IEC 62488-1

Edition 2.0 2025-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power line communication systems for power utility applications - Part 1: Planning of analogue and digital power line carrier systems operating over HV electricity grids

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 HT

ICS 33.200

ISBN 978-2-8327-0507-0

IEC 62488-1:2025-07(en-fr)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2025 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 Secretariat
3, rue de Varembé
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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch
Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org
The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch
Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

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 6
INTRODUCTION 8
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms, definitions and abbreviated terms 9
3.1 Terms and definitions 9
3.2 Abbreviated terms 15
4 Power line carrier communication systems 16
4.1 General 16
4.2 High voltage electricity power lines 18
4.3 Electricity power lines as transmission medium 19
4.3.1 Coupling system 19
4.3.2 Coupling configuration for overhead HV lines 24
4.3.3 Connecting cable 26
4.4 Analogue and digital PLC systems 27
4.4.1 APLC terminals 27
4.4.2 DPLC terminals 28
4.5 Modulation schemes in HV PLC 30
4.5.1 General 30
4.5.2 AM-SSB 31
4.5.3 QAM 31
4.5.4 OFDM 32
4.5.5 Other modulation schemes 32
4.5.6 Echo cancellation 34
5 Frequency bands for PLC systems 35
5.1 General 35
5.2 Channel plans 35
5.2.1 General 35
5.2.2 HV narrowband PLC channel plan 35
5.3 Spectral characteristics of PLC transmission signals 36
5.4 Selection of the frequency bands for HV PLC systems 36
5.4.1 General 36
5.4.2 Maximum power of PLC signal 37
5.4.3 Channeling 38
5.4.4 Frequency allocation 38
5.4.5 Paralleling 38
6 Media for DPLC and APLC systems 39
6.1 General 39
6.2 Transmission parameters of electricity power line channel 39
6.2.1 General 39
6.2.2 Characteristic impedance of power line 40
6.2.3 Overall link attenuation 43
6.2.4 Channel frequency and impulse response 52
6.2.5 Noise and interference 53
7 DPLC and APLC link and network planning 60
7.1 General 60

7.2 APLC link budget 62
7.3 DPLC link budget 65
7.4 Frequency plan 70
7.4.1 General 70
7.4.2 Links over the same HV line between two substations 70
7.4.3 Global frequency planning 71
7.4.4 Other considerations 72
7.5 Network planning 73
7.5.1 General 73
7.5.2 Redundancy 73
7.5.3 Integration with other transmission technologies 74
7.6 Cyber security 74
7.6.1 General 74
7.6.2 IEC 62443 74
7.6.3 IEC 62351 74
7.6.4 Cyber security aspects of PLC systems 75
7.7 Management system 77
8 Performance of PLC systems 77
8.1 System performance 77
8.2 APLC link layer performance 77
8.3 DPLC link layer performance 79
8.4 Bit error ratio (BER) 80
8.5 Block error ratio (BLER) 81
8.6 Transmission capacity 81
8.7 Sync loss and recovery time 81
8.8 Link latency 82
8.9 IETF-RFC 2544 Ethernet performance parameters 82
8.10 BER and BLER testing recommendations 83
8.10.1 General 83
8.10.2 Serial synchronous interface 83
8.10.3 Ethernet interface 83
8.11 Overall link quality for serial data transmission 84
9 Selected requirements for applications using PLC systems 86
9.1 General 86
9.2 Telephony 86
9.3 Speech quality 87
9.3.1 General 87
9.3.2 Measuring intelligibility (clarity) 87
9.4 Analogue telephony 88
9.5 Digital telephony 88
9.6 VoIP applications 88
9.7 Data transmission 88
9.8 Telecontrol 89
9.8.1 IEC 60870-5-101 SCADA-RTU communication 89
9.8.2 IEC 60870-5-104 SCADA-RTU communication 89
9.8.3 Teleprotection 89
9.8.4 Teleprotection signal 90

Annex A (informative) HF modulated power signal 91
A.1 General 91
A.2 HF modulated bandwidth and power signal 95
Annex B (informative) Bandwidth efficiency 99
Annex C (informative) Power line noise measurement 103
Bibliography 104

Figure 1 – PLC link 17
Figure 2 – General structure of a bidirectional point-to-point APLC, DPLC or ADPLC link (in phase to ground configuration) 17
Figure 3 – General structure of a bidirectional point-to-multipoint APLC, DPLC or ADPLC link (in phase to ground configuration) 18
Figure 4 – HV typical coupling capacitor 20
Figure 5 – Example of HV capacitive coupling system (single phase conductor to earth) 20
Figure 6 – Line trap electrical scheme 21
Figure 7 – HV line trap 21
Figure 8 – Line trap impedance versus frequency 21
Figure 9 – Blocking impedance characteristic of a narrowband line trap 22
Figure 10 – Blocking impedance characteristic of a double band line trap 22
Figure 11 – Blocking impedance characteristic of a broadband line trap 22
Figure 12 – Example of coupling device components and electric scheme 23
Figure 13 – Coupling device characteristics with a coupling capacitor of 4 000 pF 24
Figure 14 – Phase-to-earth coupling 25
Figure 15 – Phase-to-phase coupling 25
Figure 16 – Generic architecture of an APLC terminal acc. to IEC 62488-2 28
Figure 17 – Generic architecture of a DPLC terminal acc. to IEC 62488-3 29
Figure 18 – Generic structure of an ADPLC terminal 30
Figure 19 – Signal space for a 16-QAM constellation 31
Figure 20 – Echo cancellation method for a DPLC link 34
Figure 21 – An example of a APLC narrowband channel plan 36
Figure 22 – Minimum frequency gap 38
Figure 23 – GMR of conductor bundles 41
Figure 24 – Terminating network for a three-phase line 42
Figure 25 – Optimum coupling arrangements and modal conversion loss a_C 46
Figure 26 – Optimum phase to earth and phase to phase coupling arrangements for long lines with transpositions 47
Figure 27 – Junctions of overhead lines with power cables 50
Figure 28 – Example of HV $H(f)$ and $h(t)$ channel response 53
Figure 29 – Attenuation versus frequency of a real HV power line channel 53
Figure 30 – Background noise 54
Figure 31 – Background noise over frequency 56
Figure 32 – Example of the background noise spectrum variations over time 56
Figure 33 – Example of an isolated pulse 57
Figure 34 – Example of a transient pulse 57

Figure 35 – Example of net-synchronous periodic pulses 58
Figure 36 – Example of burst pulses 58
Figure 37 – Typical PLC network topologies base on APLC, DPLC or ADPLC links in HV power network 61
Figure 38 – Example for a signal arrangement in two 4 kHz channels 63
Figure 39 – Example for a DPLC channel arrangement 66
Figure 40 – Typical DPLC bandwidth efficiency for a BER of 10^{-6} 68
Figure 41 – Example of the HV line voltage ranges under considered conditions 69
Figure 42 – Example for DPLC system with automatic data rate adaptation 70
Figure 43 – Example of frequency planning based on cellular frequency channel clustering 72
Figure 44 – Limits for overall loss of the circuit relative to that at 1 020 Hz (ITU-T M.1020) 79
Figure 45 – Limits for group delay relative to the minimum measured group delay in the 500 Hz – 2 800 Hz band (ITU-T M.1020) 79
Figure 46 – Some theoretical BER curves 80
Figure 47 – DPLC "C/SNR" characteristic in comparison to the Shannon limit efficiency for BER = 1E-4 and 1E-6 and Shannon limit 81
Figure 48 – Ethernet standard structure of frame format 83
Figure 49 – Example of unavailability determination (ITU-T G.826) 85
Figure 50 – Example of the unavailable state of a bidirectional path (ITU-T G.826) 85
Figure 51 – Quality performance estimation based on ITU-T G.821 and G.826 85
Figure 52 – Relationship between clarity, delay, and echo with regards to speech quality 87
Figure A.1 – Power concepts 91
Figure A.2 – Single tone 93
Figure A.3 – Two tones 94
Figure A.4 – Example of noise equivalent bands for different services 95
Figure A.5 – Noise equivalent band for different services 96
Figure B.1 – 8-PAM signal constellation 99
Figure B.2 – SNR gap of DPLC efficiency to Shannon limit 101
Figure B.3 – DPLC efficiency for BER = 10^{-4} and 10^{-6} and Shannon limit 102

Table 1 – Characteristics of typical DPLC modulation schemes 33
Table 2 – Single- and multicarrier QAM DPLC modulation scheme characteristics 33
Table 3 – Power line carrier communication techniques and frequencies 35
Table 4 – HF spectrum allocated for PLC systems 36
Table 5 – Range of characteristic impedances for PLC circuits on HV overhead lines 42
Table 6 – Additional loss a_{add} [dB] for various line configurations and optimum coupling arrangements 48
Table 7 – Typical power of corona noise power levels, referring to a 4 kHz bandwidth for various HV system voltages 55
Table 8 – Typical average impulse-type noise levels, measured at the HF-cable side of the coupling across 150 Ω in a bandwidth of 4 kHz 59
Table 9 – Signal parameters 63

Table 10 – Link budget..... 64
Table 11 – Signal and allowed noise levels at the receiver input..... 64
Table 12 – Possible solutions for the example of Figure 39..... 67
Table 13 – Main cyber security threats and security risks related to PLC systems 77
Table 14 – Quality mask objectives (sample)..... 86

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

Power line communication systems for power utility applications - Part 1: Planning of analogue and digital power line carrier systems operating over HV electricity grids

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62488-1 has been prepared by IEC technical committee 57: Power systems management and associated information exchange. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

a) Complete revision of this edition with respect to the previous edition with the main focus on planning of analogue and digital power line carrier systems operating over HV power networks;
b) A general structure of a bidirectional point-to-multipoint APLC, DPLC or ADPLC link has been introduced;
c) Introduction of a new approach for global frequency planning.

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

Draft	Report on voting
57/2773/FDIS	57/2794/RVD

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

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

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

A list of all parts of IEC 62488 series, 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 webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

INTRODUCTION

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 simultaneous use of the power distribution network for both energy transmission and data communication is unique and reduces the costs of installing two services over one transmission path. This communication technology is called generically power line carrier (PLC) communications.

Therefore, by using either analogue power line carrier communication (APLC) or digital power line carrier communication (DPLC) or a combination of both types of system (ADPLC), seamless efficient communication can be maintained throughout the power network.

The development of digital techniques for communications in the HV electrical power networks is now very widespread along with other applications in electronics. This is especially relevant for the electrical distribution network where many of the PLC devices use analogue to digital converters together with digital signal processing techniques enabling higher flexibility and HW efficiency.

The development of the technical report "*Planning of power line carrier systems*" was first produced by the International Electrotechnical Commission through publication IEC 60663 [1][1] in 1980 entitled *Planning of (single sideband) power line carrier systems*. In 1993, the International Electrotechnical Commission produced IEC 60495 [2], "*Single sideband power-line carrier terminals*". In the intervening years, electronic systems and the associated communications systems for electronic devices evolved and developed considerably. The introduction of digital communication techniques improved the quality of transmission and reception PLC signals within electronic devices, enabling them to provide more detailed quality analysis and control of the data being communicated throughout the electricity distribution network, from control centre to service provider.

Both of these standards, IEC 60663 and IEC 60495, are being updated and replaced by the following: IEC 60663 is replaced by IEC 62488-1 and IEC 60495 is replaced by IEC 62488-2 [3] and IEC 62488-3 [4] covering respectively analogue, digital and hybrid analogue-digital power line carrier terminals.

These documents apply to power line carrier (PLC) terminals used to transmit information over HV power networks. Both analogue and digital modulation systems will be considered.

The IEC 62488 series consists of the following parts under the general title: *Power line communication systems for power utility applications*:

Part 1: *Planning of analogue and digital power line carrier systems operating over HV power networks*;

Part 2: *Analogue power line carrier terminals or APLC*;

Part 3: *Digital power line carrier (DPLC) terminals and hybrid ADPLC terminals.*

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

1 Scope

This part of IEC 62488 applies to the planning of analogue (APLC), digital (DPLC) and hybrid analogue-digital (ADPLC) power line carrier communication systems operating over HV electric power networks. The object of this document is to establish the planning of the services and performance parameters for the operational requirements to transmit and receive data efficiently and reliably.

Such analogue and digital power line carrier systems are used by the different electricity supply industries and integrated into their communication infrastructure using common communication technologies such as radio links, fibre optic and satellite networks.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 6
INTRODUCTION 8
1 Domaine d'application 10
2 Références normatives 10
3 Termes, définitions et abréviations 10
3.1 Termes et définitions 10
3.2 Abréviations 17
4 Systèmes de communication à courant porteur sur ligne d'énergie 18
4.1 Généralités 18
4.2 Lignes d'énergie électrique haute tension 20
4.3 Lignes d'énergie électrique comme support de transmission 21
4.3.1 Système de couplage 21
4.3.2 Configuration de couplage pour lignes aériennes HT 26
4.3.3 Câble de connexion 29
4.4 Systèmes CPL analogiques et numériques 29
4.4.1 Terminaux APLC 29
4.4.2 Terminaux DPLC 30
4.5 Schémas de modulation dans CPL HT 34
4.5.1 Généralités 34
4.5.2 AM-SSB 34
4.5.3 QAM 34
4.5.4 OFDM 35
4.5.5 Autres schémas de modulation 36
4.5.6 Annulation d'écho 37
5 Bandes de fréquences pour systèmes CPL 39
5.1 Généralités 39
5.2 Plans de canaux 39
5.2.1 Généralités 39
5.2.2 Plan de canaux CPL à bande étroite HT 39
5.3 Caractéristiques spectrales des signaux de transmission CPL 40
5.4 Sélection des bandes de fréquences pour systèmes CPL HT 41
5.4.1 Généralités 41
5.4.2 Puissance maximale du signal CPL 41
5.4.3 Disposition des canaux 42
5.4.4 Allocation des fréquences 43
5.4.5 Mise en parallèle 43
6 Supports pour systèmes DPLC et APLC 43
6.1 Généralités 43
6.2 Paramètres de transmission du canal sur ligne d'énergie électrique 43
6.2.1 Généralités 43
6.2.2 Impédance caractéristique de la ligne d'énergie 44
6.2.3 Affaiblissement de la liaison générale 47
6.2.4 Fréquence et réponse impulsionnelle des canaux 57
6.2.5 Bruit et brouillage 58
7 Conception de liaisons et réseaux DPLC et APLC 65
7.1 Généralités 65

7.2 Bilan de liaison APLC 67
7.3 Bilan de liaison DPLC 70
7.4 Plan de fréquences 75
7.4.1 Généralités 75
7.4.2 Liaisons sur la même ligne HT entre deux postes 76
7.4.3 Planification globale des fréquences 77
7.4.4 Autres considérations 78
7.5 Conception du réseau 79
7.5.1 Généralités 79
7.5.2 Redondance 79
7.5.3 Intégration à d'autres technologies de transmission 79
7.6 Cybersécurité 80
7.6.1 Généralités 80
7.6.2 IEC 62443 80
7.6.3 IEC 62351 80
7.6.4 Aspects relatifs à la cybersécurité des systèmes CPL 81
7.7 Système de gestion 83
8 Performances des systèmes CPL 83
8.1 Performances du système 83
8.2 Performances de la couche Liaison APLC 84
8.3 Performances de la couche Liaison DPLC 86
8.4 Taux d'erreurs sur les bits (TEB) 86
8.5 Taux d'erreur sur les blocs (BLER) 87
8.6 Capacité de transmission 87
8.7 Perte de synchronisation et temps de récupération 88
8.8 Latence de liaison 89
8.9 Paramètres de performance IETF-RFC 2544 89
8.10 Recommandations d'essai TEB et BLER 89
8.10.1 Généralités 89
8.10.2 Interface synchrone série 90
8.10.3 Interface Ethernet 90
8.11 Qualité de liaison globale pour la transmission de données série 91
9 Exigences choisies pour les applications utilisant des systèmes PLC 93
9.1 Généralités 93
9.2 Téléphonie 93
9.3 Qualité vocale 94
9.3.1 Généralités 94
9.3.2 Mesure d'intelligibilité (clarté) 95
9.4 Téléphonie analogique 95
9.5 Téléphonie numérique 95
9.6 Applications VoIP 96
9.7 Transmission de données 96
9.8 Téléconduite 96
9.8.1 Communication IEC 60870-5-101 SCADA-RTU 96
9.8.2 Communication IEC 60870-5-104 SCADA-RTU 96
9.8.3 Téléprotection 96
9.8.4 Signal de téléprotection 97
Annexe A (informative) Signal électrique modulé HF 98
A.1 Généralités 98

A.2 Bande passante modulée HF et signal de puissance 102
Annexe B (informative) Rendement de bande passante 106
Annexe C (informative) Mesure du bruit de ligne d'énergie 110
Bibliographie 111

Figure 1 – Liaison CPL 19
Figure 2 – Structure générale d'une liaison bidirectionnelle point à point APLC, DPLC ou ADPLC (en configuration phase-terre) 19
Figure 3 – Structure générale d'une liaison bidirectionnelle point à multipoint APLC, DPLC ou ADPLC (en configuration phase-terre) 20
Figure 4 – Condensateur de couplage classique HT 22
Figure 5 – Exemple de système de couplage capacitif classique HT (conducteur monophasé à la terre) 22
Figure 6 – Schéma électrique d'un circuit-bouchon 23
Figure 7 – Circuit-bouchon HT 23
Figure 8 – Impédance du circuit-bouchon en fonction de la fréquence 23
Figure 9 – Caractéristique d'impédance de blocage d'un circuit-bouchon à bande étroite 24
Figure 10 – Caractéristique d'impédance de blocage d'un circuit-bouchon à double bande 24
Figure 11 – Caractéristique d'impédance de blocage d'un circuit-bouchon à bande large 25
Figure 12 – Exemple de composants de dispositif de couplage et de schéma électrique 25
Figure 13 – Caractéristiques du dispositif de couplage avec un condensateur de couplage de 4 000 pF 26
Figure 14 – Couplage phase-terre 27
Figure 15 – Couplage phase-phase 27
Figure 16 – Architecture générique d'un terminal APLC conformément à l'IEC 62488-2 30
Figure 17 – Architecture générique d'un terminal DPLC conformément à l'IEC 62488-3 32
Figure 18 – Structure générique d'un terminal ADPLC 33
Figure 19 – Espace des signaux pour une constellation 16-QAM 35
Figure 20 – Méthode d'annulation d'écho pour une liaison DPLC 38
Figure 21 – Exemple de plan de canaux à bande étroite APLC 40
Figure 22 – Écart de fréquence minimal 42
Figure 23 – GMR des faisceaux de conducteurs 46
Figure 24 – Réseau de terminaison pour une ligne triphasée 46
Figure 25 – Agencements de couplage optimaux et perte de conversion modale a_C 51
Figure 26 – Agencements de couplage phase-terre et phase-phase optimaux pour les longues lignes avec transpositions 52
Figure 27 – Jonctions de lignes aériennes à des câbles d'alimentation 55
Figure 28 – Exemple de réponse de canal HT $H(f)$ et $h(t)$ 58
Figure 29 – Affaiblissement en fonction de la fréquence d'un canal sur ligne d'énergie HT réel 58
Figure 30 – Bruit de fond 60
Figure 31 – Bruit de fond en fonction de la fréquence 61
Figure 32 – Exemple de variations du spectre de bruit de fond en fonction du temps 61

Figure 33 – Exemple d'impulsion isolée 62
Figure 34 – Exemple d'impulsion transitoire 62
Figure 35 – Exemple d'impulsions périodiques nettes synchrones 63
Figure 36 – Exemple de salves d'impulsions 63
Figure 37 – Topologies de réseau CPL types sur des liaisons APLC, DPLC ou ADPLC dans le réseau d'alimentation HT 66
Figure 38 – Exemple d'une configuration de signal dans deux canaux de 4 kHz 68
Figure 39 – Exemple de configuration de canal DPLC. 72
Figure 40 – Rendement de bande passante DPLC type pour un TEB de 10^{-6} 73
Figure 41 – Exemple de plages de tensions de ligne HT dans des conditions considérées 74
Figure 42 – Exemple pour un système DPLC avec adaptation automatique du débit de données 75
Figure 43 – Exemple de planification des fréquences basée sur le regroupement des canaux de fréquences cellulaires. 78
Figure 44 – Limites de perte totale du circuit par rapport à celle à 1 020 Hz (Recommandation M.1020 de l'UIT-T) 85
Figure 45 – Limites pour le temps de propagation de groupe par rapport au temps de propagation de groupe minimal mesuré dans la bande de 500 Hz à 2 800 Hz (Recommandation M.1020 de l'UIT-T) 86
Figure 46 – Quelques courbes de TEB théoriques 87
Figure 47 – Caractéristique "C/SNR" DPLC comparée au rendement limite de Shannon pour un TEB = 11E-4 et 1E-6 et limite de Shannon 88
Figure 48 – Structure normale Ethernet du format des trames 90
Figure 49 – Exemple de détermination d'indisponibilité (Recommandation G.826 de l'UIT-T) 92
Figure 50 – Exemple de l'état indisponible d'un trajet bidirectionnel (Recommandation G.826 de l'UIT-T) 92
Figure 51 – Estimation de qualité de performance basée sur les Recommandations G.821 et G.826 de l'UIT-T 92
Figure 52 – Relation entre clarté, retard et écho concernant la qualité vocale 94
Figure A.1 – Concepts de puissance 98
Figure A.2 – Tonalité unique 100
Figure A.3 – Deux tonalités 101
Figure A.4 – Exemple de bandes équivalentes de bruit pour différents services 102
Figure A.5 – Bande équivalente de bruit pour différents services 103
Figure B.1 – Constellation 8-MIA 106
Figure B.2 – Intervalle de SNR de rendement DPLC à la limite de Shannon 109
Figure B.3 – Rendement DPLC pour TEB = 10^{-4} et 10^{-6} et limite de Shannon 109

Tableau 1 – Caractéristiques des schémas de modulation DPLC classiques 36
Tableau 2 – Caractéristiques des schémas de modulation DPLC QAM à porteuse unique et à plusieurs porteuses 37
Tableau 3 – Techniques et fréquences de communication par courant porteur sur ligne d'énergie 39
Tableau 4 – Spectre HF alloué aux systèmes CPL 40

Tableau 5 – Plage des impédances caractéristiques des circuits CPL sur lignes aériennes HT 47
Tableau 6 – Perte supplémentaire a_{sup} [dB] pour différentes configurations de ligne et agencements de couplage optimaux 54
Tableau 7 – Valeur type des niveaux de puissance de bruit d'effet de couronne, rapportée à une bande passante de 4 kHz pour diverses tensions de systèmes HT 60
Tableau 8 – Niveaux moyens types pour le bruit de type impulsionnel, mesurés côté câble HF du couplage aux bornes de 150 Ω dans une bande passante de 4 kHz 64
Tableau 9 – Paramètres des signaux 69
Tableau 10 – Bilan de liaison 69
Tableau 11 – Niveaux de signal et de bruit admissibles à l'entrée du récepteur 70
Tableau 12 – Solutions possibles pour l'exemple de la Figure 39 72
Tableau 13 – Principales menaces de cyber sécurité et principaux risques de sécurité auxquels sont confrontés les systèmes CPL 83
Tableau 14 – Objectifs du masque de qualité (échantillon) 93

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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 HT

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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

L'IEC 62488-1 a été établie par le comité d'études 57 de l'IEC: Gestion des systèmes de puissance et échanges d'informations associés. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) Révision complète de la présente édition par rapport à l'édition précédente, portant principalement sur la conception des systèmes à courants porteurs de lignes d'énergie analogiques et numériques fonctionnant sur des réseaux d'électricité HT;
b) Une structure générale d'une liaison bidirectionnelle point à multipoint APLC, DPLC ou ADPLC a été introduite;
c) Introduction d'une nouvelle approche en matière de planification globale des fréquences.

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

Projet	Rapport de vote
57/2773/FDIS	57/2794/RVD

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

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

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

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

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

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

INTRODUCTION

La complexité et la taille importante des systèmes actuels de génération, de transmission 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 tout aussi étendu et complexe que les systèmes, et présentant une fiabilité très élevée.

L'utilisation simultanée du réseau de distribution de puissance pour la transmission d'énergie et la communication de données est unique. Elle réduit le coût de l'installation des deux services en n'utilisant qu'un seul trajet de transmission. Cette technologie de communication est appelée "communications par courant porteur sur ligne d'énergie" (CPL).

Par conséquent, à l'aide d'une communication par courant porteur sur ligne d'énergie analogique (APLC) et/ou d'une communication par courant porteur sur ligne d'énergie numérique (DPLC), la communication peut rester efficace sans raccord sur l'ensemble du réseau électrique.

Le développement de techniques numériques pour les communications dans les réseaux électriques HT est maintenant très répandu, ainsi que d'autres applications du domaine de l'électronique. Cela est particulièrement vrai concernant les réseaux de distribution électrique dans lesquels les dispositifs CPL utilisent des convertisseurs analogiques/numériques associés à des techniques de traitement du signal numérique visant à assurer une plus grande flexibilité et une meilleure efficacité du matériel.

Le rapport technique sur la "*conception des systèmes à courant porteur sur ligne d'énergie*" a d'abord été élaboré par la Commission Électrotechnique Internationale dans l'IEC 60663 [1][1] parue en 1980 intitulée *Conception des systèmes à courants porteurs (à bande latérale unique) sur lignes d'énergie*. En 1993, la Commission Électrotechnique Internationale a élaboré l'IEC 60495 [2], *Équipements terminaux à courants porteurs sur lignes d'énergie, à bande latérale unique*. Dans les années qui ont suivi, les systèmes électroniques et les systèmes de communication associés pour dispositifs électroniques ont évolué et se sont considérablement développés. L'introduction de techniques de communications numériques a amélioré la qualité de l'émission et de la réception des signaux CPL dans les dispositifs électroniques, leur permettant de fournir une analyse de la qualité plus détaillée et de contrôler les données communiquées sur l'ensemble du réseau de distribution de l'énergie électrique, du centre de commande au fournisseur de service.

Ces deux normes, IEC 60663 et IEC 60495, ont été mises à jour et remplacées par les normes suivantes: L'IEC 60663 est remplacée par l'IEC 62488-1, et l'IEC 60495 est remplacée par l'IEC 62488-2 [3] et l'IEC 62488-3 [4], couvrant respectivement les équipements terminaux à courant porteur sur ligne d'énergie analogiques, numériques et hybrides analogiques/numériques.

Ces documents s'appliquent aux équipements terminaux à courant porteur sur ligne d'énergie (CPL) utilisés pour transmettre des informations sur des réseaux d'alimentation électrique HT. Les systèmes de modulation analogiques et numériques sont pris en compte.

---

1 Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

La série IEC 62488 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: *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 HT*;

Partie 2: *Bornes analogiques à courant porteur en ligne (CPL)*;

Partie 3: *Équipements terminaux à courants porteurs sur lignes d'énergie numériques (DPLC) et équipements terminaux hybrides ADPLC.*

1 Domaine d’application

La présente partie de l’IEC 62488 s’applique à la conception des systèmes de communication par courant porteur sur ligne d’énergie analogiques (APLC), numériques (DPLC) et hybrides analogiques/numériques (ADPLC, Analogue-Digital Power Line Carrier) installés sur des réseaux d’alimentation électrique HT. Le présent document a pour objet de définir la conception des services et des paramètres de performance relatifs aux exigences opérationnelles en matière d’émission et de réception efficaces et fiables des données.

Ces systèmes à courant porteur sur ligne d’énergie analogiques et numériques sont utilisés par les différentes compagnies d’électricité et sont intégrés à leur infrastructure de communication à l’aide des technologies de communication habituelles (les liaisons radioélectriques, la fibre optique et les réseaux satellite, par exemple).

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.