

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62153-1-1

Première édition
First edition
2003-10

**Méthodes d'essai des câbles métalliques
de communication –**

Partie 1-1:

**Electrique – Mesure de la perte par réflexions
à une impulsion/échelon dans le domaine
fréquentiel en utilisant la Transformée Inverse
de Fourier Discrète (TIFD)**

Metallic communication cables test methods –

Part 1-1:

**Electrical – Measurement of the pulse/step
return loss in the frequency domain using the
Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62153-1-1:2003

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62153-1-1

Première édition
First edition
2003-10

**Méthodes d'essai des câbles métalliques
de communication –**

Partie 1-1:

**Electrique – Mesure de la perte par réflexions
à une impulsion/échelon dans le domaine
fréquentiel en utilisant la Transformée Inverse
de Fourier Discrète (TIFD)**

Metallic communication cables test methods –

Part 1-1:

**Electrical – Measurement of the pulse/step
return loss in the frequency domain using the
Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT)**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions	10
4 Principes de mesure	10
5 Calculs de la performance	12
6 Procédure.....	18
6.1 Câbles coaxiaux	18
6.1.1 Equipement	18
6.1.2 Préparation de l'échantillon d'essai.....	18
6.1.3 Etalonnage	18
6.1.4 Constante d'affaiblissement	20
6.2 Câbles symétriques	20
7 Expression des résultats.....	20
8 Exigence.....	20
Figure 1 – Disposition pour la mesure de la perte par réflexions dans le domaine fréquentiel.....	18

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-1-1:2003

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references.....	11
3 Terms and definitions	11
4 Measurement principle.....	11
5 Performance calculations.....	13
6 Procedure.....	19
6.1 Coaxial cables	19
6.1.1 Equipment	19
6.1.2 Preparation of test specimen	19
6.1.3 Calibration	19
6.1.4 Attenuation constant	21
6.2 Balanced cables	21
7 Expression of results	21
8 Requirement	21
Figure 1 – Layout for return-loss measurement in the frequency domain	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

Partie 1-1: Electrique – Mesure de la perte par réflexions à une impulsion/échelon dans le domaine fréquentiel en utilisant la Transformée Inverse de Fourier Discrète (TIFD)

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62153-1-1 a été établie par le sous-comité 46A, Câbles coaxiaux, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

La présente norme annule et remplace l'IEC/PAS 62260 publié en 2001. Cette première édition constitue une révision technique

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METALLIC COMMUNICATION CABLES TEST METHODS –**Part 1-1: Electrical – Measurement of the pulse/step return loss
in the frequency domain using the
Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT)**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 62153-1-1 has been prepared by subcommittee 46A: Coaxial cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors, r.f. and microwave passive components and accessories.

This standard cancels and replaces IEC/PAS 62260 published in 2001. This first edition constitutes a technical revision.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
46A/559/FDIS	46A/577/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-1-1:2003

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

FDIS	Report on voting
46A/559/FDIS	46A/577/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-1-1:2003

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 62153 a été développée à partir du IEC/PAS 62260¹. Elle est destinée à être utilisée initialement pour les câbles coaxiaux et à être développée ultérieurement pour inclure les exigences pour tous les câbles métalliques de télécommunication.

Les irrégularités dans une ligne de transmission, en particulier dans les câbles pour fréquences radioélectriques (RF), provoquent des réflexions qui peuvent générer des échos. Ces échos peuvent provoquer de considérables perturbations dans les signaux de transmission, en analogique et en numérique. Il faut limiter l'amplitude de ces irrégularités dans les câbles dans les systèmes de câblage, par exemple dans les réseaux d'antennes communautaires de TV (CATV), et il faut donc les déterminer.

Une méthode pour déterminer ces irrégularités consiste à utiliser des techniques de mesure analogique (Réflexion dans le domaine temporelle, TDR), comme décrit en 11.18 de la CEI 61196-1. Bien que cette méthode d'essai soit bien connue, une instrumentation possédant une sensibilité élevée n'est plus disponible sur le marché depuis longtemps. Avec un analyseur vectoriel de réseaux moderne, offrant une assez grande dynamique, la perte par réflexions à une impulsion peut être déterminée.

Ceci est obtenu en mesurant la perte par réflexions d'un câble dans le domaine fréquentiel comme décrit en 11.12 de la CEI 61196-1 et en transposant les résultats dans le domaine temporel en utilisant la Transformée Inverse de Fourier Discrète (TIFD). En intégrant sur le temps la réponse à une impulsion, la réponse à un échelon peut être calculée.

L'analyseur de réseaux peut être utilisé pour à la fois la mesure de la perte par réflexions et la perte par réflexions à une impulsion/échelon, ceci sans double préparation du câble en essai. Cette méthode permet donc un gain de temps, un gain sur le coût de l'instrumentation supplémentaire et offre une méthode simple et facile pour la détection des irrégularités de transmission du signal à l'intérieur d'un câble.

Cette méthode offre aussi une plus grande précision et une plus grande sensibilité que la méthode analogique TDR.

¹ IEC/PAS 62260:2001, *Pulse/Step Return Loss from measurement in the frequency domain using the Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT)*, disponible en anglais seulement.

INTRODUCTION

This part of IEC 62153 has been developed from IEC/PAS 62260¹. It is intended to be used initially for coaxial cables and to be developed in the future to include requirements for all metallic communication cables.

Irregularities in a transmission line, especially in r.f. cables, cause reflections that will lead to forward echoes. Such forward echoes may cause considerable signal transmission disturbance in analogue and digital systems. The magnitude of such irregularities of the cables need to be limited in cabling systems, for example, in CATV networks and therefore need to be determined.

One method to determine such irregularities is to use analogue measuring techniques (Time Domain Reflection (TDR)), as described in 11.18 of IEC 61196-1. Although this is a well-known test method, instrumentation with high sensitivity is no longer available on the market. With a modern vector network analyser, offering sufficient dynamic range, the pulse return loss can be determined.

This is achieved by measuring the return loss of the cable in the frequency domain as described in 11.12 of IEC 61196-1 and transforming the results into the time domain by using the Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT). By integrating the pulse response data over time, the step response can be calculated.

The network analyser can be used for both the measurement of the return loss and the pulse/step return loss without preparing the CUT twice. This method can therefore save time and the cost of additional instrumentation and offers a simple and easy method for the detection of signal transmission irregularities inside a cable.

This method also offers higher accuracy and higher sensitivity than the analogue TDR method.

¹ IEC/PAS 62260:2001, *Pulse/Step Return Loss from measurement in the frequency domain using the Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT)*.

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

Partie 1-1: Electrique – Mesure de la perte par réflexions à une impulsion/échelon dans le domaine fréquentiel en utilisant la Transformée Inverse de Fourier Discrète (TIFD)

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62153 décrit un essai qui détermine la régularité d'impédance des câbles pour fréquences radioélectriques (RF) en mesurant la perte par réflexions dans le domaine fréquentiel. Cette mesure est effectuée en utilisant un analyseur vectoriel de réseaux équipé d'un mesureur de réflexion (pont) et en transposant les résultats obtenus dans le domaine temporel en utilisant la Transformée Inverse de Fourier Discrète (TIFD).

NOTE Il s'agit d'un essai optionnel supplémentaire pour les câbles métalliques de télécommunication décrits dans la CEI 61156-1 et la CEI 61196-1.

2 Références normatives

Les documents référencés suivants sont indispensables pour l'application de ce présent document. Pour les références datées, uniquement l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document référencé (incluant des amendements) s'applique.

CEI 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*

CEI 61156-1:2002, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 61196-1:1995, *Câbles pour fréquences radioélectriques – Partie 1: Spécification générique – Généralités, Définitions, prescriptions et méthodes d'essai*
Amendement 1(1999)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document les termes et définitions donnés dans la CEI 60050, ainsi que ceux donnés dans la CEI 61156-1 et la CEI 61196-1, s'appliquent.

4 Principes de mesure

L'essai détermine la perte par réflexions des câbles RF dans le domaine temporel en mesurant la perte par réflexions dans le domaine fréquentiel, puis en transposant les résultats obtenus dans le domaine temporel en utilisant la Transformée Inverse de Fourier Discrète (TIFD).

La perte par réflexions à une impulsion/échelon est affichée en fonction du temps pour montrer l'amplitude et la distribution locale des irrégularités d'impédance caractéristiques du câble en essai. En fonction du nombre de points de l'analyseur de réseaux, des longueurs de câble jusqu'à 5 km et au-dessus peuvent être mesurées.

METALLIC COMMUNICATION CABLES TEST METHODS –

Part 1-1: Electrical – Measurement of the pulse/step return loss in the frequency domain using the Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT)

1 Scope

This part of IEC 62153 describes the test which determines the regularity of impedance of r.f. cables by measuring the return loss in the frequency domain using a vector network analyser equipped with a reflection test set (bridge) and transferring the results into the time domain by using the Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT).

NOTE This is an additional optional test for the metallic communication cables described in IEC 61156-1 and IEC 61196-1.

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*

IEC 61156-1:2002, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1: Generic specification*

IEC 61196-1:1995, *Radio-frequency cables – Part 1: Generic specification – General, Definitions, requirements and test methods*
Amendment 1(1999)

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050, as well as those given in IEC 61156-1 and IEC 61196-1, apply.

4 Measurement principle

The test determines the return loss of coaxial r.f. cables in the time domain by measuring the return loss in the frequency domain, and transforming the results into the time domain by using the IDFT.

The pulse/step return loss is displayed against time to show the magnitude and the local distribution of irregularities of the characteristic impedance of the cable under test. Depending on the number of points of the network analyser, cable length up to and above 5 km may be measured.

L'analyseur de réseaux mesure l'amplitude et la phase de la perte par réflexions du câble en essai (S11) dans le domaine fréquentiel à des fréquences discrètes spécifiées par les parties harmoniques contenues dans le domaine temporel équivalent à la forme prédéfinie de l'impulsion. Après un balayage complet sur toutes ces fréquences, l'analyseur de réseaux stocke la représentation spectrale de la réponse impulsionnelle en mémoire. La représentation de la réponse de l'impulsion, dans le domaine temporel, peut être maintenant calculée en appliquant l'algorithme mathématique appelé Transformée Inverse de Fourier Discrète (TIFD) aux données stockées. Du fait qu'en mathématique l'impulsion est la dérivée de l'échelon, la réponse à une fonction en échelon peut être calculée facilement en intégrant la réponse impulsionnelle sur le temps.

La TIFD calcule le facteur complexe H_n des signaux sinus et cosinus constituant un signal arbitraire. La TIFD synthétise un signal arbitraire complexe en calculant la somme des fonctions sinus et cosinus multipliée par la Transformée de Fourier complexe H_n . La transformation ne dépend d'aucun paramètre de dimension comme l'échelle de temps ou de fréquence.

Du fait que les mesures actuelles sont réalisées dans le domaine fréquentiel, l'étalonnage de l'analyseur doit aussi être fait dans le domaine fréquentiel en utilisant un port d'étalonnage permanent pour les mesures de réflexions.

5 Calculs de la performance

La performance des câbles RF dépend de son homogénéité mécanique. Les variations de ses dimensions mécaniques peuvent provoquer des réflexions du signal radioélectrique (RF) qui transite à travers le câble. Le facteur de réflexion complexe $\underline{r}_x$ d'une telle réflexion est donné par:

$$\underline{r}_x = \frac{Z_0 - \underline{Z}_x}{Z_0 + \underline{Z}_x} \quad (1)$$

où

Z_0 est l'impédance nominale du câble;

$\underline{Z}_x$ est l'impédance réelle du câble en un point donné x.

La transformation d'une réflexion unique par rapport l'entrée des câbles en tenant compte de l'affaiblissement et de la propagation est donnée par:

$$\underline{r}_x = \underline{r}_i \cdot e^{-2 \cdot \gamma \cdot l} \quad (2)$$

où

l est la distance d'une réflexion unique depuis l'entrée d'un câble;

γ est la constante de propagation

$$\gamma = \alpha + j\beta \quad (3)$$

où

α est la constante d'affaiblissement;

β est la constante de phase.

The network analyser measures the magnitude and phase of the CUT's return loss (S_{11}) in the frequency domain at discrete frequencies specified by the harmonic portions contained in an equivalent time-domain pulse of predetermined shape. After processing a complete sweep over these frequencies, the network analyser has collected the spectral representation of the cable pulse answer into memory. The pulse answer in time-domain representation can be calculated now by applying a mathematical algorithm called IDFT to the stored data. Because, from the mathematical point of view, the pulse is the derivative of the step, the response to a step function can be computed easily by integrating the pulse response data over time.

The DFT calculates the complex factors H_n of the sine and cosine waves contained in an arbitrary waveform. The IDFT synthesizes a complex arbitrary waveform by calculating the sum of the sine and cosine functions multiplied by the complex Fourier transforms H_n . The transformation does not depend on any dimensional parameter such as a time scale or frequency.

Because the actual measurements are made in the frequency domain, the calibration of the network analyser has to be carried out in the frequency domain as well using a full one-port calibration for reflection measurements.

5 Performance calculations

The performance of an r.f. cable depends on its mechanical homogeneity. Deviations in its mechanical dimensions will cause reflections of the r.f. signal which is travelling through the cable. The complex reflection factor $\underline{r}_x$ of such a reflection is given by

$$\underline{r}_x = \frac{Z_0 - \underline{Z}_x}{Z_0 + \underline{Z}_x} \quad (1)$$

where

Z_0 is the nominal impedance of the cable;

$\underline{Z}_x$ is the actual impedance of the cable on a given point x .

The transformation of one single reflection to the cable input with attention to the attenuation and propagation is given by

$$\underline{r}_x = \underline{r}_i \cdot e^{-2 \cdot \gamma \cdot l} \quad (2)$$

where

l is the distance of the single reflection from the input of the cable;

γ is the propagation constant;

$$\gamma = \alpha + j\beta \quad (3)$$

where

α is the attenuation constant;

β is the phase constant.

En utilisant le rapport de vitesse v_r du câble en essai, la distance d_{rx} vers la localisation du défaut peut être calculée par:

$$d_{rx} = \frac{t_{rx} \cdot c_0 \cdot v_r}{2} \quad (4)$$

où

t_{rx} est le temps entre l'impulsion stimulée et la détection de la réponse de l'impulsion en s;

c_0 est la vitesse de propagation dans le vide en m/s;

v_r est la vitesse relative de propagation du câble en l'essai.

La résolution maximale sur l'axe temporel dépend de la forme et de la largeur de l'impulsion stimulée comme établie en 11.16.4 de la CEI 61196-1. Elle est inversement proportionnelle à la partie de fréquence la plus grande contenue dans l'impulsion.

La perte par réflexions de l'impulsion a_p est définie par:

$$a_p = 20 \cdot \log(r_{rx}) + a_{win} \quad \text{en dB} \quad (5)$$

où

r_{rx} est le coefficient de réflexion d'une irrégularité située à une distance x de la fin du câble et mesuré à l'entrée du câble;

a_{win} est la constante supplémentaire pour la correction des fonctions de fenêtrage. Pour une fenêtre carrée, ce facteur peut être mis à 0 dB.

La largeur de l'impulsion virtuelle t_p est inversement proportionnelle à l'intervalle de mesure:

$$t_p = \frac{b_{win}}{f_{stop} - f_{start}} \quad \text{en s} \quad (6)$$

où

b_{win} est la constante représentant la correction de la largeur de bande de la fonction de fenêtrage. Pour une fenêtre carrée, ce facteur peut être mis à 1;

f_{start} est la fréquence de départ du balayage dans le domaine fréquentiel en Hz;

f_{stop} est la fréquence de fin du balayage dans le domaine fréquentiel en Hz. La fréquence de fin doit répondre à l'exigence $f_{stop} = n \cdot f_{start}$ où n est le nombre de points mesurés pour remplir pleinement la relation en harmoniques entre les fréquences nécessaires pour la TIFD.

NOTE Pour remplir pleinement les exigences de la TIFD, il faut que les fréquences du domaine fréquentiel soient choisies par la relation en harmoniques. La première fréquence du balayage définit la fréquence fondamentale f_g , la seconde fréquence du balayage donne la première harmonique à $2 \cdot f_g$, la troisième fréquence donne la seconde harmonique à $3 \cdot f_g$ etc. jusqu'à la fréquence la plus élevée.

Le temps de montée t_r de l'impulsion virtuelle est la moitié de la largeur de l'impulsion virtuelle:

$$t_r = \frac{t_p}{2} \quad \text{en s} \quad (7)$$

Using the velocity ratio v_r of the CUT, the distance d_{rx} towards the location of the fault can be calculated by

$$d_{rx} = \frac{t_{rx} \cdot c_0 \cdot v_r}{2} \quad (4)$$

where

t_{rx} is the time between the stimulating pulse and detection of the pulse answer in s;

c_0 is the propagation velocity in free space in m/s;

v_r is the velocity ratio of the CUT.

The maximum resolution in the time axis depends on the shape and width of the stimulating pulse as stated in 11.16.4 of IEC 61196-1. It is inversely proportional to the highest frequency portion contained in the pulse.

The pulse return loss a_p is defined as

$$a_p = 20 \cdot \log(r_{rx}) + a_{win} \quad \text{en dB} \quad (5)$$

where

r_{rx} is the reflection coefficient of an irregularity at a distance x from the cable end and measured at the input end of the cable;

a_{win} is the constant factor added for the correction of the different windowing functions. For the square window, this factor can be set to 0 dB.

The width of the virtual impulse t_p is inversely proportional to the measurement span:

$$t_p = \frac{b_{win}}{f_{stop} - f_{start}} \quad \text{in s} \quad (6)$$

where

b_{win} is the constant factor representing the bandwidth correction of the windowing function. For the square window, this factor can be set to 1;

f_{start} is the start frequency of the sweep in the frequency domain in Hz;

f_{stop} is the stop frequency of the sweep in the frequency domain in Hz. The stop frequency has to meet the requirement $f_{stop} = n \cdot f_{start}$ where n is the number of measured points to fulfil the harmonic relation between the frequencies needed for the IDFT.

NOTE To fulfil the requirements of the IDFT, the frequency points in the frequency domain have to be chosen in a harmonic relation. The first frequency in the sweep defines the fundamental f_g , the second frequency in the sweep gives the first harmonic $2 \cdot f_g$, the third frequency gives the second harmonic at $3 \cdot f_g$ etc. until the highest frequency is reached.

The rise time t_r of the virtual impulse is half the width of the virtual impulse:

$$t_r = \frac{t_p}{2} \quad \text{in s} \quad (7)$$

L'intervalle de temps minimal $\Delta t_{\min}$ entre deux points peut être calculé par:

$$\Delta t_{\min} = \frac{2}{f_{\text{stop}} - f_{\text{start}}} \quad \text{en s} \quad (8)$$

où

f_{start} est la fréquence de départ du balayage dans le domaine fréquentiel en Hz.

f_{stop} est la fréquence de fin du balayage dans le domaine fréquentiel en Hz. La fréquence de fin doit répondre à l'exigence $f_{\text{stop}} = n \cdot f_{\text{start}}$ où n est le nombre de points mesurés pour remplir pleinement la relation en harmoniques entre les fréquences nécessaires pour la TIFD.

La résolution minimale $\Delta x_{\min}$ peut être calculée par:

$$\Delta x_{\min} = \Delta t_{\min} \cdot c_0 \cdot v_c \quad \text{en m} \quad (9)$$

où

$\Delta t_{\min}$ est l'intervalle de temps minimal en s;

c_0 est la vitesse de propagation dans le vide en m/s;

v_c est la vitesse relative de propagation pour le câble en l'essai.

Le temps maximal $t_{\max}$ contenu dans le résultat peut être calculé par:

$$t_{\max} = \frac{\Delta t_{\min} \cdot n}{2} \quad \text{en s} \quad (10)$$

où

$\Delta t_{\min}$ est l'intervalle de temps minimal en s;

n est le nombre total de points mesurés dans le domaine fréquentiel.

NOTE En raison du caractère cyclique de la TIFD, les résultats intéressants sont contenus entre les points 0 et $n/2$. Les points entre $n/2 + 1$ et n contiennent l'information en rapport avec le comportement du système pour les valeurs négatives de l'axe du temps.

La distance maximale $l_{\max}$ couverte par la mesure peut être calculée par:

$$l_{\max} = t_{\max} \cdot c_0 \cdot v_c \quad \text{en m} \quad (11)$$

où

$t_{\max}$ est le temps maximal contenu dans le résultat;

c_0 est la vitesse de propagation dans le vide en m/s;

v_c est la vitesse relative de propagation pour le câble en l'essai.

A partir de ces valeurs, la distance vers la localisation du d_{rx} intéressant peut être calculée par:

$$d_{\text{rx}} = k \cdot \Delta t_{\min} \cdot c_0 \cdot v_c \quad \text{en m} \quad (12)$$

où

k est le nombre actuel de points contenant les valeurs complexes de mesure intéressantes de 0 à $n - 1$;

$\Delta t_{\min}$ est l'intervalle de temps minimal en s;

c_0 est la vitesse de propagation dans le vide en m/s;

v_c est la vitesse relative de propagation pour le câble en l'essai.

The minimum time interval $\Delta t_{\min}$ between two points can be calculated by

$$\Delta t_{\min} = \frac{2}{f_{\text{stop}} - f_{\text{start}}} \quad \text{in s} \quad (8)$$

where

f_{start} is the start frequency of the sweep in the frequency domain in Hz;

f_{stop} is the stop frequency of the sweep in the frequency domain in Hz. The stop frequency has to meet the requirement $f_{\text{stop}} = n \cdot f_{\text{start}}$ where n is the number of measured points to fulfil the harmonic relation between the frequencies needed for the IDFT.

The minimum resolution $\Delta x_{\min}$ can be calculated by

$$\Delta x_{\min} = \Delta t_{\min} \cdot c_0 \cdot v_c \quad \text{in m} \quad (9)$$

where

$\Delta t_{\min}$ is the minimum time interval in s;

c_0 is the propagation velocity in free space in m/s;

v_c is the velocity ratio for the CUT.

The maximum time $t_{\max}$ contained in the result can be calculated by

$$t_{\max} = \frac{\Delta t_{\min} \cdot n}{2} \quad \text{in s} \quad (10)$$

where

$\Delta t_{\min}$ is the minimum time interval in s;

n is the total number of measured points in the frequency domain.

NOTE Because of the cyclical character of the IDFT, the results of interest are contained in the points 0 to $n/2$. The points $n/2 + 1$ to n contain information about the behaviour of the system for negative values on the time axis.

The maximum distance $l_{\max}$ covered by the measurement can be calculated by

$$l_{\max} = t_{\max} \cdot c_0 \cdot v_c \quad \text{in m} \quad (11)$$

where

$t_{\max}$ is the maximum time contained in the result;

c_0 is the propagation velocity in free space in m/s;

v_c is the velocity ratio for the CUT.

From these values the distance toward the location of interest d_{rx} can be calculated by

$$d_{rx} = k \cdot \Delta t_{\min} \cdot c_0 \cdot v_c \quad \text{in m} \quad (12)$$

where

k is the actual number of the data point containing the complex values of interest ranging from 0 to $n-1$;

$\Delta t_{\min}$ is the minimum time interval in s;

c_0 is the propagation velocity in free space in m/s;

v_c is the velocity ratio for the CUT.