence 1020 Hz au point concerné et P_0 la puissance de ce signal au point de référence 0 dBr [UIT-T P.10/G.100 R-8, UIT-T G.100.1]

Note 1 à l'article: La relation entre le niveau de puissance relatif P_{rel} , le niveau de puissance absolu P et le niveau de puissance système P_0 est donnée par l'Équation (3):

$$P_{rel}[dB] = P[dBm] - P_0[dBm0] \quad (3)$$

Note 2 à l'article: Le niveau de puissance relatif dépend du point de mesure et non du type de signal.

3.1.13

rayonnements non essentiels

rayonnements sur une ou des fréquences situées en dehors de la largeur de bande nécessaire et dont le niveau peut être réduit sans affecter la transmission de l'information correspondante

Note 1 à l'article: Ces rayonnements comprennent les rayonnements harmoniques, les rayonnements parasites et les produits d'intermodulation et de conversion de fréquence, à l'exclusion des émissions hors bande [UIT-R SM.329-12].

3.1.14

niveau de puissance système

niveau de puissance exprimé en dBm0, tel que x dBm0 signifie x dB supérieur ou inférieur à 1 mW au point de référence niveau du système, selon que x est positif ou négatif, c'est-à-dire x dB est supérieur ou inférieur au signal de référence niveau de 1020 Hz en tout point du système

Note 1 à l'article: Les réseaux sont souvent conçus pour acheminer différents types de signal (parole, modem, fax, etc.) à des niveaux différents, exprimés en dBm0 [UIT-T G.100.1].

3.1.15

niveau de puissance psophométrique du système

niveau à pondération psophométrique exprimé en dBm0p, comme cela est défini dans l'UIT-T O.41

Note 1 à l'article: Le terme dBm0p est utilisé de la même manière que dBm0 lorsque le niveau est mesuré au moyen d'un psophomètre au lieu d'un appareil de mesure du niveau de réponse uniforme. La pondération psophométrique est utilisée uniquement dans le cadre de la spécification des niveaux de bruit sur les canaux vocaux. La largeur de bande de bruit équivalente du filtre à pondération psophométrique est d'environ 1,8 kHz.

3.2 Abréviations

AC	Alternating Current (courant alternatif)
AM-SSB	Amplitude Modulation SSB (modulation d'amplitude à bande latérale unique/modulation BLU)
APLC	Analogue PLC (courant porteur sur lignes d'énergie analogiques)
DC	Direct current (courant continu)
DPLC	Digital PLC (courant porteur sur lignes d'énergie numériques)
DSP	Digital Signal Processing, Digital Signal Processor (traitement numérique du signal, processeur de signal numérique)
E&M	Ear & Mouth (émission-réception)
FAR	Fully Anechoic Room (chambre entièrement anéchoïque)
FDM	Frequency Division Multiplexing, Frequency Division Multiplexer (multiplexage par répartition de la fréquence, multiplexeur par répartition de la fréquence)
FSK	Frequency Shift Keying (modulation par déplacement de fréquence)
FXO	Foreign Exchange Office (port recevant la ligne téléphonique)
FXS	Foreign Exchange Subscriber (port raccordant la ligne téléphonique)
HF	Haute Fréquence
LAN	Local Area Network (réseau local)
LCL	Longitudinal Conversion Loss (perte de conversion longitudinale)
BF	Basse Fréquence
MIB	Management Information Base (base d'information de gestion)

OATS	Open Area Test Site (emplacement d'essai en espace libre)
OSB	Output Signal Balance (équilibre des signaux de sortie)
PBX	Private Branch Exchange (commutateur privé)
PEP	Peak Envelope Power (puissance d'enveloppe de crête)
CPL	Courant porteur sur lignes d'énergie
RMS	Root Mean Square (valeur efficace)
Rx	Receiver, receive (récepteur, réception)
SAC	Semi Anechoic Chamber (chambre semi-anéchoïque)
SNMP	Simple Network Management Protocol (protocole de gestion de réseau simple/protocole SNMP)
BLU	Bande Latérale Unique
Tx	Transmitter, transmit (émetteur, émission)
VF	Voice Frequency (fréquence vocale)
WAN	Wide Area Network (réseau étendu)
2W	Two Wire (à deux fils)
4W	Four Wire (à quatre fils)

4 Interfaces côté basse fréquence

4.1 Généralités

Toutes les interfaces décrites à l'Article 4 sont facultatives. Cependant, comme cela est indiqué dans la définition de 3.1.2, il doit être possible de configurer un équipement APLC de manière à ce qu'il comporte une interface basse fréquence pour chaque canal BF.

La Figure 2 représente l'architecture générique d'un terminal APLC avec les interfaces BF à gauche et l'interface RF à droite. Le type d'interface – numérique (⏏) ou analogique (⏏) – est indiqué. En outre, cette figure présente deux signaux conceptuels internes: (1) Le "signal de bande de base", qui représente le signal multiplexé FDM de tous les signaux BF et (2) le "signal de bande passante", qui représente le signal de bande de base convertie en bande RF par modulation BLU. Ces deux signaux ne sont généralement pas accessibles par l'utilisateur. Dans le cas où une seule interface BF est présente, la fonction du bloc "Multiplexeur/démultiplexeur par répartition de la fréquence" est réduite à une structure simple par une connexion.

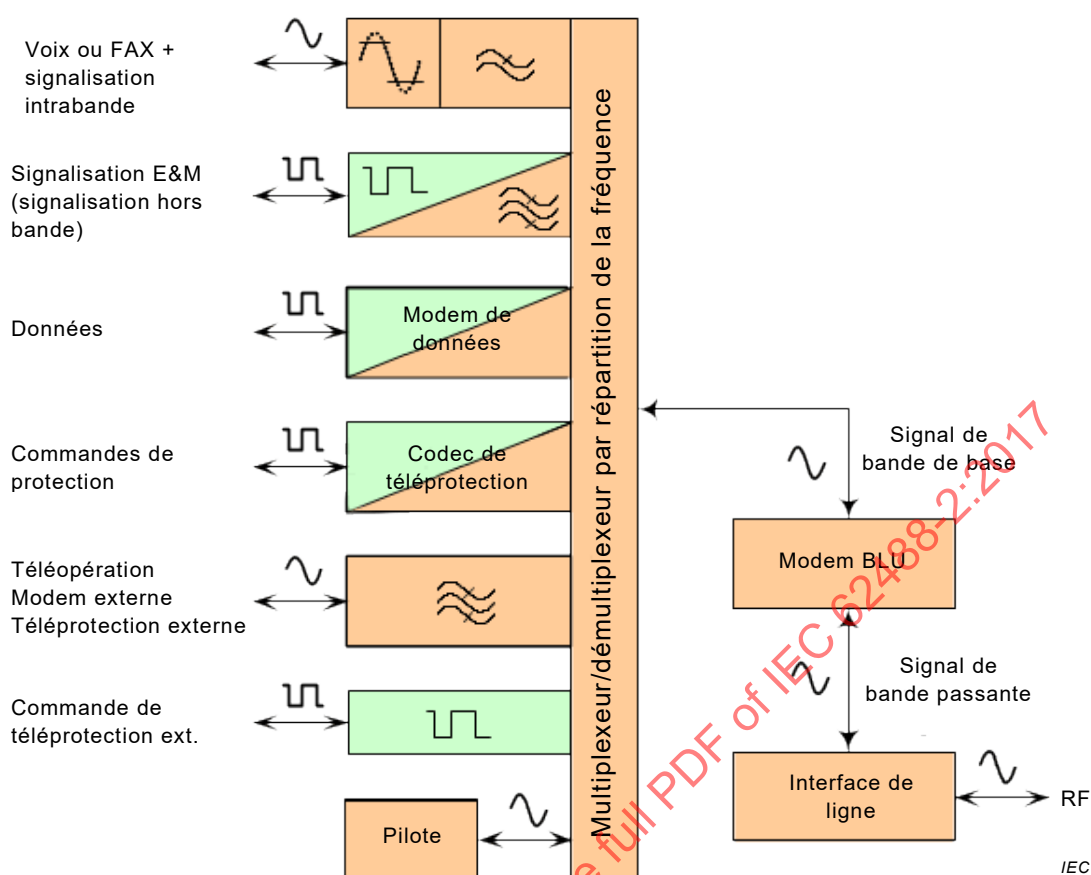


Figure 2 – Architecture générique d'un terminal APLC

4.2 Interfaces analogiques

4.2.1 Généralités

Les interfaces analogiques sont décrites en 4.2. Les paramètres clés et les valeurs caractéristiques recommandées sont indiqués pour chacune d'elles. Tous les niveaux sont spécifiés sous forme de niveaux de puissance absolus (dBm), sauf indication contraire.

4.2.2 Bande de fréquences vocales

La bande de fréquences vocales efficace transmise est comprise entre 300 Hz et 3 400 Hz, conformément à la Recommandation UIT-T G.232. Les autres valeurs recommandées pour la bande vocale efficace transmise sont les suivantes:

- 300 Hz à 2 400 Hz,
- 300 Hz à 2 000 Hz.

4.2.3 Impédance nominale

L'impédance nominale de toutes les entrées et sorties analogiques à basse fréquence doit être équilibrée à 600 Ω .

4.2.4 Affaiblissement de réflexion

L'affaiblissement de réflexion pour toutes les interfaces de fréquence vocale ne doit pas être inférieur à 14 dB dans la bande de fréquences efficace transmise.

4.2.5 Degré de dissymétrie par rapport à la terre

Pour toutes les entrées de fréquence vocale, la perte de conversion longitudinale (LCL) et l'équilibre des signaux de sortie (OSB) ne doivent pas être inférieurs à 40 dB dans la bande de fréquences efficace transmise.

4.2.6 Interface de canal téléphonique UIT-T

4.2.6.1 Description

L'une des interfaces les plus utilisées est liée aux applications vocales. En règle générale, elle est utilisée pour l'interconnexion vers/depuis le transit multiplexeur du service d'abonné. Une ou plusieurs interfaces de canal vocal peuvent être présentes dans chaque terminal si nécessaire.

4.2.6.2 Niveaux de signal vocal

- La plage minimale du niveau d'entrée d'émission doit être de -17 dBm à 0 dBm
- La plage minimale du niveau de sortie de réception doit être de -7 dBm à $+4$ dBm

4.2.7 Interface d'abonnés

4.2.7.1 Description

Il est demandé, dans certains cas, d'établir une connexion d'abonné à un commutateur privé (PBX) à partir d'un emplacement distant. Pour rendre cela possible, les liaisons APLC assurent la connexion téléphonique entre un PBX et un poste téléphonique à deux fils en configurant une interface PBX sur le terminal APLC local et une interface d'abonnés sur le terminal APLC distant.

La Figure 3 représente un schéma d'application possible.

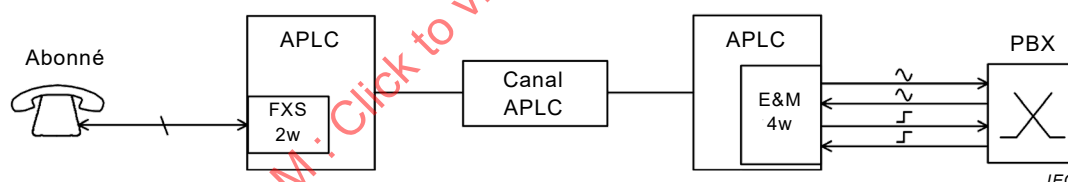


Figure 3 – Interfaces PBX d'abonnés locales et distantes

Il est également possible d'avoir une interface à deux fils avec le PBX (interface FXO à deux fils), en variante à l'interface à quatre fils représentée du côté droit de la Figure 3.

4.2.7.2 Niveaux de signal vocal

Les niveaux relatifs à deux fils/quatre fils utilisés pour le signal vocal diffèrent d'un pays à l'autre. Ils doivent de préférence se situer dans les plages recommandées suivantes:

- La plage minimale du niveau d'entrée d'émission doit être de -17 dBm à 0 dBm
- La plage minimale du niveau de sortie de réception doit être de -7 dBm à $+4$ dBm

4.2.8 Interface d'interconnexion PBX

4.2.8.1 Description

Lorsque l'interconnexion entre deux PBX est nécessaire, l'APLC est configuré de manière à fournir l'interface à quatre fils, y compris la signalisation appropriée.

La Figure 4 représente un schéma d'application possible.

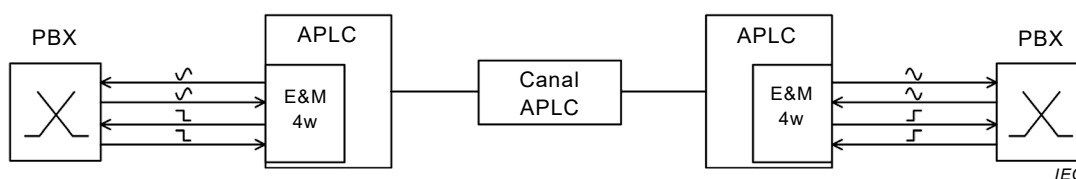


Figure 4 – Interfaces pour l'interconnexion à la ligne principale PBX par liaison APLC

4.2.8.2 Niveaux de signal vocal

Les niveaux relatifs à quatre fils utilisés pour le signal vocal diffèrent d'un pays à l'autre. Ils doivent de préférence se situer dans les plages recommandées suivantes:

- La plage minimale du niveau d'entrée d'émission doit être de -17 dBm à 0 dBm
- La plage minimale du niveau de sortie de réception doit être de -7 dBm à $+4$ dBm

4.2.9 Interface de canal télégraphique à bande étroite

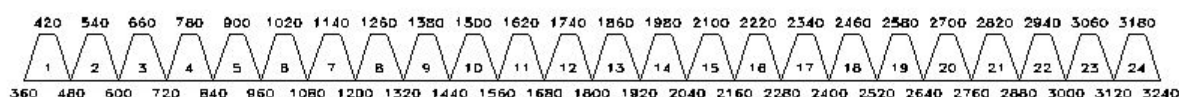
4.2.9.1 Description

Le 4.2.9 traite du transit des canaux télégraphiques modulés à faible débit de symboles (50 bauds, 100 bauds, 200 bauds, 600 bauds, 1 200 bauds) généralement utilisés pour assurer la commande à distance et le mesurage de signaux depuis les RTU (terminaux à distance) jusqu'aux systèmes SCADA (systèmes de supervision, contrôle et acquisition de données) centraux.

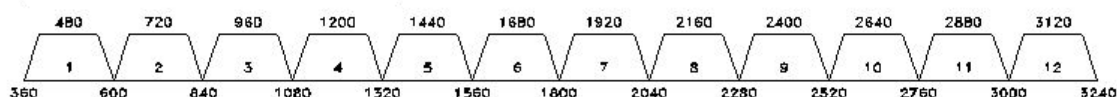
4.2.9.2 Disposition des canaux télégraphiques à bande étroite

Pour l'émission asynchrone des données sur les canaux téléphoniques UIT-T et selon le type de modulation utilisé, un plan de multiplexage par répartition de la fréquence et de disposition des canaux représenté à la Figure 5 est le plus souvent utilisé.

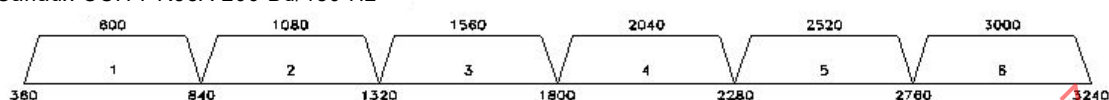
Canaux CCITT R36 50 Bd/120 Hz



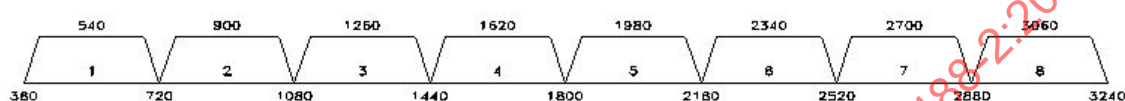
Canaux CCITT R37 100 Bd/240 Hz



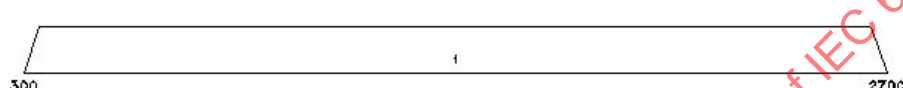
Canaux CCITT R38A 200 Bd/480 Hz



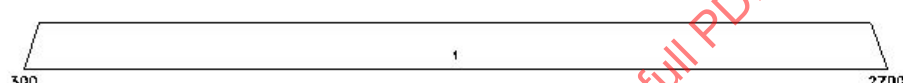
Canaux CCITT R38B 200 Bd/360 Hz



Canaux CCITT V23 600 Bd



Canaux CCITT V23 1 200 Bd



IEC

Figure 5 – Disposition des canaux télégraphiques UIT-T à faible débit de symboles

La largeur de bande utilisée dans les canaux vocaux varie pour chaque canal télégraphique de 120 Hz à 2 400 Hz.

Cela permet de multiplexer un ou plusieurs signaux modulés par FSK avec des débits de symboles compris entre 50 Baud et 1 200 Baud.

4.2.9.3 Niveaux de signal télégraphique

Les niveaux relatifs à quatre fils utilisés pour les signaux télégraphiques modulés doivent de préférence se situer dans les plages recommandées suivantes:

- La plage minimale du niveau d'entrée d'émission doit être de -20 dBm à 0 dBm
- La plage minimale du niveau de sortie de réception doit être de -20 dBm à 0 dBm

4.3 Interface du système analogique de téléprotection

4.3.1 Description

Un dispositif sélectif analogique de téléprotection a pour objectif type d'accélérer, de retarder, de verrouiller ou de conditionner le relais de protection (protection de lignes à distance, protection contre la basse pression de gaz d'isolation) installé dans le champ des deux côtés d'une liaison APLC.

Cet objectif est réalisé en transmettant une commande d'un dispositif de téléprotection à l'autre par un système de transmission approprié, rapide, sûr et fiable afin de contrôler le comportement du relais de protection à l'autre extrémité de la section de ligne.

Les terminaux APLC peuvent éventuellement comporter un dispositif sélectif analogique intégré de téléprotection avec son interface permettant la communication avec le dispositif de protection.

Une autre option possible inclut une interface analogique simple permettant la communication entre un dispositif de téléprotection externe et un terminal APLC.

Dans le premier cas, l'interface traite les signaux/commandes échangés directement avec le relais de protection du champ. Cela signifie qu'aucun signal basse fréquence n'est échangé, mais plutôt des critères/commandes logiques.

Dans le second cas, l'interface coopère avec un dispositif sélectif externe de téléprotection. Par conséquent, l'interface peut être constituée de circuits d'entrée/sortie à fréquence vocale et de circuits de commande.

Les entrées et les sorties doivent de préférence être découplées des autres entrées/sorties de signal/commande.

4.3.2 Téléprotection intégrée

Dans le cas d'une téléprotection intégrée, les exigences de fonctionnement des systèmes de commande de téléprotection définies dans l'IEC 60834-1 doivent être appliquées.

4.3.3 Bande de fréquences de l'interface de téléprotection

La bande de fréquences nominale utilisée pour le service de téléprotection doit être spécifiée dans la plage de fréquences du canal vocal nominal.

Il peut s'agir d'une bande de fréquences entièrement dédiée et préattribuée ou d'une bande alternative attribuée lorsque les terminaux passent en mode téléprotection.

Pour ce mode de fonctionnement et afin de réduire le risque de brouillage, il est demandé de bloquer tous les autres signaux présents à l'interface basse fréquence.

4.3.4 Impédance de l'interface de téléprotection

- L'impédance d'entrée/sortie doit être de 600 Ω .

4.3.5 Affaiblissement de réflexion de l'interface de téléprotection

- L'affaiblissement de réflexion ne doit pas être inférieur à 14 dB.

4.3.6 Niveaux de signal de l'interface de téléprotection

- La plage minimale du niveau d'entrée d'émission doit être de –20 dBm à 0 dBm.
- La plage minimale du niveau de sortie de réception doit être de –20 dBm à 0 dBm.

4.3.7 Circuits de commande de l'interface de téléprotection

Des entrées de commande peuvent être fournies pour amplifier le signal de téléprotection jusqu'à une puissance maximale de sortie PEP haute fréquence spécifiée et pour bloquer les autres signaux pendant une courte période, généralement moins de 500 ms, pendant la transmission ou la réception de téléprotection.

Les terminaux APLC doivent comprendre des circuits de commande permettant de faire passer le terminal du mode communication au mode téléprotection, si une bande temporaire est attribuée pour la transmission du signal de téléprotection.

Les entrées de commande doivent fonctionner avec une résistance de boucle de 500 Ω au maximum.

Les sorties de commande sont souvent fournies pour donner l'alerte au terminal externe de téléprotection en cas de défaillance ou de dégradation de la liaison APLC.

4.4 Interfaces numériques

4.4.1 Interface de signalisation téléphonique

4.4.1.1 Description

Elle permet l'interfaçage avec un téléphone ou un central téléphonique. Pour satisfaire aux différentes applications de téléphonie, les configurations types suivantes doivent être possibles:

- extension automatique de ligne côté téléphone (FXS);
- extension automatique de ligne côté central téléphonique (FXO).

Dans certains cas spécifiques, les configurations suivantes sont également requises:

- batterie centrale;
- batterie locale.

Cette interface peut surtout remplir les fonctions suivantes:

- conversion des critères de ligne occupée, de composition d'un numéro ou d'appel en critères de transmission et de retour pour le transmetteur;
- génération de courant d'alimentation pour le téléphone;
- génération/détection d'une tension d'appel alternative de 20/25 Hz ou 50/60 Hz.

4.4.1.2 Mécanisme de signalisation E&M

En référence aux Figures 3 et 4, le canal de signalisation doit être mis en fonctionnement par un contact ouvert ou fermé sans potentiel ou par une mise à la terre du côté émission et doit fournir un contact sans potentiel ou une terre du côté réception.

L'entrée doit fonctionner avec une résistance de boucle de 500 Ω au maximum. Le contact de sortie doit pouvoir commuter jusqu'à 72 V et 50 mA sur une charge résistive.

4.4.1.3 Modulation de signalisation et bande de fréquences

La signalisation est souvent transmise par modulation FSK. À cette fin, une petite portion spécifique de la bande de fréquences est attribuée à l'intérieur ou à côté du canal vocal (par exemple, de 2 490 Hz à 2 550 Hz). La fréquence FSK du signal FSK est décalée (par exemple de ± 30 Hz) en présence de la signalisation.

Une alarme est souvent déclenchée si le niveau de la fréquence de signalisation reçue est inférieur à un seuil réglable prédéfini (par exemple, de 3 dB à 20 dB) par rapport à la valeur nominale.

4.4.1.4 Distorsion d'impulsions

La distorsion des impulsions ne doit pas dépasser 10 % lorsque le canal de signalisation est mis en fonctionnement à une vitesse de 30 Baud.

4.4.2 Modem de données interne

4.4.2.1 Description

Pour l'émission de données, un ou plusieurs modems série peuvent être intégrés au terminal APLC.

Selon la technologie mise en œuvre, chaque interface de modem doit être conforme à la norme de communication correspondante.

Les recommandations V.24 (EIA RS-232) et V.11 de l'UIT définissent les interfaces série à utiliser pour la communication entre appareils numériques.

La largeur de bande à utiliser pour la transmission FSK est définie par la norme correspondante. Cette transmission utilise en principe une ou plusieurs parties du canal vocal type, comme cela est représenté à la Figure 5 précédente.

La largeur de bande à utiliser est définie par la norme correspondante. Les modems utilisent toute la largeur de bande d'un canal BF ou une ou plusieurs de ses parties. Pour FSK, la disposition des canaux est représentée à la Figure 5.

D'autres types de modulation tels que DPSK, QPSK, QAM, etc. peuvent également être utilisés pour l'émission de données.

4.4.2.2 Couche physique

Les interfaces série de données doivent être conformes aux recommandations V.24/V.28(EIA RS-232) de l'UIT-T ou aux recommandations V.11/X.24 (EIA RS-422) de l'UIT-T. Les connecteurs couramment utilisés sont représentés à la Figure 6 pour EIA RS-232 et à la Figure 7 pour EIA RS-422.

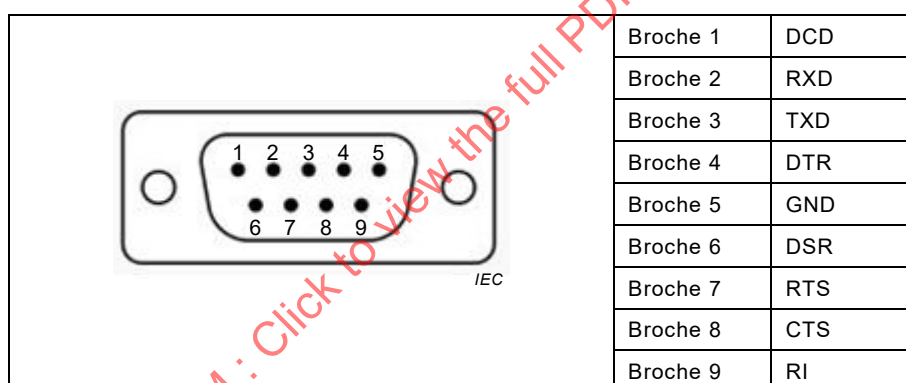
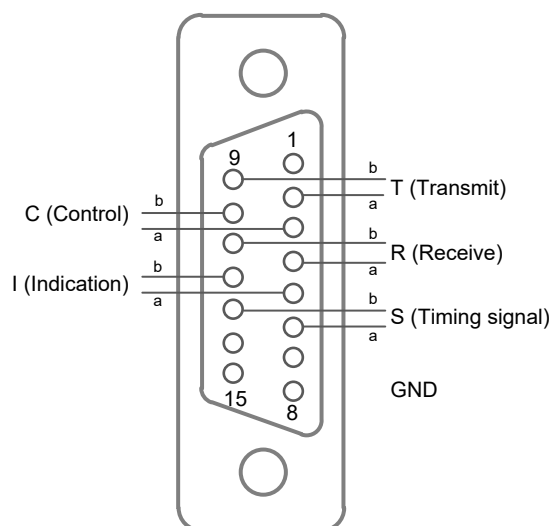


Figure 6 – Connecteur EIA RS-232 couramment utilisé



Anglais	Français
Control	Commande
Indication	Indication
Transmit	Transmission
Receive	Réception
Timing signal	Signal de synchronisation
GND	Terre

Figure 7 – Connecteur V.11 couramment utilisé

Pour les caractéristiques physiques (tension, facteur de forme du connecteur, isolation et brochage de sortie) de ces interfaces, les normes de référence correspondantes doivent être appliquées.

4.4.2.3 Couche liaison de données

Les modems FSK intégrés fonctionnent généralement avec un débit de symboles compris entre 50 Baud et 1 200 Baud.

Les normes de référence correspondantes sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Débit de symboles FSK et normes de bande étroite associées

Débit de symboles FSK	Norme de bande étroite associée
50 Baud	UIT-T R.35
100 Baud	UIT-T R.37
200 Baud	UIT-T R.38A
200 Baud	UIT-T R.38B
600 Baud	UIT-T V.23
1 200 Baud	UIT-T V.23

Les modems intégrés à fréquence vocale conformes à l'UIT-T utilisent une bande de fréquences comprise entre 300 Hz et 3 400 Hz et atteignent un débit de données égal ou supérieur à 14,4 kbps. Cependant, ces normes n'ont pas été conçues pour être utilisées avec un CPL. À leur mise en marche, après des salves de bruit ou des coupures brèves de canal, et pour assurer leur compatibilité avec les normes UIT-T antérieures, les modems suivent une séquence d'apprentissage pendant plusieurs secondes avant que l'émission de données ne puisse débuter ou se poursuivre.

4.4.2.4 Interface Ethernet IEEE 802.3

4.4.2.4.1 Généralités

Il est demandé dans certains cas d'interfacer les liaisons APLC avec un réseau local LAN afin de mettre en œuvre des fonctionnalités de commutation ou de pontage locales.

Cette interface intégrée met souvent en œuvre les interfaces normalisées Ethernet 10/100BaseT (cuivre) et Ethernet 100FX (optique).

Les trames Ethernet sont d'abord sérialisées, élaborées puis transmises au moyen d'un modem série interne intégré de transmission de données à grande vitesse du terminal APLC.

4.4.2.4.2 Couche physique

Une paire de cuivre torsadée ou des connecteurs optiques sont généralement utilisés pour les interfaces Ethernet. Les Figures 8 et 9 donnent des exemples possibles de ces connecteurs.

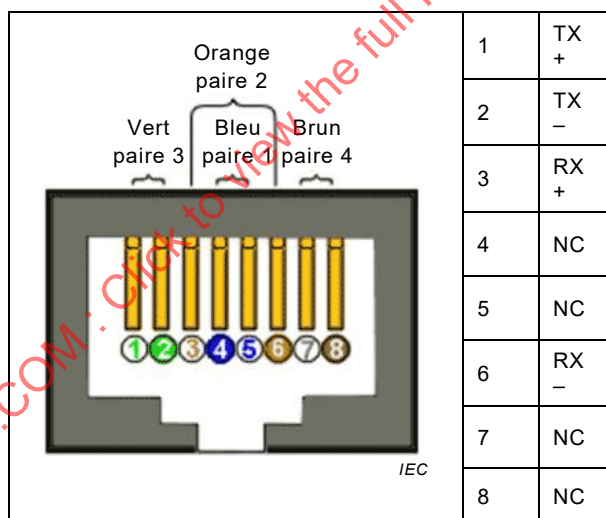


Figure 8 – Connecteur de type ETH IEEE 802.3 RJ45

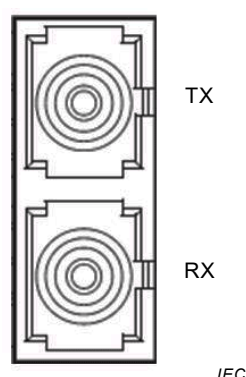


Figure 9 – Connecteur de type ETH IEEE 802.3 SC

Pour les caractéristiques physiques (tension, facteur de forme du connecteur, isolation et brochage de sortie) de ces interfaces, la norme de référence correspondante doit être appliquée.

4.4.2.4.3 Couche liaison de données

Pour cette application, la couche liaison de données doit être conforme à la norme Ethernet IEEE 802.3.

Pour des raisons pratiques, plusieurs ports Ethernet doivent être mis à disposition par la mise en œuvre des fonctionnalités de commutation pour le réseau LAN.

La connectivité Ethernet à distance demande, au moins, la mise en œuvre des fonctionnalités de pontage transparentes et essentielles du réseau WAN selon l'IEEE 802.1D.

5 Interface haute fréquence côté ligne de transmission

5.1 Bande APLC haute fréquence et disposition des canaux

La plage type de hautes fréquences utilisée en Europe s'étend de 40 kHz à 500 kHz (jusqu'à 1 000 kHz dans certains pays et pour des applications spéciales (câbles, par exemple) jusqu'à 24 kHz). Les réglementations nationales peuvent interdire des portions de cette plage.

La bande haute fréquence nominale est divisée en des bandes haute fréquence de base généralement de 4 kHz ou 2,5 kHz en fonction des canaux BF utilisés.

De manière générale, un terminal APLC fonctionne dans une bande haute fréquence nominale comprenant une ou plusieurs bandes haute fréquence de base adjacentes pour chaque sens de la transmission.

La bande haute fréquence nominale du terminal a une largeur de bande égale à $n \times B$ (n = nombre de canaux haute fréquence; B = largeur de bande de la bande haute fréquence de base).

Les bandes de transmission et de réception haute fréquence nominales d'un terminal APLC peuvent être non adjacentes ou adjacentes.

Il doit être indiqué pour chaque terminal APLC l'ensemble configurable de largeurs de bande haute fréquence de canal nominales et l'ensemble de fréquences porteuses nominales pour lesquelles les valeurs recommandées sont maintenues.

5.2 Exactitude de la fréquence

La haute fréquence – correspondant à la fréquence porteuse éventuellement supprimée lors du processus de modulation – de tout canal haute fréquence ne doit pas s'écarter de sa valeur nominale de plus de ± 10 Hz.

5.3 Niveaux de signal

La plage configurable de puissance PEP et de la puissance efficace du signal haute fréquence au niveau de l'interface haute fréquence côté ligne de transmission, lorsqu'elle est chargée avec l'impédance nominale, doit être indiquée dans le manuel d'utilisation du terminal.

L'Annexe C du présent document et l'Annexe C de l'IEC 62488-1:2012 peuvent servir de lignes directrices pour la distribution de puissance sur la bande HF nominale.

5.4 Impédance nominale

L'impédance nominale dans la bande de transmission haute fréquence nominale au niveau de l'interface haute fréquence côté ligne de transmission doit être à 75Ω en mode asymétrique ou 150Ω en mode symétrique.

D'autres valeurs peuvent être prises en considération si nécessaire. Pour chaque valeur, l'interface HF du terminal doit satisfaire aux exigences définies à l'Article 5.

5.5 Affaiblissement de réflexion

La procédure d'essai permettant de mesurer l'affaiblissement de réflexion est décrite en 7.3.

L'affaiblissement de réflexion dans la bande de transmission haute fréquence nominale ne doit pas être inférieur à 10 dB.

5.6 Degré de dissymétrie par rapport à la terre

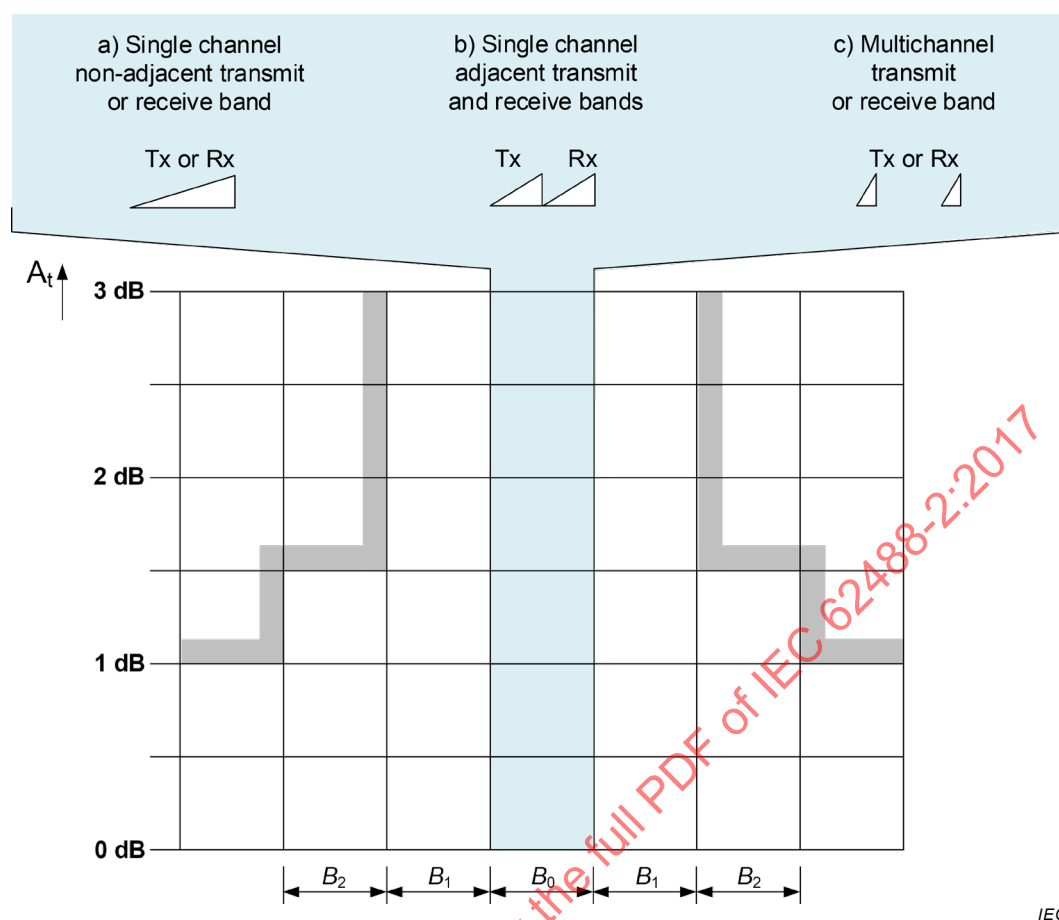
La procédure d'essai permettant de mesurer le degré de dissymétrie par rapport à la terre est décrite en 7.4.

Pour l'interface haute fréquence côté ligne de transmission de type symétrique, la perte de conversion longitudinale ne doit pas être inférieure à 40 dB à la fréquence du réseau de 50 Hz ou 60 Hz.

5.7 Affaiblissement dû à une dérivation

La procédure d'essai permettant de mesurer l'affaiblissement dû à une dérivation est décrite en 7.5.

L'impédance située en dehors de la bande B_0 représentée à la Figure 10 doit être telle que tout autre terminal APLC ou DPLC, connecté à la même unité d'adaptation de couplage avec la même impédance, ne subisse pas d'affaiblissement dû à une dérivation A_t supérieur à celui indiqué à la Figure 10.



Anglais	Français
a) Single channel non-adjacent transmit or receive band	a) Bande non-adjacente de transmission ou de réception monovoie
b) Single channel adjacent transmit and receive bands	b) Bandes adjacentes de transmission et de réception monovoie
c) Multichannel transmit or receive band	c) Bande de transmission ou de réception multivoies
Tx or Rx	Tx ou Rx (Émission ou réception)
Tx Rx	Tx Rx

Figure 10 – Limites d'affaiblissement dû à une dérivation pour les terminaux APLC

Les valeurs de B_0 , B_1 et B_2 sont indiquées dans le tableau ci-dessous, où B est la bande haute fréquence de base (généralement 4 kHz ou 2,5 kHz) et n le nombre de canaux.

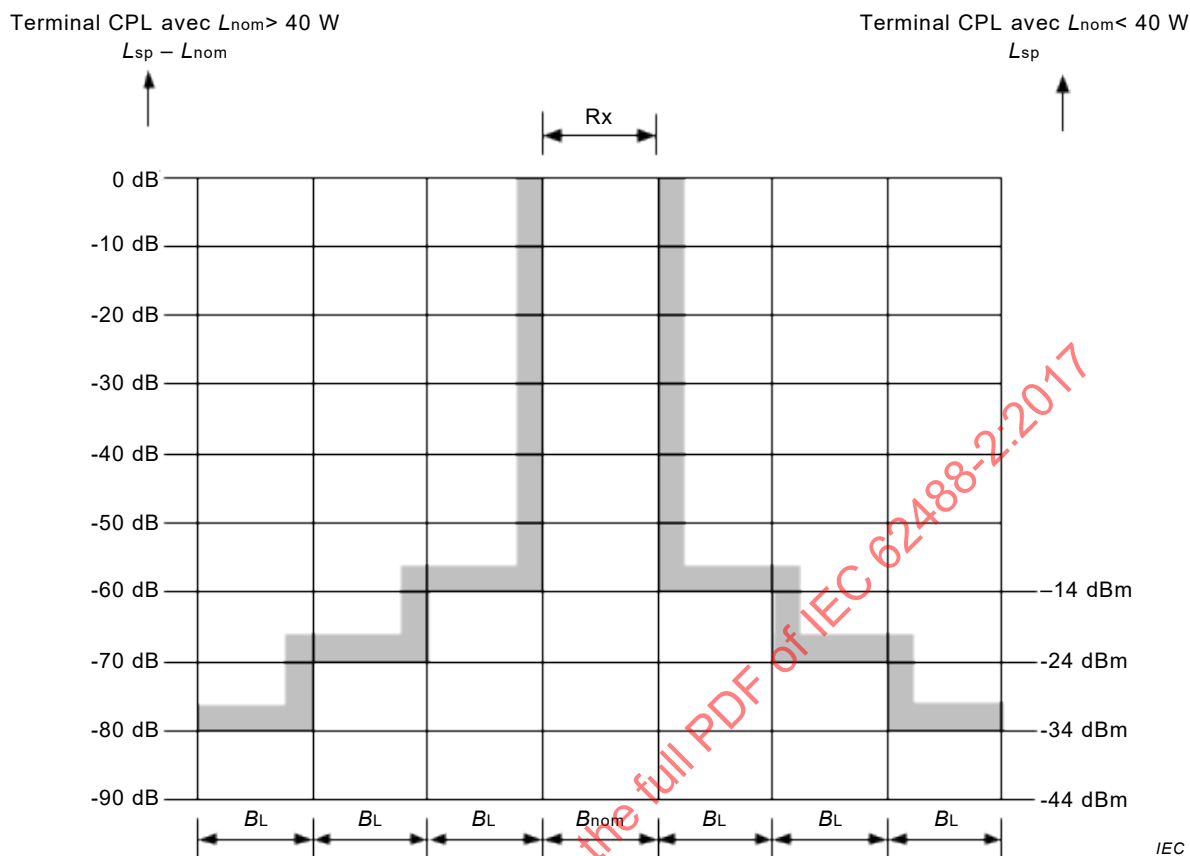
	B_0	B_1	B_2
a)	B	$2 \times B$	B
b)	$2 \times B$	$2 \times B$	B
c)	$n \times B$	$n \times B$	$n \times B$

5.8 Rayonnements non essentiels

Les rayonnements non essentiels sont des émissions, à une ou plusieurs fréquences, situées en dehors de la bande de transmission haute fréquence nominale.

La procédure d'essai permettant de mesurer rayonnements non essentiels est décrite en 7.6.

Le niveau maximal autorisé des rayonnements non essentiels est indiqué à la Figure 11.



B_{nom} est la largeur de bande de la bande haute fréquence nominale utilisée pour la transmission

$B_{nom} = n \times B$ où B est la largeur de bande de la bande haute fréquence de base et n le nombre de canaux

L_{sp} est le niveau des rayonnements non essentiels

L_{nom} est la puissance de sortie de la bande haute fréquence nominale

$B_L = B_{nom}$

Figure 11 – Niveau maximal des rayonnements non essentiels hors de la bande haute fréquence

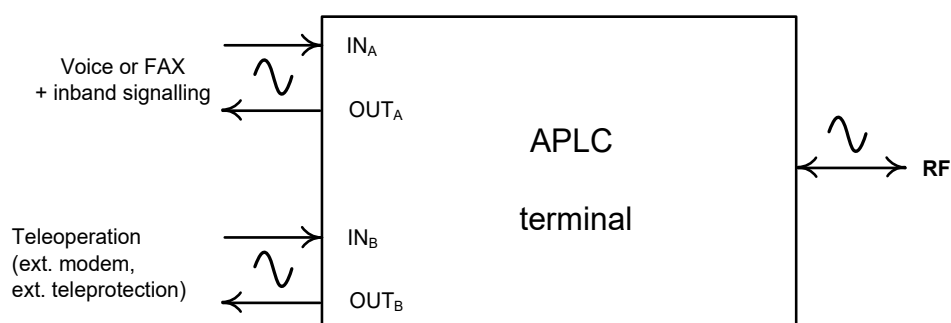
6 Qualité et performances

6.1 Généralités

L'Article 6 spécifie différentes exigences concernant la qualité et les performances d'un ou de plusieurs terminaux APLC interconnectés.

Il s'agit surtout des exigences APLC relatives à la fois aux interfaces côté fréquence vocale et à l'interface côté haute fréquence pour un ou deux terminaux simulant une liaison APLC.

La Figure 12 représente les points de référence pour le mesurage des paramètres APLC. Il s'agit des deux interfaces analogiques basse fréquence représentées à la Figure 2.



IEC

Anglais	Français
Voice or FAX + inband signalling	Voix ou FAX + signalisation intrabande
Teleoperation (ext. modem, ext. teleprotection)	Téléopération (modem externe, téléprotection externe)
APLC terminal	Terminal APLC

Figure 12 – Points de référence pour le mesurage des paramètres APLC

6.2 Bruit généré en interne par APLC

Le niveau de bruit non pondéré, mesuré à la sortie de fréquence vocale d'une paire de terminaux CPL, ne doit pas dépasser $-52,4 \text{ dBm0}$. Cette valeur peut être considérée comme étant équivalente à un niveau de bruit pondéré de -55 dBm0p .

Le mesurage doit être effectué en l'absence de toute transmission de signal (sauf pour le signal pilote ou la porteuse réduite).

6.3 Commande automatique de gain

Dans le cas d'une variation de 30 dB du niveau du signal haute fréquence reçu dans la plage de régulation, la variation des niveaux de réception de la fréquence vocale de la parole et des signaux doit être inférieure à 1 dB.

La caractéristique de commande automatique de gain doit être coordonnée avec les exigences de téléprotection.

6.4 Action du limiteur

Le limiteur associé au canal vocal doit produire un effet de limitation défini comme suit.

L'action du limiteur doit commencer entre -3 dBm0 et 0 dBm0 pour tout signal sinusoïdal d'une fréquence comprise entre 300 Hz et la fréquence supérieure du canal vocal.

Le niveau à l'interface côté haute fréquence du signal de sortie mesuré au moyen d'un sonomètre non sélectif de valeur efficace vraie ne doit pas dépasser $+3 \text{ dBm0}$ pour permettre une augmentation du signal d'entrée de fréquence vocale jusqu'à un niveau de $+15 \text{ dBm0}$.

Lorsque le fonctionnement de l'APLC n'est pas dégradé au niveau de sortie maximal par suite de la conception d'un bilan de liaison, un limiteur n'est pas nécessaire.

6.5 Différence de fréquence d'émission/réception

Dans une paire de terminaux APLC, la différence de fréquence entre un signal de fréquence vocale appliqué à l'extrémité de transmission et celui reçu à l'extrémité de réception ne doit pas dépasser 2 Hz.

Une commande automatique de la fréquence des terminaux APLC est recommandée pour l'émission de données.

6.6 Distorsion d'affaiblissement

La distorsion d'affaiblissement d'une paire de terminaux APLC mesurée entre l'entrée vocale et la sortie vocale (points IN_A et OUT_A de la Figure 12) doit satisfaire aux exigences des Figures 13, 14 et 15.

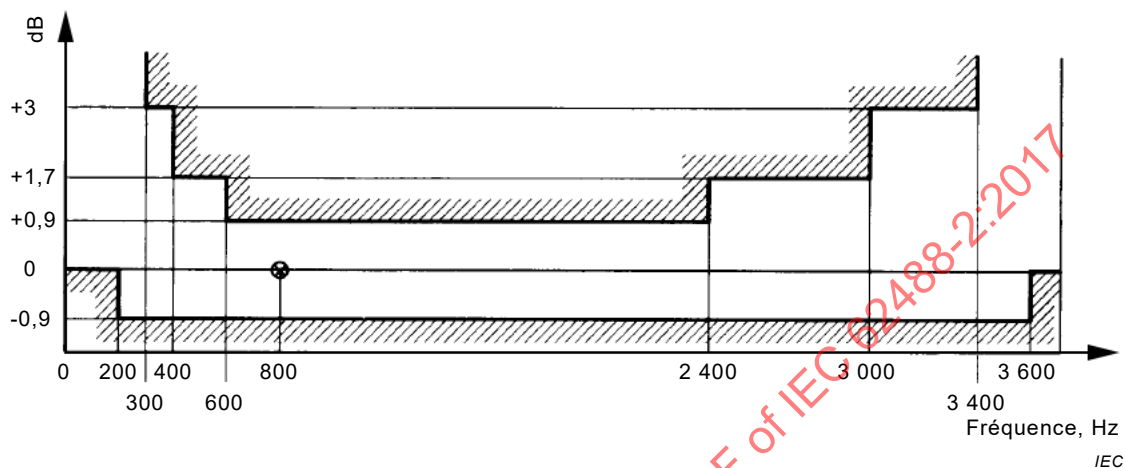


Figure 13 – Limites de distorsion d'affaiblissement pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 3 400 Hz (UIT-T G.232)

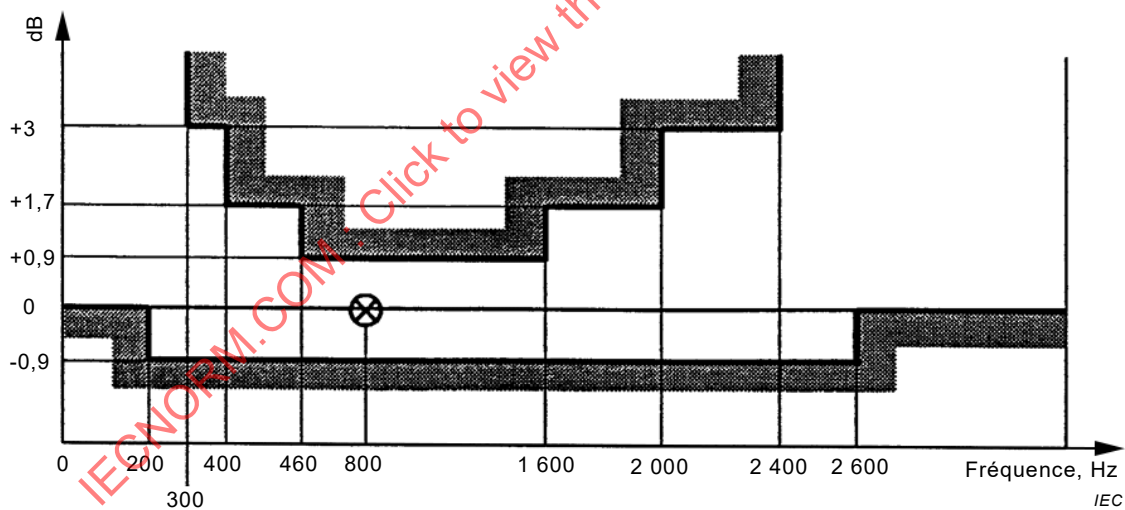


Figure 14 – Limites de distorsion d'affaiblissement pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 2 400 Hz

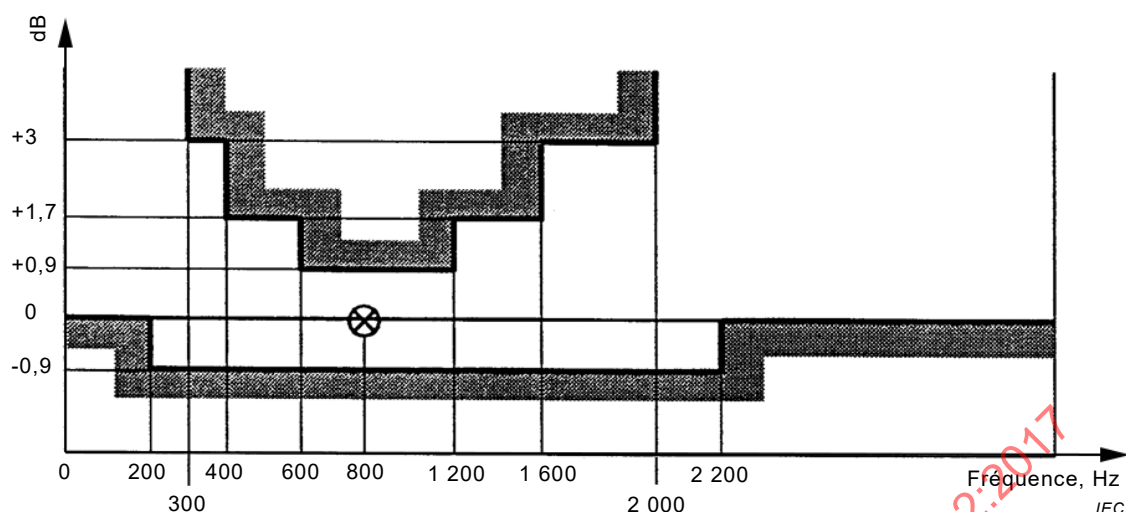


Figure 15 – Limites de distortion d'affaiblissement pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 2 000 Hz

6.7 Distorsion de retard de groupe

La distortion de retard de groupe d'une paire de terminaux APLC mesurée entre l'entrée vocale et la sortie vocale (points IN_A et OUT_A de la Figure 12) doit satisfaire aux exigences des Figures 16, 17 et 18.

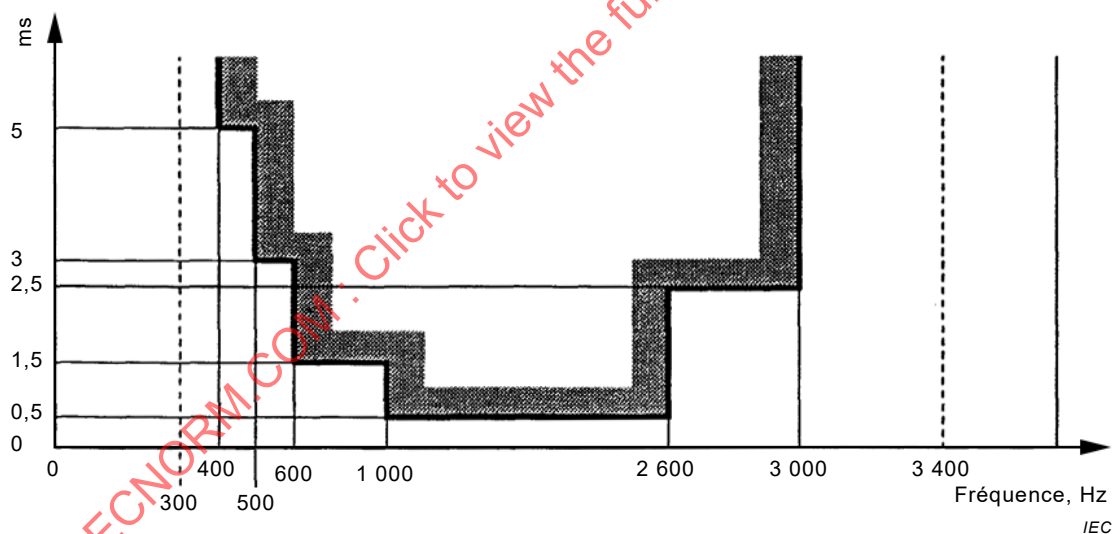


Figure 16 – Limites de distortion de retard de groupe pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 3 400 Hz

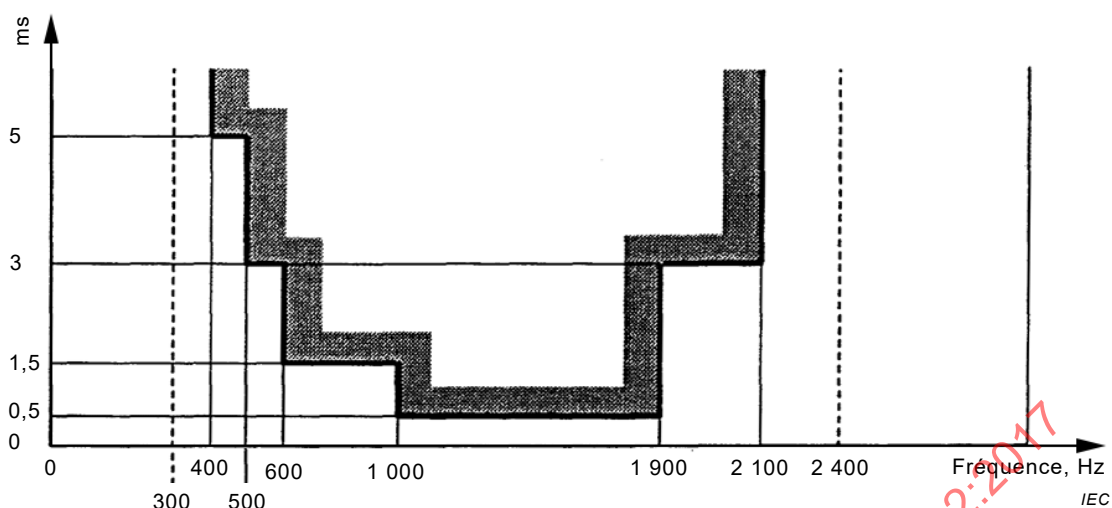


Figure 17 – Limites de distortion de retard de groupe pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 2 400 Hz

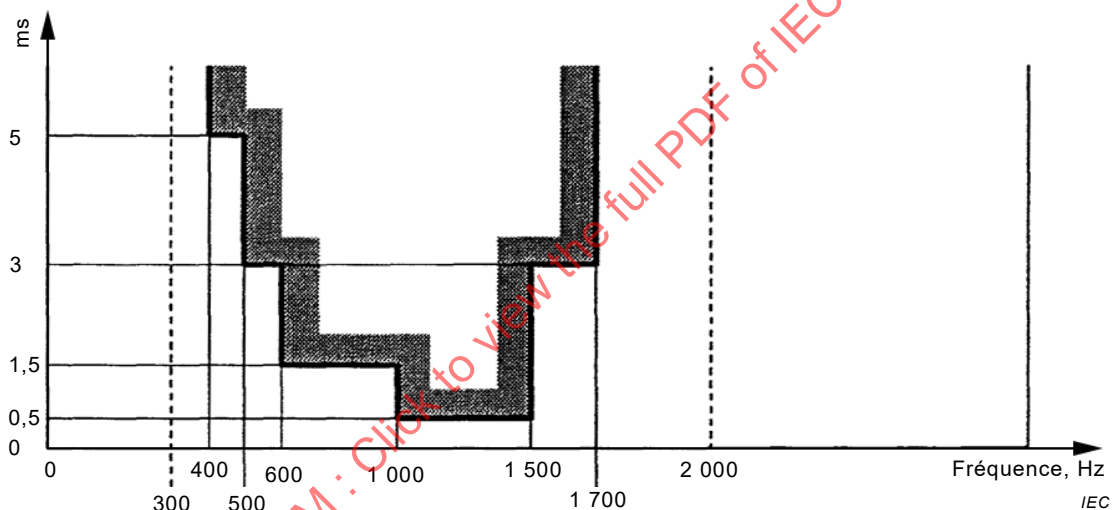


Figure 18 – Limites de distortion de retard de groupe pour la bande de fréquences vocales comprise entre 300 Hz et 2 000 Hz

6.8 Distorsion harmonique

La distorsion harmonique d'une paire de terminaux APLC doit être mesurée à la sortie vocale (point OUT_A de la Figure 12).

Un signal d'essai sinusoïdal d'une fréquence de 350 Hz et d'un niveau de –3 dBm0 doit être injecté à l'entrée vocale (point IN_A de la Figure 12).

Le niveau de chaque composante présente à la sortie de la fréquence vocale (point OUT_A de la Figure 12) doit être inférieur à –40 dBm0.

6.9 Sélectivité

Le montage d'essai est décrit en 7.7.

Lorsqu'un signal sinusoïdal d'une fréquence de 300 Hz hors de la bande de réception nominale de fréquences porteuses est injecté du côté des fréquences porteuses d'un terminal CPL avec un niveau de +10 dBm0, le niveau du signal reçu du côté des fréquences vocales (points OUT_A ou OUT_B de la Figure 12) doit être inférieur à -55 dBm0.

Pour une bande haute fréquence de base de B, lorsqu'un signal sinusoïdal d'une fréquence de B ou plus hors de la bande de réception haute fréquence nominale est injecté avec un niveau de +20 dBm0, le niveau du signal reçu du côté des fréquences vocales (points OUT_A ou OUT_B de la Figure 12) doit être inférieur à -55 dBm0.

6.10 Affaiblissement diaphonique

6.10.1 Affaiblissement diaphonique dans un même canal

Le montage d'essai est décrit en 7.8.

L'affaiblissement paradiaphonique mesuré entre les points d'émission IN_A ou IN_B d'un canal et les points de réception OUT_A ou OUT_B du même canal pour le terminal à extrémité proche ne doit pas être inférieur à 50 dB.

6.10.2 Affaiblissement diaphonique entre canaux

Le montage d'essai est décrit en 7.8.

L'affaiblissement paradiaphonique mesuré entre les points d'émission IN_A ou IN_B (voir Figure 12) d'un canal et les points de réception OUT_A ou OUT_B des autres canaux pour le terminal à extrémité proche ne doit pas être inférieur à 50 dB.

L'affaiblissement télédiaphonique mesuré entre les points de réception OUT_A ou OUT_B (voir Figure 12) du canal pris en considération et les points de réception OUT_A ou OUT_B des autres canaux pour le terminal à extrémité lointaine ne doit pas être inférieur à 50 dB.

7 Essais

7.1 Généralités

L'Article 7 décrit le montage d'essai et la méthodologie à appliquer pour évaluer les caractéristiques principales d'un terminal APLC. Tous les essais doivent être effectués afin de mesurer et de vérifier les caractéristiques qui satisfont aux exigences spécifiées aux Articles 4, 5 et 6.

Tous les essais de vérification des caractéristiques exigées doivent être considérés comme des essais de type définis dans le Vocabulaire Électrotechnique International IEC 151-04-15, IEC 60050).

7.2 Montage d'essai pour les essais de liaison APLC

Dans toutes les procédures d'essai exigeant l'utilisation d'une paire de terminaux APLC, les interfaces côté haute fréquence doivent être connectées par une ligne artificielle (affaiblisseur résistif d'affaiblissement A), adaptée à l'impédance nominale des terminaux conformément à l'Équation (4).

$$A = 20\text{dB} \quad (4)$$

Les composants électroniques modernes permettant la conception de circuits de commande automatique de gain avec une large plage de régulation, il est retenu par hypothèse qu'un affaiblissement de 20 dB convient à l'essai de tout CPL dans la plage de puissance de 1 W à 50 W. Cependant, la valeur d'affaiblissement peut être différente, si cela est exigé.

7.3 Affaiblissement de réflexion

Le présent alinéa décrit la procédure d'essai permettant de mesurer l'affaiblissement de réflexion. L'affaiblissement de réflexion de l'interface haute fréquence d'un terminal APLC doit être mesuré pour vérifier que l'interface satisfait aux exigences définies en 5.5.

L'affaiblissement de réflexion doit également être mesuré sur toutes les interfaces de fréquence vocale de l'interface analogique côté basse fréquence du terminal APLC.

Le circuit d'essai représenté à la Figure 19 peut être utilisé.

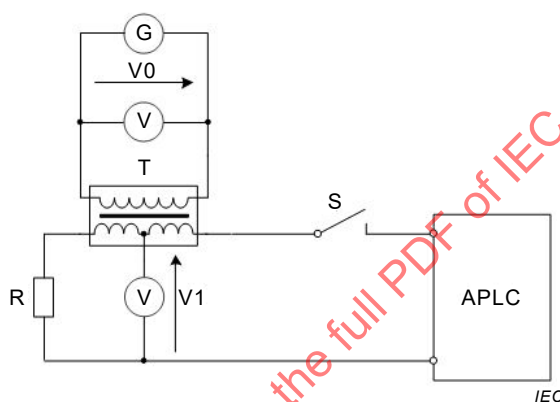


Figure 19 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'affaiblissement de réflexion

La résistance R doit être égale à l'impédance nominale Z_{nom} de l'interface APLC en essai. Il s'agit généralement de 600 Ω pour les interfaces audiofréquence et de 75 Ω ou 150 Ω pour l'interface haute fréquence.

G est un générateur d'ondes sinusoïdales et V0 doit être un signal sinusoïdal de tension constante dans toute la plage de fréquences spécifiée. Le niveau de tension doit être identique dans les deux positions du commutateur S. Une tension de 1 V en valeur efficace est recommandée.

T est un transformateur différentiel symétrique enroulé autour d'un matériau magnétique adapté à la bande de fréquences donnée. Il est composé de deux enroulements, le primaire du côté générateur, le secondaire, à prises centrales, du côté APLC. En principe, le rapport de transformation est de 1:1 primaire à secondaire (avec prises centrales).

Les tensions V0 et V1 doivent être mesurées à l'aide d'un voltmètre approprié sélectif en fréquence à haute impédance sur la plage de fréquences spécifiée. L'APLC est à l'état de repos et aucun signal n'est émis.

Pour chaque fréquence, le mesurage est effectué avec le commutateur S en position ouverte donnant la tension $V1_{open}$ et avec S en position fermée donnant la tension $V1_{closed}$.

L'affaiblissement de réflexion A_{RL} est alors calculé par l'Équation (5) comme suit:

$$A_{RL} = 20 \times \log_{10} \left| \frac{V1_{open}}{V1_{closed}} \right| \text{ dB} \quad (5)$$

Note sur le mesurage avec le transformateur différentiel:

Les éléments du circuit de mesure n'étant pas parfaits, la valeur de V_0 peut légèrement varier lors de la fermeture ou de l'ouverture du commutateur S. Elle peut aussi varier d'une fréquence à l'autre. Il est alors obligatoire d'ajuster et de vérifier V_0 à chaque point. Cette opération peut être évitée en utilisant un transformateur ayant un rapport des nombres de spires de 10, par exemple. L'utilisation d'un tel appareil doit masquer la variation de l'impédance du côté secondaire, perçue depuis le côté générateur.

7.4 Degré de dissymétrie par rapport à la terre

7.4.1 Généralités

Le présent paragraphe décrit la procédure d'essai permettant de mesurer la perte de conversion longitudinale (LCL) et l'équilibre des signaux de sortie (OSB), qui sont des valeurs liées au degré de dissymétrie par rapport à la terre.

La LCL doit être mesurée sur toutes les entrées des canaux de fréquence vocale (y compris les accès de transmission télégraphique et de téléprotection) dans la bande de fréquence vocale transmise.

Elle doit également être mesurée sur l'interface haute fréquence symétrique à la fréquence du réseau de 50 Hz ou 60 Hz.

L'OSB doit être mesuré sur toutes les sorties des canaux de fréquence vocale (y compris les accès de réception télégraphique et de téléprotection) dans la bande de fréquence vocale transmise.

7.4.2 LCL

Le circuit d'essai est représenté à la Figure 20 (d'autres montages d'essai peuvent être envisagés s'ils sont conformes à la Recommandation UIT-T O.9).

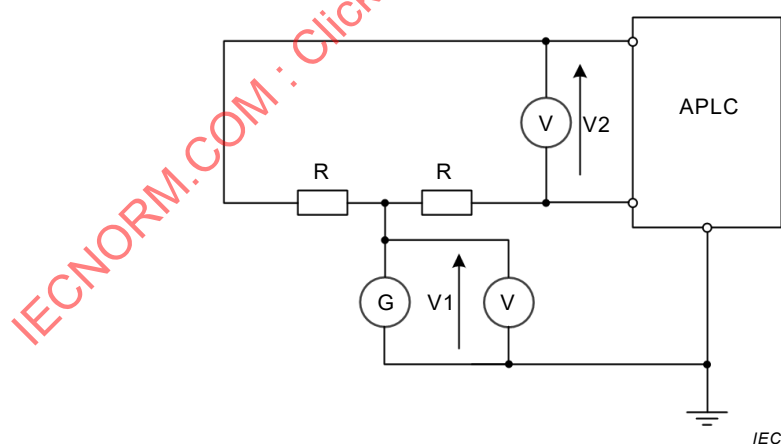


Figure 20 – Circuit d'essai pour le mesurage de la LCL (accès Tx)

Les résistances R doivent être $Z_{nom}/2$ (c'est-à-dire généralement $R = 300 \Omega$ pour l'interface de fréquence vocale et $R = 75 \Omega$ pour l'interface symétrique haute fréquence).

G est un générateur d'ondes sinusoïdales et V_1 doit être un signal sinusoïdal de tension constante dans toute la plage de fréquences spécifiée qui se présente comme suit:

- 50 Hz à 3 400 Hz pour les entrées de canaux de fréquence vocale
- 50 Hz à 60 Hz pour l'interface haute fréquence

Une tension de 1 V en valeur efficace est recommandée. Les tensions V1 et V2 doivent être mesurées à l'aide d'un voltmètre approprié sélectif en fréquence avec une impédance $\gg R$ dans la plage de hautes fréquences spécifiée.

Le terminal APLC est à l'état de repos et aucun signal n'est émis.

Les valeurs mesurées de V1 et V2 sont utilisées pour calculer la LCL à l'aide de l'Équation (6) à chaque point de mesure:

$$LCL = 20 \times \log_{10} \left| \frac{V1}{V2} \right| \text{ dB} \quad (6)$$

7.4.3 OSB

Le circuit d'essai est représenté à la Figure 21 (d'autres montages d'essai peuvent être envisagés s'ils sont conformes à la Recommandation UIT-T O.9).

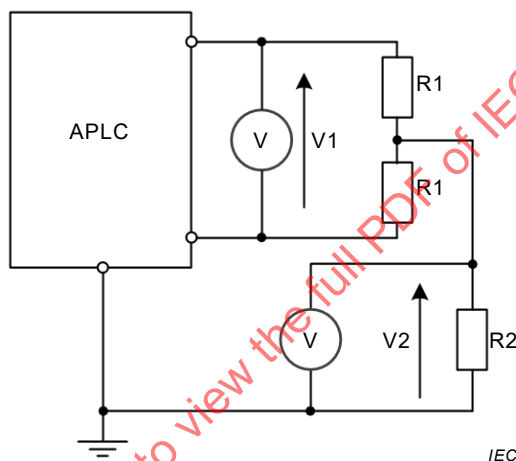


Figure 21 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'OSB (accès Rx)

Les résistances R1 doivent être $Z_{\text{nom}}/2$ et la résistance R2 doit être $Z_{\text{nom}}/4$ (c'est-à-dire généralement $R1 = 300 \, \Omega$ et $R2 = 150 \, \Omega$).

Les tensions V1 et V2 doivent être mesurées à l'aide d'un voltmètre approprié sélectif en fréquence avec une impédance $\gg R$ dans la plage de hautes fréquences spécifiée. L'APLC est à l'état de repos et aucun signal n'est émis.

Les valeurs mesurées de V1 et V2 sont utilisées pour calculer la LCL à l'aide de l'Équation (7) à chaque point de mesure:

$$OSB = 20 \times \log_{10} \left| \frac{V1}{V2} \right| \text{ dB} \quad (7)$$

7.5 Affaiblissement dû à une dérivation

Le 7.5 décrit la procédure d'essai permettant de mesurer l'affaiblissement dû à une dérivation. Le circuit d'essai est représenté à la Figure 22. La fermeture du commutateur S simule l'insertion de l'APLC dans un circuit adapté.

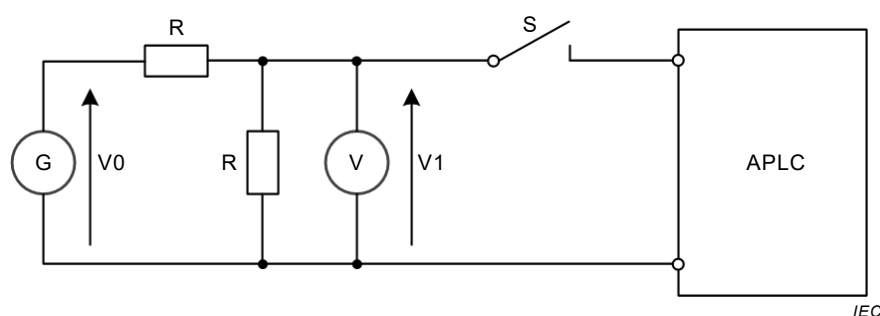


Figure 22 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'affaiblissement dû à une dérivation

Les résistances R doivent être égales à l'impédance nominale de l'interface APLC haute fréquence Z_{nom} .

G est un générateur d'ondes sinusoïdales et V_0 doit être un signal sinusoïdal de tension constante de 775 mV en valeur efficace dans toute la plage de tensions spécifiée.

La tension V_1 doit être mesurée à l'aide d'un voltmètre approprié sélectif en fréquence avec une impédance $\gg R$ dans la plage de fréquences spécifiée. L'APLC est à l'état de repos et aucun signal n'est émis.

Pour chaque fréquence, le mesurage est effectué avec le commutateur S_1 en position ouverte donnant la tension $V_{1\text{open}}$ et avec S_1 en position fermée donnant la tension $V_{1\text{closed}}$. L'atténuation de l'affaiblissement dû à une dérivation A_{TL} est donnée par l'Équation (8) comme suit:

$$A_{\text{TL}} = 20 \times \log_{10} \left| \frac{V_{1\text{open}}}{V_{1\text{closed}}} \right| \text{ dB} \quad (8)$$

7.6 Rayonnements non essentiels

7.6.1 Terminaux monovoies

Afin de mesurer les rayonnements non essentiels pour les terminaux monovoies, l'émetteur doit être modulé au moyen de deux signaux d'essai sinusoïdaux de même amplitude, l'émetteur étant terminé par une charge résistive égale à l'impédance nominale.

Pour les systèmes APLC avec une largeur de bande de canal B de 4 kHz ou plus, les fréquences du signal d'essai doivent être de 350 Hz et de $B - 700$ Hz.

Pour les systèmes APLC avec une largeur de bande de canal B de 2,5 kHz ou moins, les fréquences du signal d'essai doivent être de 350 Hz et de $B - 200$ Hz.

Pour les systèmes APLC avec une largeur de bande de canal comprise entre 2,5 kHz et 4 kHz, les fréquences du signal d'essai doivent être de 350 Hz et de $B - 400$ Hz.

L'amplitude des signaux d'essai doit être choisie de manière à ce que chacun d'eux produise un quart de la puissance de sortie haute fréquence nominale indiquée.

Le mesurage doit être effectué à l'aide d'un appareil sélectif de mesure de niveau présentant une largeur de bande adéquate. Il est nécessaire de veiller à ce que l'action de limitation du limiteur, le cas échéant, ne se produise pas lors de ce mesurage.

Afin de mesurer les rayonnements non essentiels pour les terminaux multivoies, l'émetteur doit être modulé au moyen d'un signal sinusoïdal de fréquence vocale de même amplitude appliqué simultanément par rapport à chaque interface de canal à fréquence vocale, l'émetteur étant terminé par une charge résistive égale à l'impédance nominale.

L'amplitude du signal d'essai doit être choisie de manière à produire une partie $1/n^2$ de la puissance de sortie nominale de fréquences porteuses indiquée pour le terminal, où n est le nombre de canaux.

Le mesurage doit être effectué à l'aide d'un appareil sélectif de mesure de niveau présentant une largeur de bande adéquate. Il est nécessaire de veiller à ce que l'action de limitation du limiteur, le cas échéant, ne se produise pas lors de ce mesurage.

L'essai de sélectivité est effectué sur une liaison en injectant le signal au niveau de l'interface côté haute fréquence d'un terminal au moyen d'une source de signal externe et d'un signal hybride en utilisant un circuit d'essai comme cela est représenté à la Figure 23.



Les exigences s'appliquent à une paire de terminaux APLC formant une liaison APLC.

L'essai doit être effectué en injectant deux signaux sinusoïdaux de fréquence vocale dans chaque canal en l'absence de toute autre transmission de signal.

L'amplitude de ces signaux d'essai doit être choisie de manière à ce que chacun d'eux produise une partie $1/(4n^2)$ de la puissance de sortie haute fréquence nominale indiquée pour le terminal APLC, où n est le nombre de canaux.

Pour les systèmes avec une largeur de bande de canal B de 4 kHz ou plus, les fréquences du signal doivent être de 350 Hz et de $B - 700$ Hz.

Pour les systèmes avec une largeur de bande de canal B de 2,5 kHz ou moins, les fréquences du signal doivent être de 350 Hz et de $B - 200$ Hz.

Pour les systèmes avec une largeur de bande de canal comprise entre 2,5 kHz et 4 kHz, les fréquences du signal doivent être de 350 Hz et de $B - 400$ Hz.

Le mesurage doit être effectué à l'aide d'un appareil sélectif de mesure de niveau présentant une largeur de bande adéquate et doit inclure des harmoniques et des produits d'intermodulation. Aucune limitation ne doit avoir lieu lors de ce mesurage.

8 Configuration et gestion

8.1 Généralités

Fondamentalement, chaque terminal APLC utilisant la technologie DSP possède sa propre interface de supervision et de programmation. Il permet la configuration et la gestion de toutes les parties principales du terminal.

8.2 Configuration

Une interface web ou une application logicielle doit être mise à disposition pour la configuration locale et l'exécution des opérations principales de maintenance.

Elle peut servir à configurer les principaux paramètres du terminal APLC en mode logiciel, ainsi que la largeur de bande, la fréquence d'émission et de réception, la puissance d'émission, les services aux utilisateurs, les services de téléprotection.

Cependant, certains paramètres matériels initiaux doivent être réglés pour mener à bonne fin la configuration du terminal.

Outre les fonctionnalités ci-dessus et afin de simplifier l'établissement de la liaison APLC, il est indispensable de disposer d'un canal vocal à utiliser lors des étapes de configuration. Cela permet aux opérateurs situés aux deux extrémités de la liaison de converser pendant la configuration.

8.3 Système de gestion de réseau

Le système de gestion de réseau permet le diagnostic et la maintenance des terminaux APLC à partir d'un centre de commande à distance.

Un logiciel dédié, qui ne relève pas du domaine d'application de la présente norme, permet à l'utilisateur, au moyen d'opérations de configuration et de maintenance à distance, de gérer les terminaux et les liaisons APLC par un affichage d'interface facile à comprendre.

Il est donc souvent demandé d'intégrer la fonction de gestion APLC dans un gestionnaire générique SNMP (protocole de gestion de réseau simple). Dans ce cas, la MIB (base d'information de gestion) du terminal APLC doit être rendue disponible.

Pour permettre notamment l'accès aux informations MIB ou exécuter une commande en envoyant des alarmes-bouchons au gestionnaire SNMP, les terminaux APLC doivent utiliser une interface de système de gestion de réseau.

8.4 Alarmes du terminal local

La technologie DSP garantit un très haut niveau de fiabilité. En cas de défaillance des cartes d'un terminal APLC ou d'une ligne, la routine de diagnostic interne doit renvoyer à l'opérateur une alarme, affichée à l'avant du terminal APLC ou signalée par des contacts de relais secs.

Le terminal APLC doit être équipé d'un certain nombre d'indicateurs LED qui récapitulent l'état de fonctionnement du terminal APLC et/ou de la liaison en mettant en évidence le bon fonctionnement de la liaison ou la présence d'anomalies ou de défaillances.

Chaque fois que le terminal APLC fonctionne mal, une alarme est déclenchée. Deux types différents de conditions doivent être affichés selon l'alarme renvoyée. Sont couramment utilisés les types d'alarme et de conditions suivants:

	Type d'alarme	Signification
1	Alarme de l'émetteur	Une erreur matérielle a été détectée dans l'émetteur et/ou le signal émis est manquant ou faible.
2	Alarme du récepteur	Une erreur matérielle a été détectée dans le récepteur et/ou le signal reçu est faible ou distordu.
3	Alarme du matériel	Une erreur matérielle a été détectée dans le terminal local.
4	Alarme de la liaison	Le signal reçu est faible ou distordu.

9 Cybersécurité

9.1 Généralités

La configuration et la surveillance à travers l'application logicielle du réseau soulèvent des problèmes de sécurité et de confidentialité des informations échangées entre chaque terminal APLC et le centre de commande à distance. Plusieurs aspects relatifs à la cybersécurité sont bien développés dans la série IEC 62351.

Pour l'APLC, au moins les technologies suivantes doivent être prises en considération:

- Journalisation des activités de l'utilisateur. Elle permet de retracer toutes les activités réalisées sur le terminal au moyen de son application logicielle de configuration;
- Chiffrement du trafic, de sorte qu'il ne puisse pas être intercepté, analysé librement et finalement modifié par un tiers;
- Implémentation du mécanisme d'authentification empêchant un tiers de générer de faux messages sans que ceux-ci ne soient reconnus comme non valides.

9.2 Authentification

L'authentification est le mécanisme permettant de réserver l'accès au terminal uniquement aux utilisateurs ayant des privilèges nécessaires. Il existe fondamentalement deux types de mécanismes d'authentification (mécanisme local et mécanisme à distance) comme cela est présenté ci-dessous:

- Le mécanisme d'authentification local évalue les informations fournies par l'utilisateur, en les comparant avec celles enregistrées sur le terminal APLC. Deux profils d'utilisateur différents (profil de base et profil invité) définissent les différents niveaux de privilège.
- Le mot de passe de l'accès local peut être modifié au moyen du logiciel de configuration du terminal APLC local.
- Le mécanisme d'authentification à distance met fin aux demandes d'authentification reçues à l'entrée du terminal APLC. Elles sont adressées à un serveur d'authentification à distance qui utilise un code secret partagé entre le terminal et le serveur pour authentifier les demandes d'accès. Le serveur authentifie l'utilisateur et envoie une réaction positive ou négative indiquant si les informations fournies par l'utilisateur sont correctes ou non.

Tous les paramètres nécessaires pour ces modes d'authentification peuvent généralement être définis par le logiciel de configuration du terminal APLC.

10 Sécurité de l'APLC

10.1 Généralités

L'Article 10 spécifie les exigences du terminal permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique ou de blessure pour l'utilisateur. Par hypothèse, l'accès au terminal en service normal n'est réservé qu'au personnel formé aux procédures de travail permettant d'assurer la sécurité.

L'Article 10 ne définit ni les exigences de sécurité fonctionnelle ni les exigences de sécurité des installations.

10.2 Norme de référence en matière de sécurité

L'IEC 60255-27 est la norme de référence en matière de sécurité des terminaux APLC. Étant donné que les exigences de sécurité relatives aux dispositifs de protection relèvent du domaine d'application de la présente norme, celle-ci s'applique aux terminaux qui sont normalement installés dans une zone d'accès contrôlé à l'intérieur d'une centrale électrique, d'une sous-station ou d'un bâtiment industriel ou commercial. Il est donc évident d'étendre son application aux exigences de sécurité des terminaux APLC.

En variante, l'IEC 60950-1 peut être utilisée pour établir la conformité de l'APLC en matière de sécurité.

10.3 Classification des terminaux APLC

Le terminal APLC doit satisfaire aux exigences du Tableau C.6 de l'IEC 60255-27:2013 et du Tableau C.10 de l'IEC 60255-27:2013, comme cela est présenté dans les Tableaux 2 et 3 suivants.

Tableau 2 – Isolation principale [Tableau C.6 de l'IEC 60255-27:2013]

Tension d'isolement assignée ou tension de fonctionnement (en valeur efficace ou en courant continu) jusqu'à V	Distance d'isolement mm	Ligne de fuite mm					Tension de tenue ^c V		
		À l'intérieur de l'équipement			Sur la carte à câblage imprimé		Impulsion maximale 1,2/50 µs	Valeur efficace 50/60 Hz 1 min	Courant continu 1 min
		Groupe du matériau			Non revêtu	Revêtu ^{a b}			
		I IRC ≥ 600	II IRC ≥ 400	III IRC ≥ 100	IRC ≥ 175	IRC ≥ 100			
50	0,15	0,60	0,85	1,20	0,15	0,10	800	490	700
100	0,50	0,70	1,00	1,40	0,50	0,50	1 500	820	1 150
150	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2 500	1 350	1 900
300	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4 000	2 200	3 100
600	5,50	5,50	5,50	6,00	5,50	5,50	6 000	3 250	4 600
1 000	8,00	8,00	8,00	10,00	8,00	8,00	8 000	4 350	6 150

^a Il s'applique également aux composants montés sur PCB (carte de circuits imprimés) avec des distances stables du point de vue mécanique entre les conducteurs.

^b Voir C.2.2 de l'IEC 60255-27:2013 pour les exigences minimales de revêtement.

^c Voir 10.6.3 et Tableau C.11 de l'IEC 60255-27:2013 pour établir la distance d'isolement dans l'air.

L'interpolation linéaire peut être utilisée entre les deux points les plus proches, la distance d'isolement dans l'air et la ligne de fuite minimales calculées étant arrondies à l'incrément spécifié immédiatement supérieur. L'incrément spécifié est de 0,1 mm.

Tableau 3 – Double isolation ou isolation renforcée
[Tableau C.10 de l'IEC 60255-27:2013]

Tension d'isolement assignée ou tension de fonctionnement (en valeur efficace ou en courant continu) jusqu'à	Degré de pollution 2 – Catégorie de surtension III								
	Distance d'isolement	Ligne de fuite					Tension de tenue ^c		
		mm					Impulsion maximale	Valeur efficace 50/60 Hz	Courant continu
		À l'intérieur de l'équipement			Sur la carte à câblage imprimé				
		Groupe du matériau			Non revêtu	Revêtu ^{a b}			
V	mm	I	II	III	IRC ≥ 175	IRC ≥ 100	1,2/50 µs	1 min	1 min
50	0,50	IRC ≥ 600	IRC ≥ 400	IRC ≥ 100	IRC ≥ 175	IRC ≥ 100	1 500	820	1 150
100	1,50	1,20	1,70	2,40	0,50	0,50	2 500	1 350	1 900
150	3,00	1,50	2,00	2,80	1,50	1,50	4 000	2 200	3 100
300	5,50	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	6 000	3 250	4 600
600	8,00	5,50	5,50	6,00	5,50	5,50	8 000	4 350	6 150
1 000	14,00	8,00	11,00	12,00	8,00	8,00	12 000	6 500	9 200

^a Il s'applique également aux composants montés sur PCB (carte de circuits imprimés) avec des distances stables du point de vue mécanique entre les conducteurs.

^b Voir C.2.2 de l'IEC 60255-27:2013 pour les exigences minimales de revêtement.

^c Voir 10.6.3 et Tableau C.11 de l'IEC 60255-27:2013 pour établir la distance d'isolement dans l'air.

L'interpolation linéaire peut être utilisée entre les deux points les plus proches, la distance d'isolement dans l'air et la ligne de fuite minimales calculées étant arrondies à l'incrément spécifié immédiatement supérieur. L'incrément spécifié est de 0,1 mm.

Les conditions suivantes doivent être appliquées:

- degré de pollution 2;
- catégorie de surtension III

selon le cas pour les équipements fonctionnant dans des environnements difficiles de sous-stations conformément à l'IEC 60255-27.

Ces conditions peuvent être réduites si des mesures spéciales sont prises pour limiter les tensions transitoires à des valeurs appropriées et/ou si des protections supplémentaires sont utilisées pour réduire le degré de pollution.

Dans ce cas, ces mesures et protections doivent être clairement décrites dans le chapitre sécurité du manuel d'utilisation du terminal.

10.4 Protection contre les pénétrations

Le terminal doit avoir une protection contre les pénétrations égale ou supérieure à IP2x conformément à l'IEC 60529.

10.5 Essais de type et essais individuels de série

Le Tableau 4, tiré du Tableau 12 de l'IEC 60255-27:2013, donne la liste des essais de type et des essais individuels de série qui sont exigés pour vérifier la conformité du terminal APLC aux exigences.

La deuxième colonne [Essais de type – Sécurité (normatifs)] donne l'ensemble minimum d'essais de type à effectuer pour vérifier la conformité.

La troisième colonne donne l'ensemble minimum d'essais individuels de série en usine qui doivent être effectués sur chaque terminal APLC.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62488-2:2017

Tableau 4 – Liste des essais de type et des essais individuels de série
[Tableau 12 de l'IEC 60255-27:2013]

Essai	Référence	Essais de type ^b		Essai individuel de série ^c
		Validation ^a (informatifs)	Sécurité (normatifs)	
Essais d'environnement				
Essai de chaleur sèche en fonctionnement	10.6.1.1	X	---	---
Essai au froid en fonctionnement	10.6.1.2	X	---	---
Essai de chaleur sèche à la température maximale de stockage	10.6.1.3	X	---	---
Essai au froid à la température minimale de stockage	10.6.1.4	X	---	---
Essai de chaleur humide	10.6.1.5	X	---	---
Température cyclique avec d'humidité	10.6.1.6	X	---	---
Vibration	10.6.2.1	X	---	---
Choc	10.6.2.2	X	---	---
Secousse	10.6.2.3	X	---	---
Séisme	10.6.2.4	X	---	---
Polarité inverse et rampe lente	10.6.6	X	---	---
Essais en relation avec la sécurité				
Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite	10.6.3	---	X	---
Essai des parties accessibles	10.6.2.5	---	X	---
Indice de protection (IP)	10.6.2.6	---	X	---
Tension de choc	10.6.4.2	---	X	---
Tension diélectrique en courant alternatif ou en courant continu	10.6.4.3	---	X	X
Résistance d'isolement	10.6.4.4	X	---	---
Résistance de la liaison de protection	10.6.4.5	---	X	---
Continuité de la liaison de protection	10.6.4.5.2	---	---	X
Inflammabilité des matériaux d'isolation, des composants et des enveloppes pare-feu ^d	10.6.5.2	---	X ^d	---
Condition de premier défaut	10.6.5.5	---	X	---
Essais d'environnement électrique				
Température maximale des parties et des matériaux	10.6.5.1	X	---	---
Tenue thermique de courte durée	10.6.5.3	X	---	---
Pouvoir de fermeture et tenue permanente des relais de sortie	10.6.5.4	X	---	---

a	Les essais de validation sont normalement effectués en tant qu'essais de type pendant le développement du produit, mais ils peuvent avoir un impact sur la sécurité du produit. Après les essais de validation, il convient de vérifier la conformité de l'équipement en essai (EUT – <i>equipment under test</i>) aux exigences de sécurité, par exemple en raison des risques de craquelures ou de distorsions des parties qui fournissent l'isolation.
b	La conformité aux exigences d'essais de type peut être vérifiée par essai, mesurage, examen visuel ou évaluation selon les cas, par exemple mesurage des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite (ou examen visuel lorsque les distances sont évidemment grandes) ou argumentation technique telle que l'évaluation en condition de premier défaut lorsque les résultats sont connus. Pour démontrer la conformité déclarée, il ne doit pas y avoir de danger de chocs électriques ni d'incendie pendant et après la conduite normale des essais de type.
c	Se référer à 10.6.4.3.2.3 de l'IEC 60255-27:2013 pour les recommandations relatives aux essais par prélèvement.
d	Des essais sur des parties en plastique peuvent être nécessaires lorsque le matériau ne satisfait pas aux exigences minimales d'inflammabilité spécifiées dans l'Article 7 de l'IEC 60255-27:2013 ou que son épaisseur est inférieure au minimum spécifié pour que ce matériau soit conforme aux exigences minimales d'inflammabilité.
X	applicable
---	non applicable

11 Stockage et transport, conditions de fonctionnement, alimentation

11.1 Stockage et transport

11.1.1 Conditions climatiques

11.1.1.1 Stockage

Le terminal peut être conservé dans des emplacements partiellement ouverts et peut être partiellement exposé à des précipitations limitées provoquées par le vent. Par conséquent, le terminal APLC, ainsi que son emballage et sa protection (et non le terminal seul) doivent satisfaire aux exigences de la catégorie 1K5 de l'IEC 60721-3-1, comme cela est indiqué dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Classification des conditions climatiques [Tableau 1 de l'IEC 60721-3-1:1997]¹

Agent d'environnement	Unité	Catégorie ¹⁰⁾										
		1K1	1K2	1K3	1K4	1K5	1K6	1K7	1K8	1K9	1K10 11)	1K11 11)
a) Basse température de l'air	°C	+20 ⁶⁾	+5	–5	–25	–40	–55	–20	–33	–65	+5	–20
b) Haute température de l'air	°C	+25 ⁶⁾	+40	+45	+55	+70	+70	+35	+40	+55	+40	+55
c) Faible humidité relative ¹⁾	%	20	5	5	10	10	10	20	15	4	30	4
d) Forte humidité relative ¹⁾	%	75	85	95	100	100	100	100	100	100	100	100
e) Faible humidité absolue ¹⁾	g/m ³	4	1	1	0,5	0,1	0,02	0,9	0,26	0,003	6	0,9
f) Forte humidité absolue ¹⁾	g/m ³	15	25	29	29	35	35	22	25	36	36	27
g) Taux de variation de température ²⁾	°C/min	0,1	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
h) Basse pression atmosphérique ³⁾	kPa	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
i) Haute pression atmosphérique ³⁾	kPa	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
j) Rayonnement solaire	W/m ²	500	700	700	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
k) Rayonnement de chaleur	Non spécifiée	Non	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)
l) Mouvement de l'air environnant ⁴⁾	m/s	0,5	1,0 ⁸⁾	1,0 ⁸⁾	1,0 ⁸⁾	5,0 ⁸⁾	5,0 ⁸⁾	8)	8)	8)	50 ⁸⁾	50
m) Condensation	Non spécifiée	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
n) Précipitations (pluie, neige, grêle, etc.)	Non spécifiée	Non	Non	Non	Oui ⁹⁾	Oui ⁹⁾	Oui ⁹⁾	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
o) Intensité de la pluie	mm/min	Rien	Rien	Rien	Rien ⁹⁾	Rien ⁹⁾	Rien ⁹⁾	6	6	15	15	15
p) Pluie à basse température ⁵⁾	°C	Rien	Rien	Rien	Rien ⁹⁾	Rien ⁹⁾	Rien ⁹⁾	+5	+5	+5	+5	+5
q) Eau d'autre origine que la pluie	Non spécifiée	Non	Non	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)	7)
r) Formation de glace et de givre	Non spécifiée	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui

¹ Les références croisées du présent tableau se réfèrent à l'IEC 60721-3-1:1997.

Notes:

- 1) Les valeurs d'humidité relative faibles et fortes sont limitées par les humidités absolues faibles et fortes de manière que, par exemple pour les agents d'environnement a) et c), ou b) et d), les sévérités données dans le Tableau 1 ne surviennent pas simultanément.
- 2) Moyenné sur un intervalle de temps de 5 min.
- 3) La valeur 70 kPa représente une limite pour l'air libre, normalement à une altitude de 3 000 m. Dans certaines zones géographiques, les conditions à l'air libre peuvent survenir à des altitudes supérieures. Les conditions dans les mines ne sont pas prises en considération.
- 4) Un système de refroidissement n'utilisant pas la convection forcée peut être perturbé par des mouvements contraires de l'air environnant.
- 5) Il convient de prendre en considération cette température de la pluie en même temps que la haute température de l'air b) et le rayonnement solaire j). L'effet de refroidissement de la pluie doit être pris en considération en relation avec la température de surface du produit.
- 6) Ces endroits sont climatisés avec une tolérance de 2 °C sur la température indiquée.
- 7) Les conditions survenant à l'endroit étudié sont à choisir dans le Tableau 2.
- 8) Si cela est applicable, une valeur particulière du Tableau 2 peut être choisie.
- 9) S'applique aux précipitations portées par le vent dans des endroits partiellement protégés contre les intempéries.
- 10) Les catégories des conditions climatiques du présent document incluent les catégories des normes IEC 60721-3-3 et IEC 60721-3-4 comme suit:

1K1 couvre 3K1	1K3 couvre 3K5	1K5 couvre 3K7	1K7 couvre 4K1	1K9 couvre 4K4	1K11 couvre 4K6
1K2 couvre 3K3	1K4 couvre 3K6	1K6 couvre 3K8	1K8 couvre 4K2	1K10 couvre 4K5	
- 11) D'autres informations sur les catégories 1K10 (tropical humide) et 1K11 (tropical sec) sont données à l'Annexe C.

Se reporter à A.2.1 de l'IEC 60721-3-1:1997 pour les pires conditions pouvant survenir, par exemple dans des pays très froids ou très humides.

11.1.1.2 Transport

L'exigence s'applique au terminal et sa protection (et non au terminal seul) qui dépendent des moyens de transport et de l'itinéraire de transport.

L'IEC 60721-3-2 peut servir de guide de référence en matière de transport. Noter que les conditions s'appliquent pour le terminal avec son emballage, sa palette et toutes les protections appropriées pour chaque moyen spécifique de transport.

11.1.1.3 Liste des essais climatiques pour le stockage et le transport

Le Tableau 6 indique le minimum d'essais de type à effectuer pour vérifier la conformité du terminal.

Tableau 6 – Essais climatiques pour le stockage et le transport

Essais climatiques					
Essai	Norme IEC		Température	Humidité relative	Durée
Froid	IEC 60068-2-1	Essai Ab	−40 °C	Non	16 heures
Chaleur sèche	IEC 60068-2-2	Essai Bb	+70 °C	Non	16 heures
Essai cyclique de chaleur humide	IEC 60068-2-30	Essai Db	+40 °C	95 %	(12 + 12 heures) x 2 cycles

11.1.2 Conditions mécaniques

L'emballage est d'une importance capitale pour la résistance du terminal aux contraintes mécaniques lors du transport et du stockage et doit être adapté aux différentes conditions pouvant être rencontrées.

Les conditions de transport normales incluent toutes sortes de camions et de remorques dans des zones à réseau routier bien développé, le transport par avion, un réseau de trains modernes et des navires. Ces conditions correspondent à la catégorie 2M1 de l'IEC 60721-3-2.

Pour les conditions de transport défavorables (par exemple, le transport dans des zones à réseau routier moins développé), il est recommandé de bien emballer le terminal en respectant la catégorie 2M2 de l'IEC 60721-3-2.

Si des essais sont exigés, les normes suivantes doivent être appliquées:

- Vibrations sinusoïdales (IEC 60068-2-6)
- Chocs (IEC 60068-2-27)
- Chute libre et basculement (IEC 60068-2-31)

11.2 Conditions de fonctionnement

11.2.1 Conditions climatiques

Les équipements terminaux APLC sont généralement installés dans la salle des télécommunications de la sous-station. Cette salle peut ne pas toujours être climatisée. Dans tous les cas, la salle est équipée d'un système de chauffage. En conséquence, l'équipement terminal APLC doit satisfaire à l'exigence de l'IEC 60721-3-3, catégorie 3K5, modifiée comme suit:

- **Haute température de l'air:**
 - +45 °C
 - +55 °C pour 24 heures au plus par mois sans dégradation des performances.
- **Basse température de l'air:**
 - Pour éviter une perte complète de la communication APLC en cas de défaillance du système de chauffage dans les pays très froids, le terminal doit fonctionner sans dommage à des températures pouvant atteindre -10 °C pendant au moins 16 heures par mois, sans dégradation des performances et la température la plus basse pour le démarrage à froid doit être de 0 °C.
- **Condensation, formation de glace:**
 - La formation de glace ne doit pas se produire en fonctionnement normal. L'équipement terminal ne doit être exposé à aucun type d'eau.
 - Une condensation temporaire peut survenir pendant la maintenance lors de l'introduction de pièces de rechange conservées à une température inférieure à celle prévalant dans l'environnement de télécommunication du terminal.

**Tableau 7 – Classification des conditions climatiques à partir du
Tableau 1 de l'IEC 60721-3-3:2002²**

Agent d'environnement	Unité	Catégorie												
		3K1	3K2	3K3	3K4	3K5	3K6	3K7	3K7L	3K8	3K8H	3K8L	3K9 ⁸⁾	3K10 ⁸⁾
a) Basse température de l'air	°C	+20 ³⁾	+15	+5	+5	-5	-25	-40	-40	-55	-25	-55	+5	-20
b) Haute température de l'air ⁵⁾	°C	+25 ³⁾	+30	+40	+40 ⁵⁾	+45 ⁵⁾	+55	+70	+40	+70	+70	+55	+40	+55
c) Faible humidité relative	%	20	10	5	5	5	10	10	10	10	10	10	30	4
d) Forte humidité relative	%	75	75	85	95	95	100	100	100	100	100	100	100	100
e) Faible humidité absolue	g/m ³	4	2	1	1	1	0,5	0,1	0,1	0,02	0,5	0,02	6	0,9
f) Forte humidité absolue	g/m ³	15	22	25	29	29	29	35	35	35	35	29	36	27
g) Taux de variation de la température ¹⁾	°C/min	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
h) Basse pression atmosphérique ⁷⁾	kPa	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
i) Haute pression atmosphérique ²⁾	kPa	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
j) Rayonnement solaire	W/m ²	500	700	700	700	700	1120	1120	Rien	1120	1120	1120	1120	1120
k) Rayonnement de chaleur	Non spécifié e	Non	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)
l) Mouvement de l'air environnant ⁴⁾	m/s	0,5	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	1,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾	5,0 ⁵⁾
m) Condensation	Non spécifié e	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
n) Précipitations entraînées par le vent (pluie, neige, grêle, etc.)	Non spécifié e	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
o) Eau d'autre origine que la pluie	Non spécifié e	Non	Non	Non	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)	6)
p) Formation de glace	Non spécifié e	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui

¹⁾ Moyenné sur un intervalle de temps de 5 min.

²⁾ Les conditions dans les mines ne sont pas prises en considération.

³⁾ Ces endroits sont climatisés avec une tolérance de ± 2 °C sur la température indiquée.

⁴⁾ Un système de refroidissement n'utilisant pas la convection forcée peut être perturbé par des mouvements contraires de l'air environnant.

⁵⁾ Si cela est applicable, une valeur particulière du Tableau 2 peut être choisie.

⁶⁾ Les conditions survenant à l'endroit étudié sont à choisir dans le Tableau 2.

⁷⁾ La valeur de sévérité 70 kPa couvre des applications répandues dans le monde (altitudes allant jusqu'à 3 000 m). Pour quelques utilisations limitées, une valeur peut être choisie dans le Tableau 2.

⁸⁾ D'autres informations sur les catégories 3K9 (tropical humide) et 3K10 (tropical sec) sont données à l'Annexe E.

² Les références croisées du présent tableau se réfèrent à l'IEC 60721-3-3:2002.

11.2.2 Conditions mécaniques

Le terminal est généralement installé dans la salle des télécommunications des sous-stations électriques, où les vibrations sont peu importantes. L'équipement terminal APLC doit donc satisfaire aux exigences de la catégorie 3M1, spécifiées dans le Tableau 6 de l'IEC 60721-3-3:2002 (voir le Tableau 8 ci-dessous). Un niveau supérieur doit être appliqué uniquement si l'équipement est situé très près de sources de fortes vibrations (par exemple, des générateurs dans des centrales électriques).

Tableau 8 – Classification des conditions mécaniques à partir du Tableau 6 de l'IEC 60721-3-3:2002

Agent d'environnement	Unité	Catégorie							
		3M1	3M2	3M3	3M4	3M5	3M6	3M7	3M8
a) <i>Vibrations stationnaires, sinusoïdales:</i>									
amplitude du déplacement	mm	0,3	1,5	1,5	3,0	3,0	7,0	10	15
amplitude de l'accélération	m/s ²	1	5	5	10	10	20	30	50
plage de fréquences	Hz	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200	2-9 9-200
b) <i>Vibrations non stationnaires y compris chocs:</i> (voir Figure 1)									
spectre de réponse au choc type L, crête de l'accélération $\hat{a}$	m/s ²	40	40	70	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien
spectre de réponse au choc type I, crête de l'accélération $\hat{a}$	m/s ²	Rien	Rien	Rien	100	Rien	Rien	Rien	Rien
spectre de réponse au choc type II, crête de l'accélération $\hat{a}$	m/s ²	Rien	Rien	Rien	Rien	250	250	250	250

Les essais mécaniques suivants doivent être effectués:

- Vibrations sinusoïdales (IEC 60068-2-6)
- Chocs (IEC 60068-2-27)

D'autres exigences spécifiques relatives à l'environnement mécanique, par exemple la résistance aux tremblements de terre ou l'installation dans des environnements industriels difficiles, doivent être prises en compte au niveau du boîtier et non au niveau du terminal APLC lui-même.

11.2.3 Ensemble d'essais de vérification des conditions de fonctionnement

Les Tableaux 9, 10 et 11 indiquent le minimum d'essais de type à effectuer pour vérifier la conformité du terminal à la tenue aux conditions climatiques et mécaniques.

La méthode avec laquelle les essais doivent être réalisés, les critères de performance et la configuration du terminal à soumettre aux essais sont décrits dans la section appropriée du présent document.

Tableau 9 – Essais climatiques

Essai	Norme IEC		Température	Humidité relative	Durée
Froid (température nominale) ¹⁾	IEC 60068-2-1	Essai Ae	0 °C	Non	24 heures
Froid (température limite) ^{1), 2)}	IEC 60068-2-1	Essai Ae	–10 °C	Non	16 heures
Chaleur sèche	IEC 60068-2-2	Essai Be	+55 °C	Non	24 heures
¹⁾ Si l'essai de froid à la température limite est prolongé jusqu'à une durée de 24 heures, l'essai à la température nominale peut être ignoré. ²⁾ Le démarrage à froid n'est pas exigé à une température de –10 °C.					

Tableau 10 – Essai aux vibrations sinusoïdales

Réf. Norme IEC	IEC 60068-2-6 – Essai Fc. Les essais de réponse aux vibrations et d'endurance aux vibrations ²⁾ doivent être effectués		
Plage de fréquences	Déplacement	Accélération	Axes
1 Hz – 10 Hz	0,3 mm	–	3 axes
10 Hz – 200 Hz	–	1 m/s ²⁾	3 axes
²⁾ Il convient de privilégier l'endurance par balayage, avec 10 cycles de balayage dans chaque axe.			

Tableau 11 – Essai de chocs non répétitifs

Réf. Norme IEC	IEC 60068-2-27 – Essai Ea	
Forme d'impulsion	Semi-sinusoïdale	
Accélération maximale	40 m/s ²	
Durée	11 ms	
Nombre de chocs	18	3 chocs successifs dans chaque direction de 3 axes mutuellement perpendiculaires

11.3 Alimentation

11.3.1 Alimentation en courant alternatif

Les tensions alternatives nominales doivent être conformes aux valeurs préférentielles énumérées dans l'IEC 60038.

Les valeurs suivantes sont les plus courantes:

230 V ± 10 %	50 Hz ou 60 Hz
120 V ± 10 %	60 Hz

La tolérance de fréquence doit être de ±5 % et le résidu harmonique de < 10 %.

11.3.2 Alimentation en courant continu

11.3.2.1 Généralités

Les tensions continues nominales doivent être conformes aux valeurs préférentielles énumérées dans l'IEC 60038. Les valeurs suivantes sont les plus courantes.