

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Radio-frequency connectors –  
Part 1-4: Electrical test methods – Voltage standing wave ratio, return loss and  
reflection coefficient**

**Connecteurs pour fréquences radioélectriques –  
Partie -4: Méthodes d'essai électriques – Rapport d'ondes stationnaires  
en tension, affaiblissement de réflexion et coefficient de réflexion**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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](http://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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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](http://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](http://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](mailto:sales@iec.ch).

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto:sales@iec.ch).

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://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](http://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

**Radio-frequency connectors –**

**Part 1-4: Electrical test methods – Voltage standing wave ratio, return loss and reflection coefficient**

**Connecteurs pour fréquences radioélectriques –**

**Partie -4: Méthodes d'essai électriques – Rapport d'ondes stationnaires en tension, affaiblissement de réflexion et coefficient de réflexion**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 33.120.30

ISBN 978-2-8322-8428-5

**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.....                                                                                      | 3  |
| 1 Scope.....                                                                                       | 5  |
| 2 Normative references .....                                                                       | 5  |
| 3 Terms and definitions .....                                                                      | 5  |
| 4 Preparation of test sample (DUT) .....                                                           | 6  |
| 4.1 Cable RF connector .....                                                                       | 6  |
| 4.2 Microstrip connector .....                                                                     | 7  |
| 4.3 Adapter.....                                                                                   | 7  |
| 5 Typical graphical symbols.....                                                                   | 7  |
| 6 Test condition .....                                                                             | 8  |
| 7 Test methods.....                                                                                | 8  |
| 7.1 Frequency-domain method .....                                                                  | 8  |
| 7.1.1 Test theory .....                                                                            | 8  |
| 7.1.2 Test equipment.....                                                                          | 9  |
| 7.1.3 Test procedure .....                                                                         | 9  |
| 7.2 Time-domain method .....                                                                       | 10 |
| 7.2.1 Test theory .....                                                                            | 10 |
| 7.2.2 Equipment .....                                                                              | 11 |
| 7.2.3 Test procedure .....                                                                         | 11 |
| 7.3 Gating .....                                                                                   | 12 |
| 7.3.1 Test principle.....                                                                          | 12 |
| 7.3.2 Equipment .....                                                                              | 12 |
| 7.3.3 Test procedure .....                                                                         | 12 |
| 8 Failure criterion .....                                                                          | 13 |
| 9 Information to be given in the relevant specification.....                                       | 13 |
| 10 Test report.....                                                                                | 13 |
| Figure 1 – Dual-connector assembly test sample (DUT).....                                          | 7  |
| Figure 2 – Illustration of signal transmission and reflection in DUT .....                         | 8  |
| Figure 3 – $S$ -parameter representing transmission and reflection characteristics .....           | 8  |
| Figure 4 – System calibration outline .....                                                        | 9  |
| Figure 5 – Outline of system calibration and verification when standard test adapter is used ..... | 9  |
| Figure 6 – DUT test outline .....                                                                  | 10 |
| Figure 7 – Standard test adaptor calibration and verification outline.....                         | 10 |
| Figure 8 – DUT test arrangement example.....                                                       | 10 |
| Figure 9 – Principle of time-domain measurement.....                                               | 11 |
| Figure 10 – The position of DUT in the system.....                                                 | 12 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## RADIO-FREQUENCY CONNECTORS –

**Part 1-4: Electrical test methods – Voltage standing wave ratio,  
return loss and reflection coefficient**

## 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 61169-1-4 has been prepared by subcommittee 46F: RF and microwave passive components, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, RF connectors, RF and microwave passive components and accessories.

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

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 46F/505/FDIS | 46F/510/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.

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

A list of all parts of the IEC 61169 series, under the general title: *Radio-frequency connectors*, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61169-1-4:2020

## RADIO-FREQUENCY CONNECTORS –

### Part 1-4: Electrical test methods – Voltage standing wave ratio, return loss and reflection coefficient

#### 1 Scope

This part of IEC 61169 provides test methods for the voltage standing wave ratio, return loss and reflection coefficient of RF connectors, including frequency domain method, time domain method, and gating.

This document is applicable to cable RF connectors, microstrip RF connectors and RF adapters. It is also suitable to RF channels in multi-RF channel connectors and hybrid connectors.

#### 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 61169-1, *Radio frequency connectors – Part 1: Generic specification – General requirements and measuring methods*

#### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61169-1 and the following definitions 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

##### reflection coefficient

ratio of the normalized complex wave amplitude of the reflected wave to that of the incident wave at a port or transverse cross-section of a transmission line, expressed as the following:

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (1)$$

where

- $\Gamma$  is the reflection coefficient in complex number;
- $V_i$  is the incident voltage in complex number;
- $V_r$  is the reflection voltage in complex number;
- $Z_0$  is the characteristic impedance of a transmission line;
- $Z_L$  is the impedance of the termination in complex number.

### 3.2

#### voltage standing wave ratio

##### *VSWR*

ratio, along a transmission line, of a maximum of the voltage to an adjacent minimum magnitude of the voltage of a standing wave, expressed as the following:

$$VSWR = \frac{|V_{\max}|}{|V_{\min}|} = \frac{|V_i + V_r|}{|V_i - V_r|} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2)$$

where

*VSWR* is the voltage standing wave ratio;

$V_{\max}$  is the maximum magnitude of the voltage;

$V_{\min}$  is the minimum magnitude of the voltage;

$V_i$  is the incident voltage;

$V_r$  is the reflection voltage;

$\Gamma$  is the reflection coefficient in complex number.

### 3.3

#### return loss

##### *RL*

ratio of the power of the reflected wave to the power of the incident wave at a specified port or transverse cross-section of a transmission line, expressed as follows:

$$RL = -10 \log_{10} \frac{P_r}{P_i} = -20 \log_{10} |\Gamma| \quad (3)$$

where

*RL* is the return loss;

$P_i$  is the power of incident wave;

$P_r$  is the power of reflected wave;

$\Gamma$  is the reflection coefficient in complex number.

## 4 Preparation of test sample (DUT)

### 4.1 Cable RF connector

Use two cable connectors under test to make a dual-connector assembly as a test sample (DUT) by connecting a section of pre-selected uniform cable with accurate characteristic impedance or a simulated cable which is designed as a coaxial airline, as shown in Figure 1, with following requirements:

- The length  $l$  of the cable or the simulated cable shall at least have two wave nodes in the frequency range being tested. That is:

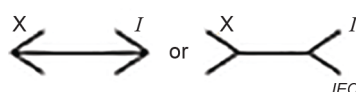
$$l > \frac{v}{2(f_2 - f_1)} \quad (4)$$

where

$v$  is the wave velocity in the cable or the simulated cable;

$f_1$  and  $f_2$  are the minimum and maximum frequency being test respectively within the tested frequency domain.

- b) The ratio of the diameters of the inner and outer conductors of the simulated cable should use the typical value if possible and is suitable for the connector under test. The axial length of the inner conductor is related to the electric length, so its structure and dimension accuracy should without axial movement.



**Figure 1 – Dual-connector assembly test sample (DUT)**

## 4.2 Microstrip connector

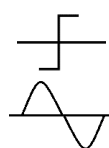
The microstrip connector shall be tested by using an appropriate test fixture on the microstrip end, and the microstrip connector with test fixture as a whole should be treated as the test sample (DUT). Test fixture which should be specified in relevant specification.

## 4.3 Adapter

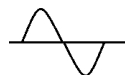
An adapter shall be tested directly when it can connect to the test system or to connect to test system by using standard test adapter when it cannot connect to the test system directly.

## 5 Typical graphical symbols

The typical graphical symbols used are as follows:



Time domain reflect meter equipment



Frequency domain vector network analyser



Mated precision hermaphroditic connectors



Standard airline



Precision termination



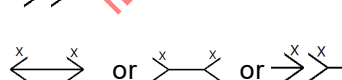
Short



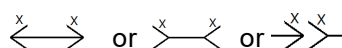
Open



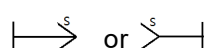
Interface of standard test connector



Interface of connector under test



→interface of pin, <interface of socket



Adapter from hermaphroditic interface to standard test connector



Interface of pin connector



Interface of socket connector



Interface of hermaphroditic connector

## 6 Test condition

Test shall be conducted under room ambient conditions or as specified in the relevant specification.

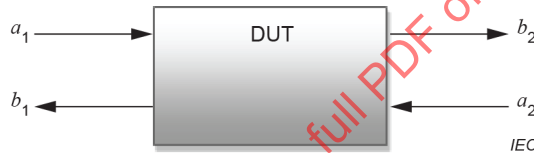
## 7 Test methods

### 7.1 Frequency-domain method

#### 7.1.1 Test theory

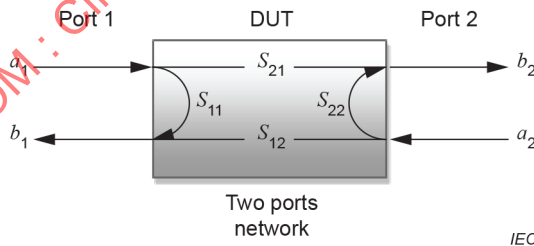
At lower frequencies, physical length of the test sample is less than  $\lambda/10$ , where  $\lambda$  is the wavelength, and the test values of the voltage/current on the test sample are independent of the test position. At higher frequencies, physical length of the test sample is bigger than  $\lambda/10$ , and the characteristic impedance reflects its transmission characteristics. The voltage/current on the test sample differs at different positions.

It is assuming that the shielding effect of the test sample is good enough with no interference from outside and no signal leaking out. The input signal  $a_1$  of the test sample will transmit one part of signal  $b_2$  to the load and also a portion of the signal  $b_1$ ;  $a_2$  is reflected back at both the input port 1 and the output load port 2 respectively, as shown in Figure 2.



**Figure 2 – Illustration of signal transmission and reflection in DUT**

The signal transmission and reflection characteristics in test sample can be represented by the  $S$ -parameter in Figure 3.



**Figure 3 –  $S$ -parameter representing transmission and reflection characteristics**

The definition of  $S$ -parameter is based on the signal voltages which are vectors, where:

$$b_1 = a_1 S_{11} + a_2 S_{12}$$

$$b_2 = a_1 S_{21} + a_2 S_{22}$$

When the end of test sample is terminated on a precision load,  $a_2 = 0$  and the input reflection coefficient can be calculated as following formulae:

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1}$$

Vector network analyser is based on the above principle to measure the  $S$ -parameter of the connector, cable and cable assemblies, and these  $S$ -parameters reflect the transmission and reflection characteristics of the connector, cable and cable assemblies in the frequency domain.

Due to inhomogeneity and manufacturing error of the internal structure of the connector, it is necessary to test the reflection characteristics of the test sample from two directions.

### 7.1.2 Test equipment

The test equipment is as follows.

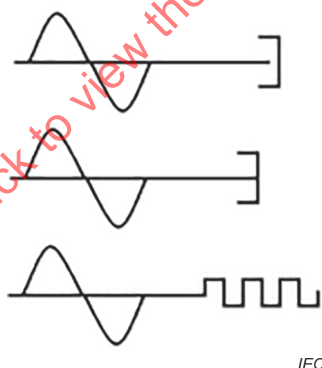
- a) A vector network analyser (VNA).
- b) Calibration standards including open, short, load, standard test adaptor; electronic calibration may also be used. The frequency range of the standard parts should cover the entire test frequency range.

### 7.1.3 Test procedure

#### 7.1.3.1 One-port measurement

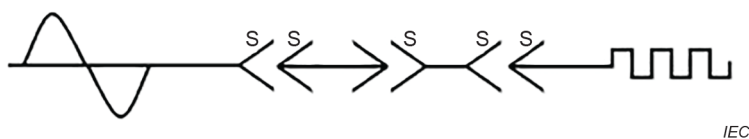
The one-port measurement procedure is as follows.

- a) After the vector network analyser is warmed up, set the measurement frequency range and other related parameters, and then set its test mode to measure the voltage standing wave ratio or return loss or reflection coefficient.
- b) System calibration: use the open, short, load calibration standards separately to calibrate the vector network analyser test system, as shown in Figure 4.



**Figure 4 – System calibration outline**

- c) System calibration with standard test adaptor when needed: when the test port of the vector network analyser cannot directly connect with the test sample, the standard test adaptors are needed. In that case, the standard test adaptors are needed to be inserted in system and calibrated, shown as Figure 5.



**Figure 5 – Outline of system calibration and verification when standard test adaptor is used**

- d) Connect the DUT to the test system as shown in Figure 6 as an example and record the  $S_{11}$  graph. Turn DUT around and test the DUT in other direction and record the other  $S_{11}$  graph.

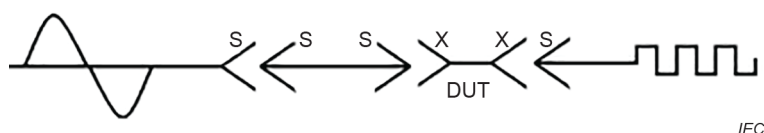


Figure 6 – DUT test outline

### 7.1.3.2 Two-port measurement

The two-port measurement procedure is as follows.

- After the vector network analyser is warmed up, set the measurement frequency range and other related parameters, and then set its test mode to measure the voltage standing wave ratio or return loss or reflection coefficient.
- System calibration: use the open, short, load and straight through calibration standards to calibrate the vector network analyser test system completely or use the electronic calibration to calibrate the vector network analyser test system directly.
- Standard test adaptor calibration and verification when needed: when the test port of the vector network analyser cannot directly connect with the test sample, the standard test adaptors are needed. In that case, the standard test adaptors are needed to be calibrated and verified, shown as Figure 7.

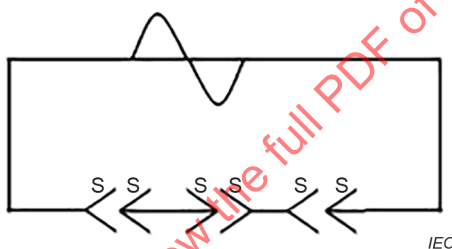


Figure 7 – Standard test adaptor calibration and verification outline

- DUT measurement: connect the DUT to the test system as shown in Figure 8 as an example and record the  $S_{11}$  and  $S_{22}$  graphs.

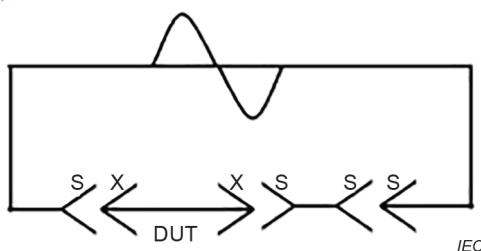
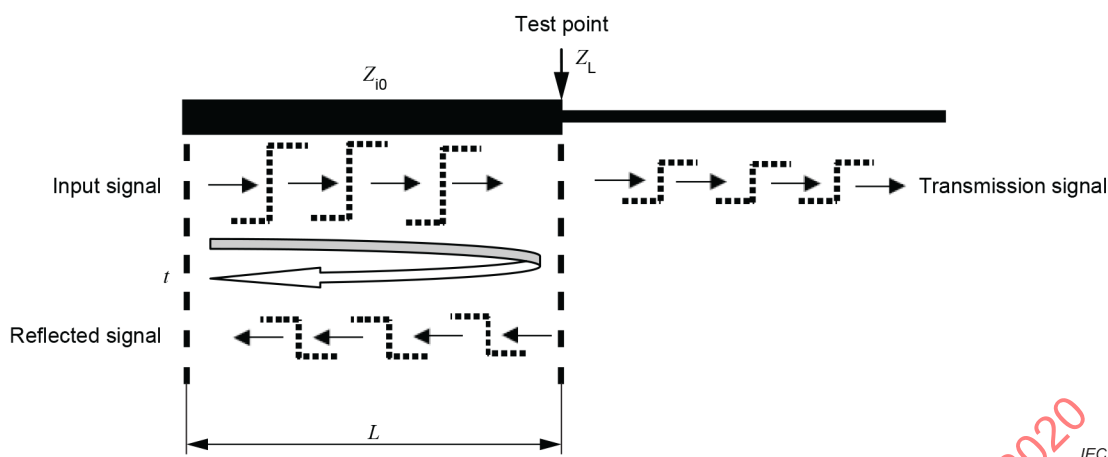


Figure 8 – DUT test arrangement example

## 7.2 Time-domain method

### 7.2.1 Test theory

When a step function signal is sent to DUT and the signal pass through the test point of DUT, part of the energy is reflected. The distance ( $L$ ) from the input end to the test point can be calculated by measuring the total signal traveling time ( $t$ ) as Figure 9. The reflection coefficient of the position can be calculated by measuring the amplitude of the incident signal and the reflected signal, as shown in Figure 9.



**Figure 9 – Principle of time-domain measurement**

The distance  $L$  of the test point can be determined by

$$L = \frac{v \times t}{2} = \frac{c \times t}{2 \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

where

$L$  is the distance of the test point, in m;

$v$  is the propagation velocity, in m/s;

$t$  is the total signal traveling time as in Figure 9, in s;

$c$  is the propagation velocity in free space ( $2,997\,924\,58 \times 10^8$  m/s);

$\epsilon_r$  is the relative permittivity of the dielectric.

The reflection coefficient,  $V_{SWR}$  or the return loss of DUT at the measured points can be obtained through the TDR test system.

### 7.2.2 Equipment

The test equipment is as follows.

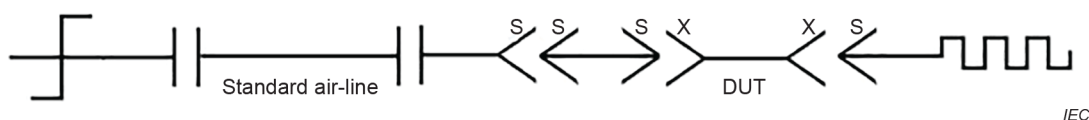
- In TDR measurement system, input and output  $V_{SWR}$  shall be less than  $1,02 + 0,004 f$  ( $f$  in GHz).
- Calibration standards including a standard air-line and a precision load with the same nominal impedance as the cable under test. The frequency range of the calibration standards should cover the entire test frequency range.

### 7.2.3 Test procedure

The test procedure is as follows.

- After the time domain reflectometry is warmed up, set its test mode to measure the reflection coefficient, and convert the rising time of TDR according to the measurement frequency range of the sample.
- The standard air-line shall be connected between the test instrument and the precision load.

- c) Connect the DUT between the standard air-line and load. When it is not possible to connect directly, the standard test adaptor connector needs to be used, as shown in Figure 10 as an example. Set the test range of the test instrument (the range of the gate) to DUT. Then, record the reflection coefficient or  $VSWR$  or return loss-length (time) graph of the DUT.



**Figure 10 – The position of DUT in the system**

### 7.3 Gating

#### 7.3.1 Test principle

The reflection characteristic parameters, such as reflection coefficient, etc., are the function of frequency. They are usually used to measure in frequency domain, and it is best to use a sweep frequency signal generator. But due to the inherent non-uniformity of DUT, the transmission and reflection characteristics vary with the position where the DUT located. In order to measure the transmission and reflection characteristics of the DUT in different locations, the characteristics of the frequency domain can be converted into the time domain characteristics by using the inverse Fourier transformation. Time domain measurement function of a vector network analyser (VNA) can be used to transform the frequency domain characteristics into time domain characteristics, and also the time domain characteristics into frequency domain characteristics.

Using the frequency domain to time domain conversion function of a vector network analyser we can find location of DUT and set gates markers, apply the gate function and measure the reflection characteristics of DUT inside gate interval. This method is usually called gating. Gating may be used to estimate the reflection characteristics of connectors.

#### 7.3.2 Equipment

The test equipment is as follows.

- A vector network analyser (VNA) with time domain and gating function.
- Calibration standards including open, short, load, standard test adapter. The frequency range of the standard parts should cover the entire test frequency range.

#### 7.3.3 Test procedure

The test procedure is as follows.

- Set and calibrate the test system and adapter (when needed) as in 7.1.3.1 a) to c).
- Connect the DUT between the vector network analyser and the load with the correct gender. Convert the vector network analyser into the time domain function.
- Open the DUT at one end, then obtain the maximum value of the reflection and set the gate marker P1 in the maximum reflection point. Reconnect DUT again and open the DUT at another end, then obtain another maximum value of the reflection and set the gate marker P2 in the maximum reflection point. Reconnect DUT again. Set the test scope of the test instrument (the scope of the door) between gate marker P1 and P2.
- Connect the DUT to the test system completely.
- Convert the time domain function of the vector network analyser into the frequency domain function by the function explained above in 7.3.1. Record the  $S_{11}$  graph which is the reflection coefficient of the DUT.

## 8 Failure criterion

The reflection coefficient or voltage standing wave ratio or return loss of the DUT should be in accordance with the relevant standards.

## 9 Information to be given in the relevant specification

The following information shall be given in the relevant standards:

- a) the frequency range to be measured;
- b) the test method;
- c) the test fixture, when used;
- d) verified coaxial standards and its known behaviour;
- e) the applicable cable to be used for cable connector;
- f) measurement requirements;
- g) difference from this test method.

## 10 Test report

The test report should include:

- a) test method;
  - b) environmental conditions;
  - c) the test equipment;
  - d) test fixture when used;
  - e) the DUT number and test frequency range;
  - f) the cable used for cable connector;
  - g) the test results, including test graph, etc.
-

## SOMMAIRE

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                | 15 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                     | 17 |
| 2 Références normatives .....                                                                                     | 17 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                     | 17 |
| 4 Préparation de l'échantillon d'essai (dispositif en essai, DUT) .....                                           | 18 |
| 4.1 Connecteur de câble RF .....                                                                                  | 18 |
| 4.2 Connecteur microruban .....                                                                                   | 19 |
| 4.3 Adaptateur .....                                                                                              | 19 |
| 5 Symboles graphiques typiques .....                                                                              | 19 |
| 6 Condition d'essai .....                                                                                         | 20 |
| 7 Méthodes d'essai .....                                                                                          | 20 |
| 7.1 Méthode dans le domaine fréquentiel .....                                                                     | 20 |
| 7.1.1 Théorie d'essai .....                                                                                       | 20 |
| 7.1.2 Équipement d'essai .....                                                                                    | 21 |
| 7.1.3 Procédure d'essai .....                                                                                     | 21 |
| 7.2 Méthode dans le domaine temporel .....                                                                        | 23 |
| 7.2.1 Théorie d'essai .....                                                                                       | 23 |
| 7.2.2 Équipement .....                                                                                            | 24 |
| 7.2.3 Procédure d'essai .....                                                                                     | 24 |
| 7.3 Portillonnage .....                                                                                           | 25 |
| 7.3.1 Principe d'essai .....                                                                                      | 25 |
| 7.3.2 Équipement .....                                                                                            | 25 |
| 7.3.3 Procédure d'essai .....                                                                                     | 25 |
| 8 Critère de défaillance .....                                                                                    | 25 |
| 9 Informations à fournir dans la spécification applicable .....                                                   | 26 |
| 10 Rapport d'essai .....                                                                                          | 26 |
| Figure 1 – Échantillon d'essai (DUT) assemblage de connecteurs doubles .....                                      | 19 |
| Figure 2 – Illustration de la transmission et de la réflexion du signal dans le DUT .....                         | 20 |
| Figure 3 – Paramètre $S$ représentant les caractéristiques de transmission et de réflexion .....                  | 21 |
| Figure 4 – Schéma de l'étalonnage du système .....                                                                | 22 |
| Figure 5 – Schéma de l'étalonnage et de la vérification du système lorsqu'un adaptateur d'essai est utilisé ..... | 22 |
| Figure 6 – Schéma d'essai du DUT .....                                                                            | 22 |
| Figure 7 – Schéma d'étalonnage et de vérification du raccord d'essai normalisé .....                              | 23 |
| Figure 8 – Exemple de configuration d'essai du DUT .....                                                          | 23 |
| Figure 9 – Principe de mesure du domaine temporel .....                                                           | 23 |
| Figure 10 – Position du DUT dans le système .....                                                                 | 24 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## CONNECTEURS POUR FRÉQUENCES RADIOÉLECTRIQUES –

**Partie 1-4: Méthodes d'essai électriques – Rapport d'ondes stationnaires en tension, affaiblissement de réflexion et coefficient de réflexion**

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 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 61169-1-4 a été établie par le sous-comité 46F: Composants passifs pour hyperfréquences et radio fréquences, du comité d'études 46 de l'IEC: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

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

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 46F/505/FDIS | 46F/510/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 internationale.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61169, publiées sous le titre général *Connecteurs pour fréquences radioélectriques*, 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. A cette date, le document sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61169-1-4:2020

## CONNECTEURS POUR FRÉQUENCES RADIOÉLECTRIQUES –

### Partie 1-4: Méthodes d'essai électriques – Rapport d'ondes stationnaires en tension, affaiblissement de réflexion et coefficient de réflexion

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61169 fournit les méthodes d'essai du rapport d'ondes stationnaires en tension, de l'affaiblissement de réflexion et du coefficient de réflexion des connecteurs RF, y compris la méthode dans le domaine fréquentiel, la méthode dans le domaine temporel et le portillonnage.

Le présent document s'applique aux connecteurs de câble RF, aux connecteurs RF à microruban et aux adaptateurs RF. Elle peut également s'appliquer aux canaux RF des connecteurs à canaux multi-RF et aux connecteurs hybrides.

#### 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 61169-1, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 1: Spécification générique – Exigences générales et méthodes de mesure*

#### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 61169-1, 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

##### coefficient de réflexion

rapport de l'amplitude d'onde complexe normalisée de l'onde réfléchie sur celle de l'onde incidente sur un port ou une section transversale d'une ligne de transmission, exprimé comme suit:

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (1)$$

où

$\Gamma$  est le coefficient de réflexion en nombre complexe;

$V_i$  est la tension incidente en nombre complexe;

$V_r$  est la tension de réflexion en nombre complexe;

$Z_0$  est l'impédance caractéristique d'une ligne de transmission;

$Z_L$  est l'impédance de sortie en nombre complexe.

### 3.2

#### rapport d'ondes stationnaires en tension

##### *VSWR*

rapport, sur une ligne de transmission, d'une tension maximale sur une amplitude minimale adjacente de la tension d'une onde stationnaire, exprimé comme suit:

$$VSWR = \frac{|V_{\max}|}{|V_{\min}|} = \frac{|V_i + V_r|}{|V_i - V_r|} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2)$$

où

*VSWR* est le rapport d'ondes stationnaires en tension;

$V_{\max}$  est l'amplitude maximale de la tension;

$V_{\min}$  est l'amplitude minimale de la tension;

$V_i$  est la tension incidente;

$V_r$  est la tension de réflexion;

$\Gamma$  est le coefficient de réflexion en nombre complexe.

Note 1 à l'article: L'abréviation "*VSWR*" est dérivée du terme anglais développé correspondant "*voltage standing wave ratio*".

### 3.3

#### affaiblissement de réflexion

##### *RL*

rapport de la puissance de l'onde réfléchie sur celle de l'onde incidente à un port ou une section transversale spécifié(e) d'une ligne de transmission, exprimé comme suit:

$$RL = -10 \log_{10} \frac{P_r}{P_i} = -20 \log_{10} |\Gamma| \quad (3)$$

où

*RL* est l'affaiblissement de réflexion;

$P_i$  est la puissance de l'onde incidente;

$P_r$  est la puissance de l'onde réfléchie;

$\Gamma$  est le coefficient de réflexion en nombre complexe.

## 4 Préparation de l'échantillon d'essai (dispositif en essai, DUT)

### 4.1 Connecteur de câble RF

Utiliser deux connecteurs de câble en essai pour fabriquer un assemblage de connecteurs doubles qui constituent alors un échantillon d'essai (DUT), en connectant une section du câble uniforme présélectionné d'une impédance caractéristique exacte ou un câble simulé conçu comme ligne à air coaxiale, comme le représente la Figure 1, avec les exigences suivantes:

- La longueur  $l$  du câble ou du câble simulé doit avoir au moins deux nœuds d'ondes dans la plage de fréquences soumise à l'essai. C'est-à-dire:

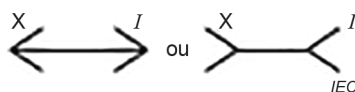
$$I > \frac{v}{2(f_2 - f_1)} \quad (4)$$

où

$v$  est la vitesse de l'onde dans le câble ou câble simulé;

$f_1$  et  $f_2$  sont la fréquence minimale et la fréquence maximale respectivement soumises à l'essai dans le domaine de fréquences soumis à l'essai.

- b) Il convient que le rapport entre le diamètre du conducteur interne et celui du conducteur externe du câble simulé utilise, dans la mesure du possible, la valeur typique et soit adapté au connecteur en essai. La longueur axiale du conducteur interne dépend de la longueur électrique, il convient donc que l'exactitude de sa structure et de ses dimensions soit sans mouvement axial.



**Figure 1 – Échantillon d'essai (DUT) assemblage de connecteurs doubles**

## 4.2 Connecteur microruban

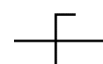
Le connecteur microruban doit être soumis à l'essai en utilisant un montage d'essai approprié sur l'extrémité du microruban, et il convient de considérer l'ensemble connecteur microruban et montage d'essai comme l'échantillon d'essai (DUT). Il convient de décrire le montage d'essai dans la spécification appropriée.

## 4.3 Adaptateur

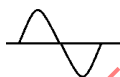
Un adaptateur doit être soumis à l'essai lorsqu'il peut être connecté directement au système d'essai. Sinon, il doit être connecté au système d'essai par l'intermédiaire d'un adaptateur d'essai normalisé.

## 5 Symboles graphiques typiques

Les symboles graphiques typiques utilisés sont les suivants:



Matériel de réflectométrie dans le domaine temporel



Analyseur de réseau vectoriel dans le domaine fréquentiel



Connecteurs hermaphrodites de précision accouplés



Ligne à air normalisée



Terminaison de précision



Court-circuit



Ouvert



Interface du connecteur d'essai normalisé

|                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\begin{array}{c} x \\ \swarrow \searrow \\ \longrightarrow \end{array}$ ou $\begin{array}{c} x \\ \swarrow \searrow \\ \longrightarrow \end{array}$ ou $\begin{array}{c} x \\ \swarrow \searrow \\ \longrightarrow \end{array}$ | <p>Interface du connecteur en essai</p> <p>→ interface de la broche, &lt; interface de l'embase</p> |
| $\begin{array}{c} s \\ \longrightarrow \end{array}$ ou $\begin{array}{c} s \\ \longrightarrow \end{array}$                                                                                                                       | <p>Adaptateur entre l'interface hermaphrodite et le connecteur d'essai normalisé</p>                |
| $\longrightarrow$                                                                                                                                                                                                                | <p>Interface du connecteur à broche</p>                                                             |
| $<$                                                                                                                                                                                                                              | <p>Interface du connecteur embase</p>                                                               |
| $\begin{array}{c}   \\ \longrightarrow \end{array}$                                                                                                                                                                              | <p>Interface du connecteur hermaphrodite</p>                                                        |

## 6 Condition d'essai

L'essai doit être réalisé dans des conditions de température ambiante, ou comme cela est décrit dans la spécification appropriée.

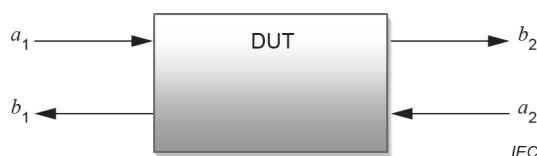
## 7 Méthodes d'essai

### 7.1 Méthode dans le domaine fréquentiel

#### 7.1.1 Théorie d'essai

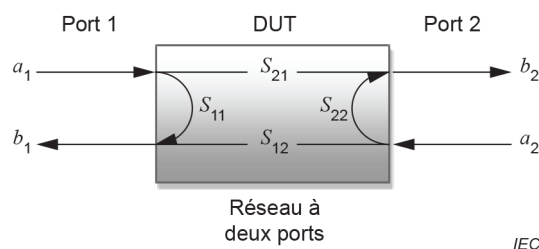
Aux basses fréquences, la longueur physique de l'échantillon d'essai est inférieure à  $\lambda/10$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde, et les valeurs d'essai de la tension/du courant de l'échantillon d'essai ne dépendent pas de la position de l'essai. Aux fréquences élevées, la longueur physique de l'échantillon d'essai est supérieure à  $\lambda/10$ , et l'impédance caractéristique reflète ses caractéristiques de transmission. Les valeurs de tension/courant diffèrent selon les positions.

Par hypothèse, l'effet du blindage de l'échantillon d'essai est assez efficace sans interférence provenant de l'extérieur et sans fuite de signal. Le signal d'entrée  $a_1$  de l'échantillon d'essai transmet une partie du signal  $b_2$  à la charge, ainsi qu'une portion du signal  $b_1$ .  $a_2$  est réfléchi au port d'entrée 1 et au port de charge de sortie 2 respectivement, comme le représente la Figure 2.



**Figure 2 – Illustration de la transmission et de la réflexion du signal dans le DUT**

Les caractéristiques de transmission et de réflexion du signal dans l'échantillon d'essai peuvent être représentées par le paramètre  $S$  de la Figure 3.



**Figure 3 – Paramètre  $S$  représentant les caractéristiques de transmission et de réflexion**

La définition du paramètre  $S$  repose sur les tensions de signal qui sont des vecteurs, où:

$$b_1 = a_1 S_{11} + a_2 S_{12}$$

$$b_2 = a_1 S_{21} + a_2 S_{22}$$

Lorsque l'échantillon d'essai se termine sur une charge de précision,  $a_2 = 0$  et le coefficient de réflexion d'entrée peuvent être calculés comme dans la formule suivante:

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1}$$

L'analyseur de réseau vectoriel repose sur les principes énoncés ci-dessus afin de mesurer les paramètres  $S$  du connecteur, du câble et des assemblages de câbles. Ces paramètres  $S$  reflètent les caractéristiques de transmission et de réflexion du connecteur, du câble et des assemblages de câbles dans le domaine fréquentiel.

En raison de l'inhomogénéité et des erreurs de fabrication de la structure interne du connecteur, il est nécessaire de soumettre à l'essai les caractéristiques de l'échantillon d'essai dans deux directions.

### 7.1.2 Équipement d'essai

L'équipement d'essai se compose comme suit.

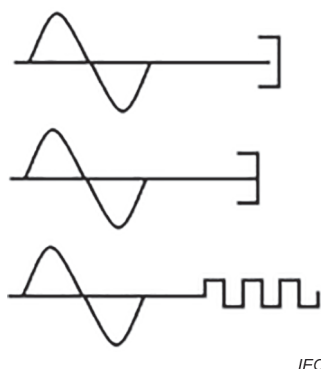
- Un analyseur de réseau vectoriel (VNA – *vector network analyser*).
- Des étalons comprenant l'adaptateur d'essai normalisé en circuit ouvert, court-circuit, charge; l'étalonnage électronique peut également être utilisé. Il convient que la plage de fréquences des parties de la norme couvre la plage entière des fréquences d'essai.

### 7.1.3 Procédure d'essai

#### 7.1.3.1 Mesurage à un port

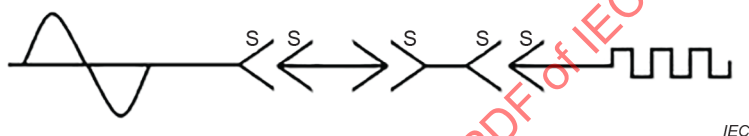
La procédure de mesure à un port est la suivante.

- Après l'échauffement de l'analyseur de réseau vectoriel, régler la plage des fréquences de mesure et les autres paramètres associés, puis régler le mode d'essai afin de mesurer le rapport d'ondes stationnaires en tension, l'affaiblissement de réflexion ou le coefficient de réflexion.
- Étalonnage du système: utiliser les étalons circuit ouvert, court-circuit, charge séparément afin d'étalonner le système d'essai de l'analyseur de réseau vectoriel, comme le représente la Figure 4:



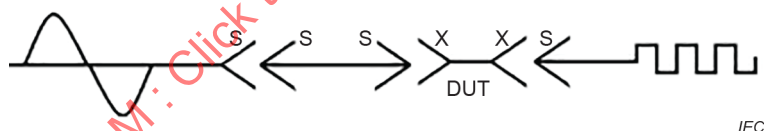
**Figure 4 – Schéma de l'étalonnage du système**

- c) Étalonnage du système avec raccord d'essai normalisé si nécessaire: lorsque le port d'essai de l'analyseur de réseau vectoriel ne peut pas se connecter directement à l'échantillon d'essai, des raccords d'essai normalisés sont nécessaires. Dans ce cas, il est nécessaire d'insérer les raccords d'essai normalisés dans le système et de les étalonner, comme le représente la Figure 5:



**Figure 5 – Schéma de l'étalonnage et de la vérification du système lorsqu'un adaptateur d'essai est utilisé**

- d) Connecter le DUT au système d'essai comme l'exemple donné à la Figure 6 et enregistrer le graphique  $S_{11}$ . Retourner le DUT pour le soumettre à l'essai dans une autre direction, et enregistrer le nouveau graphique  $S_{11}$ .



**Figure 6 – Schéma d'essai du DUT**

### 7.1.3.2 Mesurage à deux ports

La procédure de mesure à deux ports est la suivante.

- Après l'échauffement de l'analyseur de réseau vectoriel, régler la plage des fréquences de mesure et les autres paramètres associés, puis régler le mode d'essai afin de mesurer le rapport d'ondes stationnaires en tension, l'affaiblissement de réflexion ou le coefficient de réflexion.
- Étalonnage du système: utiliser les étalons circuit ouvert, court-circuit, charge et droit afin d'étalonner complètement le système d'essai de l'analyseur de réseau vectoriel ou utiliser l'étalonnage électronique pour étalonner directement le système d'essai de l'analyseur de réseau vectoriel.
- Étalonnage et vérification du raccord d'essai normalisé si nécessaire: lorsque le port d'essai de l'analyseur de réseau vectoriel ne peut pas se connecter directement à l'échantillon d'essai, des raccords d'essai normalisés sont nécessaires. Dans ce cas, il est nécessaire d'étalonner et de vérifier les raccords d'essai normalisés, comme le représente la Figure 7.