

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –
Part 41: RF MEMS circulators and isolators**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 41: Circulateurs et isolateurs à MEMS RF**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-41:2021



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices –
Part 41: RF MEMS circulators and isolators**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 41: Circulateurs et isolateurs à MEMS RF**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-9886-2

**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.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
3.1 General terms	8
3.2 RF characteristics parameters	8
4 Essential ratings and characteristics.....	9
4.1 Identification and types	9
4.2 Application and specification description.....	9
4.3 Limiting values and operating conditions.....	10
4.4 RF characteristics	10
4.5 Reliability characteristics	10
4.6 Additional information	11
5 Measuring methods	11
5.1 General.....	11
5.1.1 General precautions	11
5.1.2 Characteristic impedance	11
5.1.3 Measurement procedure	11
5.1.4 Handling precautions	12
5.2 Insertion loss (L_{ins})	12
5.2.1 Purpose.....	12
5.2.2 Circuit diagram	12
5.2.3 Principle of measurement.....	15
5.2.4 Precautions to be observed	15
5.2.5 Measurement procedure	15
5.2.6 Specified conditions.....	16
5.3 Isolation (L_{iso})	17
5.3.1 Purpose.....	17
5.3.2 Circuit diagram	17
5.3.3 Principle of measurement	17
5.3.4 Precautions to be observed	18
5.3.5 Measurement procedure	18
5.3.6 Specified conditions.....	19
5.4 Return loss (L_{ret}).....	19
5.4.1 Purpose.....	19
5.4.2 Circuit diagram	19
5.4.3 Principle of measurement	19
5.4.4 Precautions to be observed	20
5.4.5 Measurement procedure	20
5.4.6 Specified conditions.....	21
5.5 Voltage standing wave ratio ($VSWR$) (optional)	21
5.5.1 Purpose.....	21
5.5.2 Circuit diagram	21
5.5.3 Principle of measurement	21
5.5.4 Precautions to be observed	22
5.5.5 Measurement procedure	22

5.5.6	Specified conditions.....	23
5.6	Input impedance (Z_{in}) (optional).....	23
5.6.1	Purpose.....	23
5.6.2	Circuit diagram.....	23
5.6.3	Principle of measurement.....	23
5.6.4	Precautions to be observed.....	24
5.6.5	Measurement procedure.....	24
5.6.6	Specified conditions.....	25
5.7	Magnetic leakage (optional).....	25
5.7.1	Purpose.....	25
5.7.2	System diagram.....	25
5.7.3	Principle of measurement.....	26
5.7.4	Precautions to be observed.....	26
5.7.5	Measurement procedure.....	26
5.7.6	Specified conditions.....	26
6	Reliability (performance) test.....	26
6.1	General.....	26
6.2	Power handling capability.....	27
6.3	Life time.....	27
6.4	Operating temperature.....	27
6.5	Shock testing.....	27
6.6	Vibration testing.....	28
6.7	Bond/Solder shear testing.....	28
Annex A (informative)	General description of circulators and isolators.....	29
Bibliography		32
Figure 1	Terminals of RF MEMS circulators.....	9
Figure 2	RF MEMS isolator with terminated load.....	9
Figure 3	Measurement procedure of RF MEMS circulators/isolators.....	11
Figure 4	Measuring circuit diagram of the circulator with 4-port network analysers.....	13
Figure 5	Measuring circuit diagram of the isolator with 4-port network analysers.....	13
Figure 6	Measuring circuit diagram of the circulator with 2-port network analysers.....	14
Figure 7	Measuring circuit diagram of the isolator with 2-port network analysers.....	14
Figure 8	Insertion loss of the RF MEMS circulator/isolator.....	15
Figure 9	Isolation of the RF MEMS circulator/isolator.....	17
Figure 10	Return loss of the RF MEMS circulator/isolator.....	20
Figure 11	Smith Chart plot of input impedance of RF MEMS circulators/isolators.....	24
Figure 12	Near-field scanning measurement system.....	26
Figure 13	Block diagram of a test setup for evaluating the reliability of the RF MEMS circulator.....	27
Figure A.1	Signal transmission in circulators.....	29
Figure A.2	Signal transmission in isolators.....	30
Figure A.3	Typical structure of RF MEMS circulators/isolators.....	30
Figure A.4	Typical RF MEMS circulators/ isolators.....	31

Table 1 – Limiting values and operating conditions	10
Table 2 – RF characteristics	10
Table 3 – Reliability characteristics	10

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-41:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –****Part 41: RF MEMS circulators and isolators****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.

IEC 62047-41 has been prepared by subcommittee 47F: Micro electro-mechanical systems, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices. It is an International Standard.

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

FDIS	Report on voting
47F/376/FDIS	47F/380/RVD

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

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

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

A list of all parts in the IEC 62047 series, published under the general title *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices*, can be found on the IEC website.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-41:2021

SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

Part 41: RF MEMS circulators and isolators

1 Scope

This part of IEC 62047 specifies the terminology, essential ratings and characteristics, and measuring methods of RF (Radio Frequency) MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) circulators and isolators.

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 60747-1:2010, *Semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 60749-10, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 10: Mechanical shock*

IEC 60749-12, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 12: Vibration, variable frequency*

IEC 60749-21, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 21: Solderability*

IEC 60749-22, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 22: Bond strength*

IEC 62047-1, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 1: Terms and definitions*

IEC TS 61967-3, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions – Part 3: Measurement of radiated emissions – Surface scan method*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62047-1 and the following apply.

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

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

3.1 General terms

3.1.1

circulator

three-port device in which the incident wave to any port is transmitted to the next port according to an order of sequence determined by the sense of a static magnetic biasing field

Note 1 to entry: By reversing the magnetic biasing field, the order of sequence is reversed.

Note 2 to entry: This property may be used to switch electromagnetic waves.

[SOURCE: IEC 60050-726:1982, 726-17-08, modified – The word “multiport” is replaced by “three-port”]

3.1.2

isolator

two-port device having much greater attenuation in one direction of propagation than in the opposite direction

[SOURCE: IEC 60050-726:1982, 726-17-19]

3.2 RF characteristics parameters

3.2.1

insertion loss

L_{ins}

resulting from the insertion of a network into a transmission system, the ratio of the power delivered to that part of the system following the network, before insertion of the network, to the power delivered to that same part after insertion of the network

Note 1 to entry: The insertion loss is generally expressed in decibels.

[SOURCE: IEC 60050-726:1982, 726-06-07]

3.2.2

isolation

L_{iso}

amplitude of the power attenuation, in the reverse direction of signal transmitted

3.2.3

return loss

L_{ret}

ratio of the incident power at the specified port to the reflected power at the same port

Note 1 to entry: Usually the return loss is expressed in decibels.

[SOURCE: IEC 60747-16-4:2004, 3.3 modified – “in the linear region”, “ ΔP_{ref} (dBm) = ΔP_{inc} (dBm)” and “of the power transfer curve” are deleted.]

3.2.4

magnetic leakage

B_{leak}

maximum spatial field intensity of a RF MEMS circulator/isolator

4 Essential ratings and characteristics

4.1 Identification and types

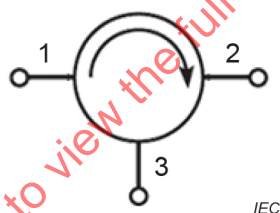
General description of the function of the RF MEMS circulator/isolator and their applications should be stated. The statement should include the details of manufacturing technologies about the RF MEMS circulator/isolator with different operation, configuration, and actuation mechanism. The statement should also include packaged form including terminal numbering and package materials.

The RF MEMS circulator/isolator shall be clearly and durably marked in the order given below:

- a) manufacture's name or trade mark;
- b) device type and serial number;
- c) year and week (or month) of manufacture;
- d) terminal identification (optional);
- e) factory identification code (optional).

4.2 Application and specification description

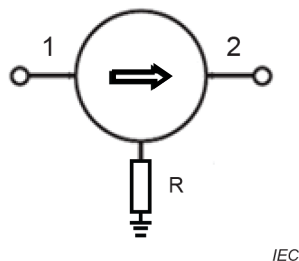
Information on application of the RF MEMS circulator/isolator shall be given. Block diagrams of the RF MEMS circulator/isolator and the applied systems should be also given. All terminals should be identified in the block diagram and their functions shall also be stated. See Figure 1 and Figure 2.



Key

- 1 terminal 1
- 2 terminal 2
- 3 terminal 3

Figure 1 – Terminals of RF MEMS circulators



Key

- 1 terminal 1
- 2 terminal 2
- R terminated load

Figure 2 – RF MEMS isolator with terminated load

4.3 Limiting values and operating conditions

This statement should include limiting conditions and values. In particular, electrical limiting values (input power, handling power, power dissipation, etc.) and temperature conditions (operating, ambient, storage, and soldering) shall be given in the statement. These values are indicated within Table 1.

Table 1 – Limiting values and operating conditions

Parameters	Symbol	Unit	Min.	Max.
power handling capability	$P_{\max}$	W		+
operating temperature	T_{op}	°C	+	+
soldering temperature	T_{sol}	°C		+
storage temperature	T_{stg}	°C	+	+

4.4 RF characteristics

RF characteristic parameters shall be stated with minimum (Min.), typical (Typ.), and maximum (Max.) values as shown in Table 2.

Table 2 – RF characteristics

Parameters	Symbol	Unit	Min.	Typ.	Max.
insertion loss	L_{ins}	dB		+	+
isolation	L_{iso}	dB	+	+	
return loss	L_{ret}	dB		+	+
center frequency	f_{center}	GHz		+	
VSWR(optional)	VSWR			+	
impedance (optional)	R	Ω		+	
magnetic leakage (optional)	B_{leak}	A/m			+

4.5 Reliability characteristics

Any specific mechanical characteristics and environmental ratings applicable shall be stated. The characteristics shall be stated with their symbol, unit, minimum (Min), typical (Typ.), and maximum (Max.) values as shown in Table 3.

Table 3 – Reliability characteristics

Parameters	Symbol	Unit	Min.	Typ.	Max.
Power handling capability	$P_{\max}$	W			+
Life time	t_{life}	h	+		
Shock	A_{shock}	g	+		
Vibration	$A_{\text{vibration}}$	m/s ²	+		
Bond/Solder Shear Strength	P_{w}	MPa	+		

4.6 Additional information

Some additional information should be given such as handling precautions, physical information (e.g. outline dimensions, terminals, accessories, etc.), package information, printed circuit board interface and mounting information, and other information, etc.

5 Measuring methods

5.1 General

5.1.1 General precautions

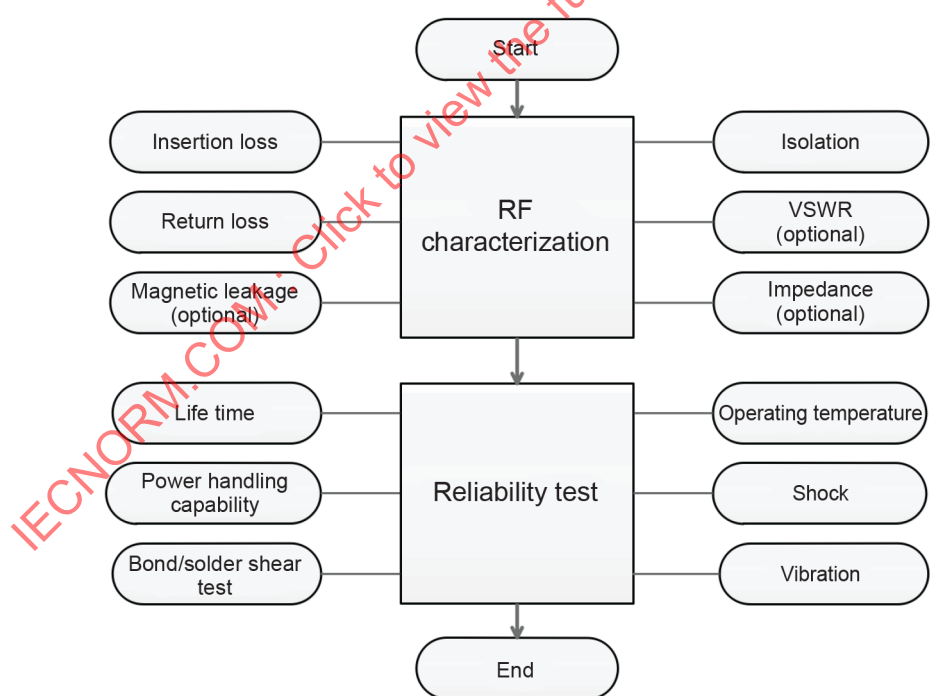
The measurement accuracy, protection of devices and measuring equipment and accuracy of measuring circuits listed in 6.3, 6.4 and 6.6 of IEC 60747-1:2010 shall be applied. Although the level of the signal can be specified in either power or voltage, in this document it is expressed in power unless otherwise specified.

5.1.2 Characteristic impedance

The characteristic impedance of the measurement system, as shown in all the circuits of this document, is 50 Ω . If it is not 50 Ω , it shall be specified.

5.1.3 Measurement procedure

Generally, the test procedures for RF characteristics and reliability of the RF MEMS circulator/isolator are performed as shown in Figure 3.



IEC

NOTE The RF MEMS circulator/isolator can be measured as shown in Figure 3. After mounting the circulator/isolator devices onto test fixture, RF characteristics are measured by using a network analyser or other equivalent test equipment. If the measurements are satisfactory, reliability tests (life time, shock, vibration, bond/solder shear test, etc.) are performed for commercially use.

Figure 3 – Measurement procedure of RF MEMS circulators/isolators

5.1.4 Handling precautions

The RF MEMS circulator/isolator devices in this document are chip types or packaged device types. Before measurement, the devices should be suitably packaged and mounted on a test fixture and measured by using a vector network analyser.

Since the impedance of the network analyser is usually $50\ \Omega$, the termination condition between the RF MEMS circulator/isolator and the equipment should be considered carefully.

Before connecting the RF MEMS circulator/isolator to the test fixture, the network analyser, cable, and connectors should be calibrated. The full 2-port calibration technique is effective to compensate the system errors (i.e. presenting open-circuit impedance, short-circuit impedance, through standards at the ends of test cable connectors, $50\ \Omega$ load impedance, and storing the measured values for correction of the RF MEMS circulator/isolator measurement).

After calibration, connect the test cable with the circulator/isolator test fixture with $50\ \Omega$ connectors. The reading of S-parameter on the display of the network analyser is taken. A reflection coefficient S_{11} and a transmission coefficient S_{21} of 2-port S-parameters are translated into reflection attenuation and insertion attenuation, respectively.

If a different frequency range is required, the entire calibration sequence shall be repeated.

5.2 Insertion loss (L_{ins})

5.2.1 Purpose

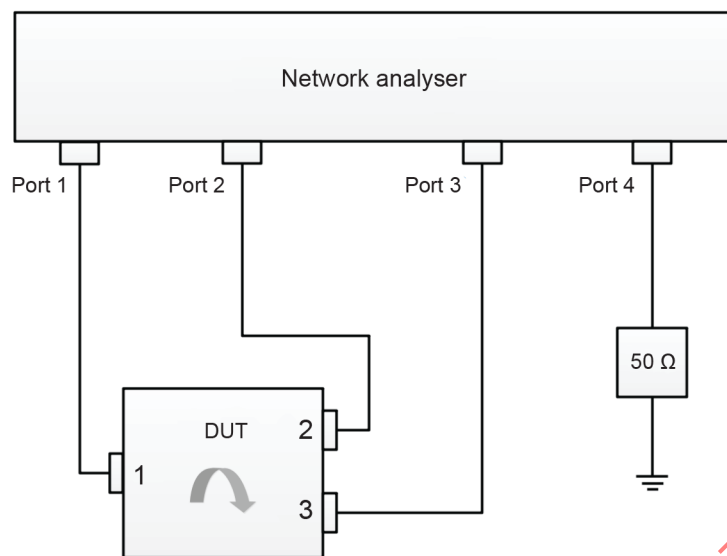
To measure the insertion loss under specified conditions.

5.2.2 Circuit diagram

Measuring methods should be selected properly according to the network analyser, which may provide two or more ports for testing.

a) Method A): with the 4-port network analyser:

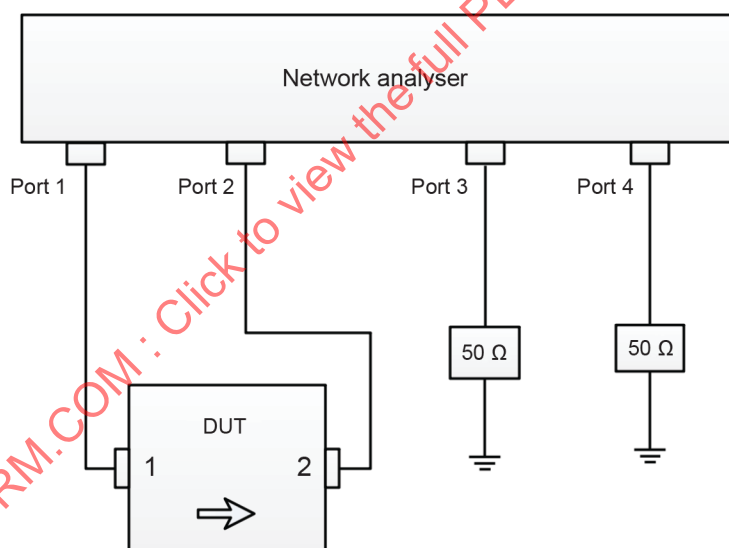
- 1) The measuring circuit diagram for the insertion loss measurements of the circulator is shown in Figure 4. The circulator is a 3-port device, taking the 4-port network analyser. And the fourth port of the network analyser should be properly terminated during testing.



NOTE Other equivalent test equipment can be used instead of the network analyser.

Figure 4 – Measuring circuit diagram of the circulator with 4-port network analysers

- 2) The measuring diagram for the insertion loss measurements of the isolator is shown in Figure 5. The isolator is a 2-port device, just taking 2 ports of the network analyser.

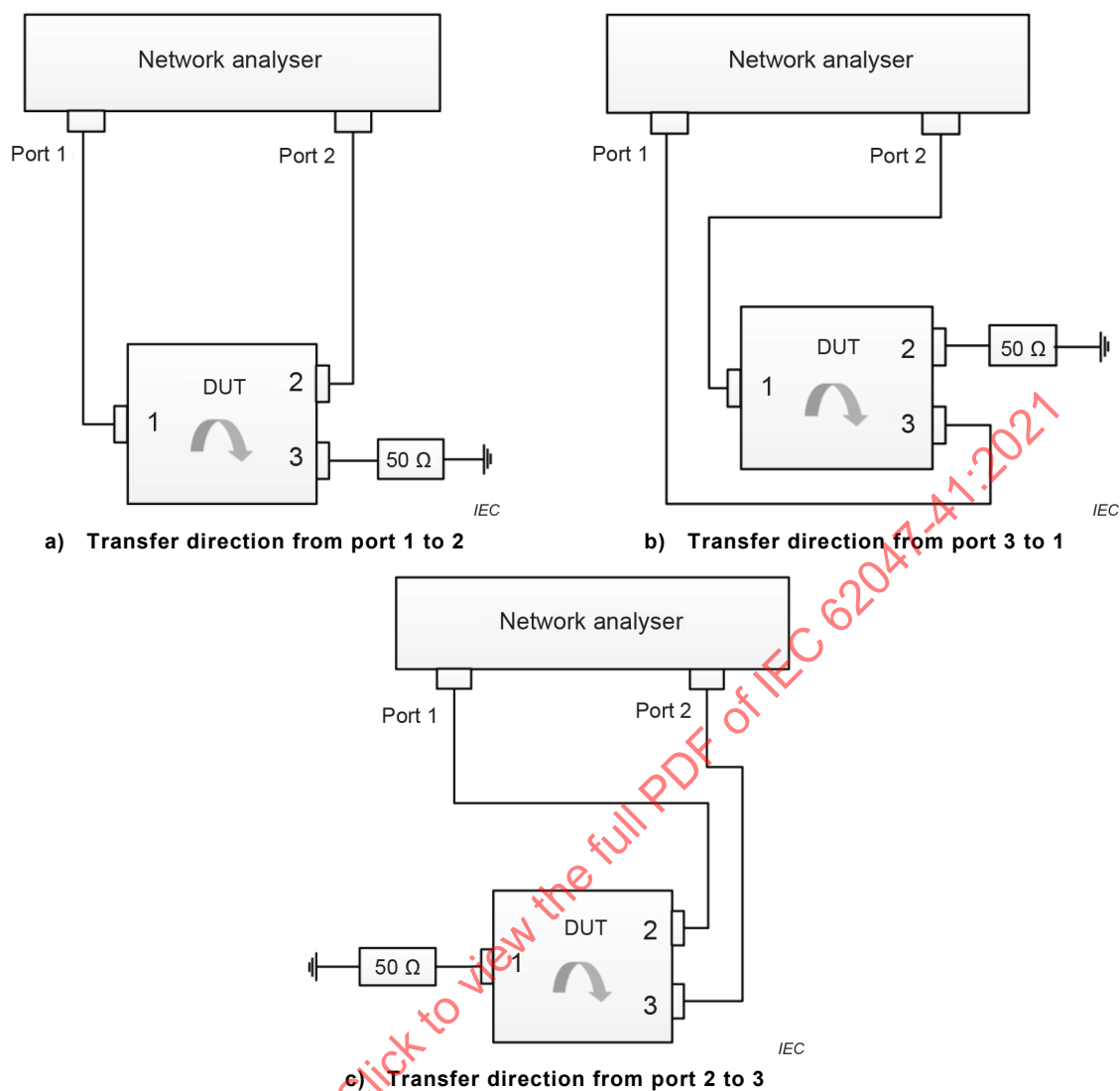


NOTE Other equivalent test equipment can be used instead of the network analyser.

Figure 5 – Measuring circuit diagram of the isolator with 4-port network analysers

- b) Method B): with the 2-port network analyser

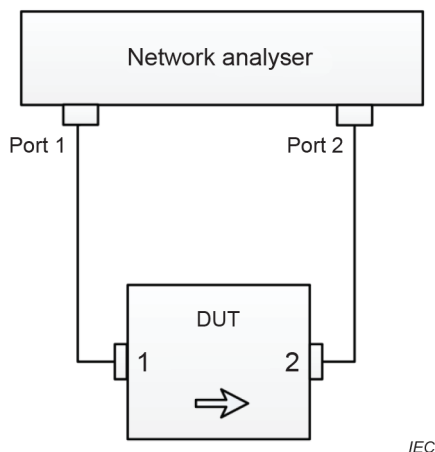
- 1) The measuring circuit diagram for the insertion loss measurements of the circulator is shown in Figure 6. The cables should be connected differently, which is consistent with the transfer direction of devices. As the circulator is a 3-port device, the spared port of the circulator should be properly terminated during testing.



NOTE Other equivalent test equipment can be used instead of the network analyser.

Figure 6 – Measuring circuit diagram of the circulator with 2-port network analysers

- 2) The measuring diagram for the insertion loss measurements of the isolator is shown in Figure 7. The isolator is a 2-port device, so just taking 2-port of the network analyser.



NOTE Other equivalent test equipment can be used instead of the network analyser.

Figure 7 – Measuring circuit diagram of the isolator with 2-port network analysers

5.2.3 Principle of measurement

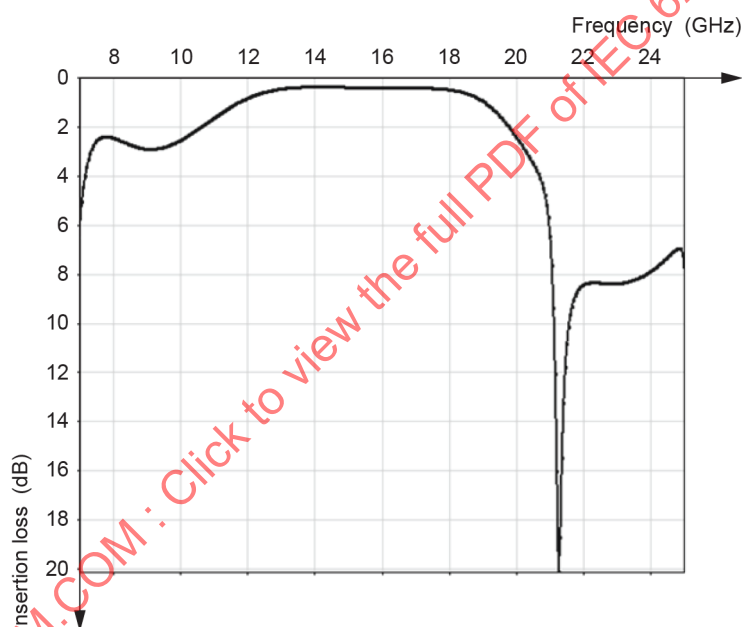
When the incident power is applied to the input port of the circulator/isolator, it is a measured ratio, in the transfer direction, of the transmitted power to the output port and the incident power. The insertion loss of the circulator/isolator is obtained from the measured S-parameter. The insertion loss is normally expressed in decibels (dB) and obtained by Formulas (1) to (3).

$$L_{\text{ins}(21)} = -20\log(|S_{21}|) \quad (1)$$

$$L_{\text{ins}(32)} = -20\log(|S_{32}|) \quad (2)$$

$$L_{\text{ins}(13)} = -20\log(|S_{13}|) \quad (3)$$

As shown in Figure 6, the circulator, 3-port device, possess three parameters of the insertion loss: $L_{\text{ins}(21)}$, $L_{\text{ins}(32)}$, $L_{\text{ins}(13)}$. As shown in Figure 7, the isolator, 2-port device, possess only one parameter of the insertion loss, $L_{\text{ins}(21)}$. Figure 8 shows the graphical shape of the measured insertion loss.



IEC

Figure 8 – Insertion loss of the RF MEMS circulator/isolator

5.2.4 Precautions to be observed

Insertion loss L_{ins} shall be measured without the influence at the input and output ports.

5.2.5 Measurement procedure

5.2.5.1 Method A): with the 4-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- The test fixture, the network analyser, cable, and connectors should be calibrated before perform measurement;
- The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with 50Ω connectors. For circulators, connected as shown in Figure 4; for isolators, connected as shown in Figure 5;

- d) The network analyser should be pre-set and set up to the standard S-parameters measurement class, where selecting the transmission measurements (S_{21} , S_{32} and S_{13}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using “Log Mag” display format.
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read the S-parameter (S_{21} , S_{32} and S_{13}) values. Each parameter values at each frequency point are the insertion loss: $L_{ins(21)} = S_{21}$, $L_{ins(32)} = S_{32}$ and $L_{ins(13)} = S_{13}$.

5.2.5.2 Method B): with the 2-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- a) The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- b) The test fixture, the network analyser, cable, and connectors should be calibrated before performing measurement;
- c) The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with 50 Ω connectors. For circulators, connected as shown in Figure 6 a); for isolators, connected as shown in Figure 7;
- d) The network analyser should be pre-set and set up to the standard S-parameters measurement class, where selecting the transmission measurements (S_{21}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using “Log Mag” display format.
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read the S-parameter (S_{21}) values. Each parameter values at each frequency point are the insertion loss: $L_{ins(21)} = S_{u-}$.
- f) Measuring insertion loss $L_{ins(13)}$:

The circulator should be connected as shown in Figure 6 b). Repeating procedures d) to e), each parameter values of S_{21} at each frequency point are the insertion loss: $L_{ins(13)} = S_{21}$.

- g) Measuring insertion loss $L_{ins(32)}$:

The circulator should be connected as shown in Figure 6 c). Repeating procedures d) and e), each parameter values of S_{21} at each frequency point are the insertion loss: $L_{ins(32)} = S_{21}$.

5.2.6 Specified conditions

The specified conditions are as follows:

- a) frequency range;
- b) input power level.

5.3 Isolation (L_{iso})

5.3.1 Purpose

To measure the isolation under specified conditions.

5.3.2 Circuit diagram

With 4-port network analysers, the measuring circuit diagram of the isolation measurement of circulators is shown in Figure 4, and the measuring circuit diagram of the isolation measurement of isolators is shown in Figure 5.

With 2-port network analysers, the measuring circuit diagram of the isolation measurement of circulators is shown in Figure 6, and the measuring circuit diagram of the isolation measurement of isolators is shown in Figure 7.

5.3.3 Principle of measurement

When the incident power is applied to the circulator/isolator, the amplitude of the power attenuation, in the reverse direction of signal transmitted, is treated as the isolation. The isolation of the circulator/isolator is obtained from the measured S-parameter. The isolation is normally expressed in decibels (dB) and obtained by Formulas (4) to (6).

$$L_{iso(12)} = -20\log(|S_{12}|) \quad (4)$$

$$L_{iso(23)} = -20\log(|S_{23}|) \quad (5)$$

$$L_{iso(31)} = -20\log(|S_{31}|) \quad (6)$$

As shown in Figure 6, the circulator, 3-port device, possess three parameters of the isolation: $L_{iso(12)}$, $L_{iso(23)}$, $L_{iso(31)}$. As shown in Figure 7, the isolator, 2-port device, possess only one parameter of the isolation, $L_{iso(12)}$. Figure 9 shows the graphical shape of the measured isolation.

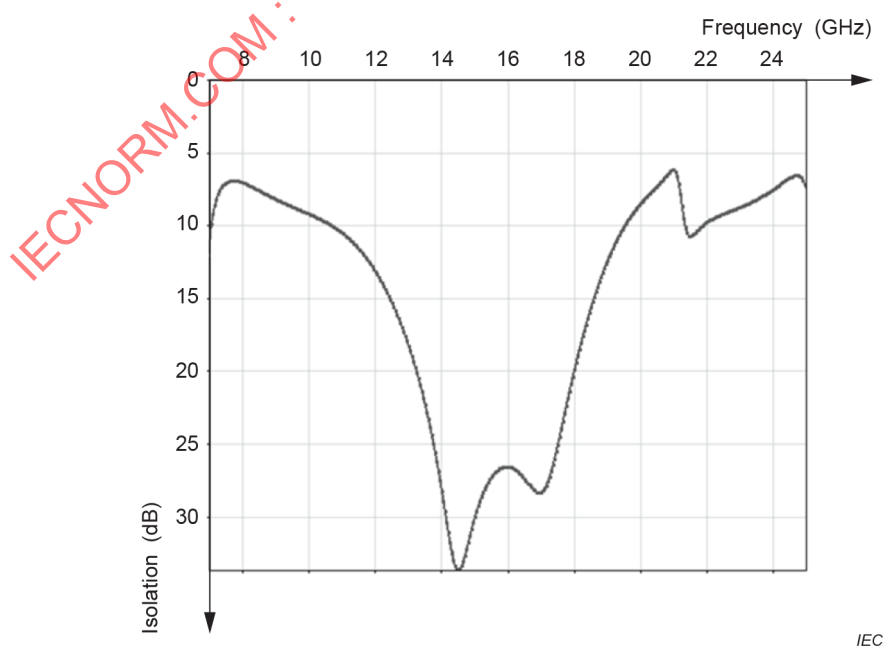


Figure 9 – Isolation of the RF MEMS circulator/isolator

5.3.4 Precautions to be observed

Isolation L_{iso} shall be measured without the influence at the input and output ports.

5.3.5 Measurement procedure

5.3.5.1 Method A): with the 4-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- a) The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- b) The test fixture, network analyser, cable and connectors should be calibrated before measurement;
- c) The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with $50\ \Omega$ connectors. For circulators, connected as Figure 4; for isolators, connected as Figure 5;
- d) The network analyser should be pre-set and set to the standard S-parameters measurement class, where selecting the transmission measurements (S_{12} , S_{31} , and S_{23}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using “Log Mag” display format.
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read the S-parameter (S_{12} , S_{23} , and S_{31}) values. Each parameter values at each frequency point are the isolation: $L_{iso(12)} = S_{12}$, $L_{iso(23)} = S_{23}$ and $L_{iso(31)} = S_{31}$.

5.3.5.2 Method B): with the 2-port network analyser, the measurement procedures are as follow:

- a) The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- b) The test fixture, network analyser, cable and connectors should be calibrated before measurement;
- c) The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with $50\ \Omega$ connectors. For circulators, connected as Figure 6 a); for isolators, connected as Figure 7;
- d) The network analyser should be pre-set and set to the standard S-parameters measurement class, where selecting the transmission measurements (S_{12}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using “Log Mag” display format.
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read the S-parameter (S_{12}) values. Each parameter values at each frequency point are the isolation: $L_{iso(12)} = S_{12}$;

f) Measuring isolation $L_{\text{iso}(31)}$:

The circulator should be connected as shown in Figure 6 b). Repeating procedures d) to e), each parameter values of S_{12} at each frequency point are the isolation of: $L_{\text{iso}(31)} = S_{12}$.

g) Measuring isolation $L_{\text{iso}(23)}$:

The circulator should be connected as shown in Figure 6 c). Repeating procedures d) to e), each parameter values of S_{12} at each frequency point are the isolation: $L_{\text{iso}(23)} = S_{12}$.

5.3.6 Specified conditions

The specified conditions are as follows:

- a) frequency range;
- b) input power level.

5.4 Return loss (L_{ret})

5.4.1 Purpose

To measure the return loss under specified conditions.

5.4.2 Circuit diagram

With 4-port network analysers, the measuring circuit diagram for the return loss measurement of circulators is shown in Figure 4. And the measuring circuit diagram for the return loss measurement of isolators is shown in Figure 5.

With 2-port network analysers, the measuring circuit diagram for the return loss measurement of circulators is shown in Figure 6. And the measuring circuit diagram for the return loss measurement of isolators is shown in Figure 7.

5.4.3 Principle of measurement

When the incident power is applied to input port of the circulator/isolator, it is a measured ratio of the reflected power and the incident power at the same port. The return loss of the circulator/isolator is obtained from the measured S-parameter. The return loss is normally expressed in decibels (dB) and obtained by Formulas (7) to (9).

$$L_{\text{ret}(11)} = -20\log(|S_{11}|) \quad (7)$$

$$L_{\text{ret}(22)} = -20\log(|S_{22}|) \quad (8)$$

$$L_{\text{ret}(33)} = -20\log(|S_{33}|) \quad (9)$$

As shown in Figure 6, the circulator, 3-port device, possess three parameters of the return loss: $L_{\text{ret}(11)}$, $L_{\text{ret}(22)}$, $L_{\text{ret}(33)}$. As shown in Figure 7, the isolator, 2-port device, possess two parameters of the return loss: $L_{\text{ret}(11)}$, $L_{\text{ret}(22)}$. Figure 10 shows the graphical shape of the measured return loss.

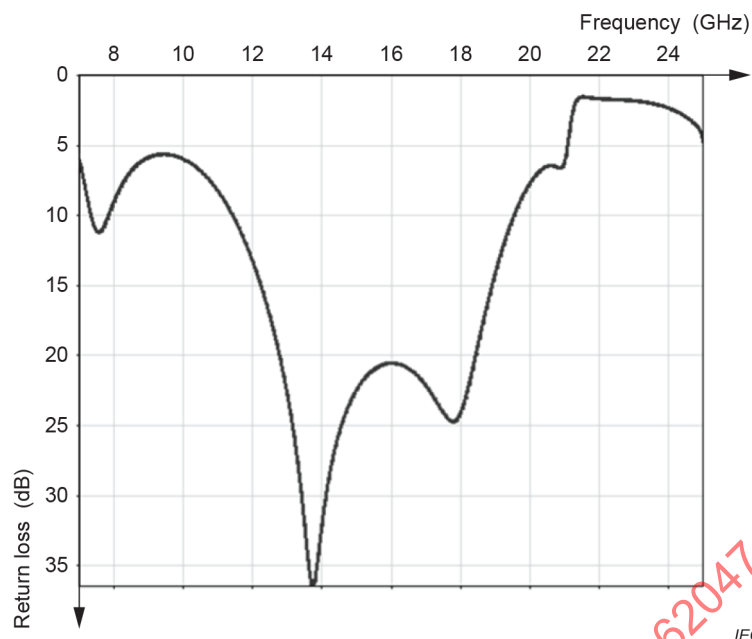


Figure 10 – Return loss of the RF MEMS circulator/isolator

5.4.4 Precautions to be observed

Return loss L_{ret} shall be measured without the influence at the input and output ports.

5.4.5 Measurement procedure

5.4.5.1 Method A): with the 4-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- a) The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- b) The test fixture, network analyser, cable, and connectors should be calibrated before measurement;
- c) The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with $50\ \Omega$ connectors. For circulators, connected as Figure 4; for isolators, connected as Figure 5;
- d) The network analyser should be pre-set and set to the standard S-parameters measurement class, where selecting the reflection measurements (S_{11} , S_{22} and S_{33}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using “Log Mag” display format.
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read the S-parameter (S_{11} , S_{22} and S_{33}) values. Each parameter values at each frequency point are the return loss : $L_{\text{ret}(11)} = S_{11}$, $L_{\text{ret}(22)} = S_{22}$, $L_{\text{ret}(33)} = S_{33}$.

5.4.5.2 Method B): with the 2-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- a) The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- b) The test fixture, network analyser, cable, and connectors should be calibrated before measurement;
- c) The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with 50 Ω connectors. For circulators, connected as Figure 6 a); for isolators, connected as Figure 7.
- d) The network analyser should be pre-set and set to the standard S-parameters measurement class, where selecting the reflection measurements (S_{11} and S_{22}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using “Log Mag” display format;
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read the S-parameter values. Each parameter values of (S_{11} and S_{22}) at each frequency point are the return loss: $L_{\text{ret}(11)} = S_{11}$, $L_{\text{ret}(22)} = S_{22}$.
- f) Measuring return loss $L_{\text{ret}(33)}$:

The circulator should be connected as shown in Figure 6 b). Repeating procedures d) and e), each parameter values of S_{11} at each frequency point are the return loss: $L_{\text{ret}(33)} = S_{11}$.

5.4.6 Specified conditions

The specified conditions are as follows:

- a) frequency range;
- b) input power level.

5.5 Voltage standing wave ratio (VSWR) (optional)

5.5.1 Purpose

To measure the voltage standing wave ratio under specified conditions.

5.5.2 Circuit diagram

With 4-port network analysers, the measuring circuit diagram for the voltage standing wave ratio measurement of circulators is shown in Figure 4. And the measuring circuit diagram for voltage standing wave ratio measurement of isolators is shown in Figure 5.

With 2-port network analysers, the measuring circuit diagram for the voltage standing wave ratio measurement of circulators is shown in Figure 6. And the measuring circuit diagram for voltage standing wave ratio measurement of isolators is shown in Figure 7.

5.5.3 Principle of measurement

It is the measured ratio of the electrical field strength at a voltage maximum on a transmission line to the electrical field strength of an adjacent voltage minimum. It is a measure of mismatch of a line. It can be expressed as shown in Formulas (10) to (12).

$$VSWR_1 = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|} \quad (10)$$

$$VSWR_2 = \frac{1 + |S_{22}|}{1 - |S_{22}|} \quad (11)$$

$$VSWR_3 = \frac{1 + |S_{33}|}{1 - |S_{33}|} \quad (12)$$

5.5.4 Precautions to be observed

Harmonics or spurious responses from the signal generator should be reduced so as to be negligible. *VSWR* shall be measured without the influence at the input and output ports.

5.5.5 Measurement procedure

5.5.5.1 Method A): with the 4-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- a) The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- b) The test fixture, network analyser, cable, and connectors should be calibrated before measurement;
- c) The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with 50 Ω connectors. For circulators, connected as Figure 4; for isolators, connected as Figure 5.
- d) The network analyser should be pre-set and set to the standard S-parameters measurement class, where selecting the reflection measurements (S_{11} , S_{22} and S_{33}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using “SWR” display format.
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read the S-parameter (S_{11} , S_{22} and S_{33}) values. Each parameter values at each frequency point are the *VSWR*: $VSWR_1 = S_{11}$, $VSWR_2 = S_{22}$, $VSWR_3 = S_{33}$.

5.5.5.2 Method B): with the 2-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- a) The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- b) The test fixture, network analyser, cable, and connectors should be calibrated before measurement;
- c) The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with 50 Ω connectors. For circulators, connected as Figure 6 a); for isolators, connected as Figure 7;

- d) The network analyser should be pre-set and set to the standard S-parameters measurement class, where selecting the reflection measurements (S_{11} and S_{22}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using “SWR” display format.
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read those S-parameter values (S_{11} and S_{22}). Each parameter values at each frequency point are the $VSWR$: $VSWR_1 = S_{11}$, $VSWR_2 = S_{22}$.
- f) Measuring $VSWR_3$:

The circulator should be connected as shown in Figure 6 b). Repeating procedures d) to e), each parameter values of S_{11} at each frequency point are the $VSWR$: $VSWR_3 = S_{11}$.

5.5.6 Specified conditions

The specified conditions are as follows:

- a) frequency range;
- b) input power level.

5.6 Input impedance (Z_{in}) (optional)

5.6.1 Purpose

To measure the input impedance under specified conditions.

5.6.2 Circuit diagram

With the 4-port network analyser, the measuring circuit diagram for the input impedance measurement of circulator is shown in Figure 4. And the measuring circuit diagram for the input impedance measurement of isolator is shown in Figure 5.

With the 2-port network analyser, the measuring circuit diagram for the input impedance measurement of circulator is shown in Figure 6. And the measuring circuit diagram for the input impedance measurement of isolator is shown in Figure 7.

5.6.3 Principle of measurement

It is the connection of additional impedance to an existing one in order to accomplish a specific effect, such as to balance a circuit or to reduce reflection in the circulator/isolator. Generally, load impedance is set to 50 Ω . So, characteristic impedance should be matched to 50 Ω for the high effective RF transmission. The impedance for the circulator/isolator can be obtained from the measured Smith Chart, the centre point of the Smith Chart is typically 50 Ω , as shown in Figure 11. For circulators, the impedance can be read from Smith Chart – (S_{11} , S_{22} and S_{33}); for isolators, the impedance can be read from Smith Chart (S_{11} and S_{22}).

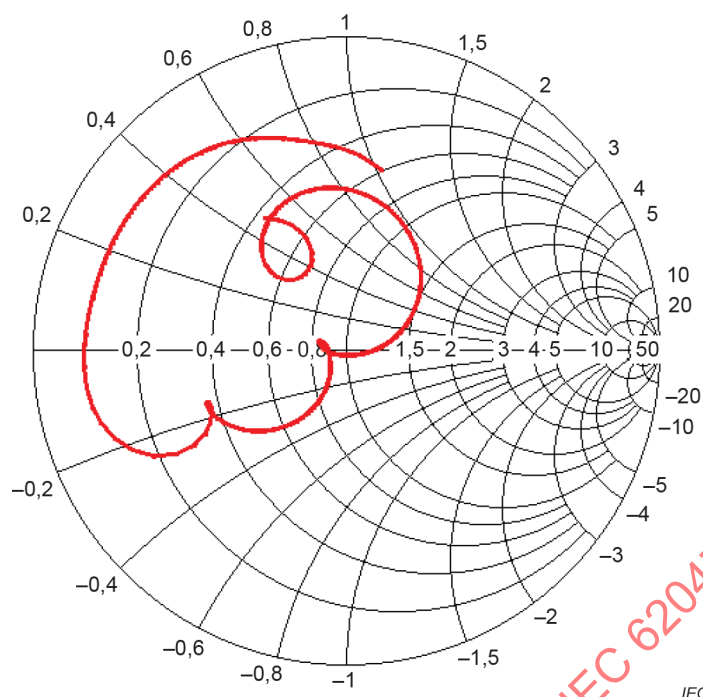


Figure 11 – Smith Chart plot of input impedance of RF MEMS circulators/isolators

5.6.4 Precautions to be observed

Impedance shall be measured without the influence at the input and output ports.

5.6.5 Measurement procedure

5.6.5.1 Method A): with the 4-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- The test fixture, network analyser, cable, and connectors should be calibrated before measurement;
- The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with 50 Ω connectors. For circulators, connected as Figure 4; for isolators, connected as Figure 5.
- The network analyser should be pre-set and set to the standard S-parameters measurement class, where selecting the reflection measurements (S_{11} , S_{22} and S_{33}):
 - Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - Specify the power level of the signal source to proper value;
 - Specify the display format, usually using “Smith Chart” display format.

e) Perform measurement:

- 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
- 2) Read the real portion, A_1 , and the imaginary portion, B_1 , of S_{11} . Read the real portion, A_2 , and the imaginary portion, B_2 , of S_{22} . Read the real portion, A_3 , and the imaginary portion, B_3 , of S_{33} . Therefore, the measured complex impedance of the input impedance at each frequency point are: $Z_{in(1)} = A_1 + jB_1$, $Z_{in(2)} = A_2 + jB_2$, and $Z_{in(3)} = A_3 + jB_3$.

5.6.5.2 Method B): with the 2-port network analyser, the measurement procedures are as follows:

- a) The RF MEMS circulator/isolator should be suitably packaged and mounted on a test fixture;
- b) The test fixture, network analyser, cable, and connectors should be calibrated before measurement;
- c) The test fixture should be connected to the network analyser using the test cable with $50\ \Omega$ connectors. For circulators, connected as Figure 6 a); for isolators, connected as Figure 7;
- d) The network analyser should be pre-set and set to the standard S-parameters measurement class, where selecting the reflection measurements (S_{11} and S_{22}):
 - 1) Specify the frequency range of the signal source, which is the span of frequency for making a device measurement, including start frequency, stop frequency, number of measurement points, etc.;
 - 2) Specify the frequency sweep type of the signal source, using linear frequency sweep type typically;
 - 3) Specify the power level of the signal source to proper value;
 - 4) Specify the display format, usually using "Smith Chart" display format.
- e) Perform measurement:
 - 1) Scale the displayed measurement for optimum viewing;
 - 2) Read the real portion, A_1 , and the imaginary portion, B_1 , of S_{11} . Read the real portion, A_2 , and the imaginary portion, B_2 , of S_{22} . Therefore, the measured complex impedance of the input impedance at each frequency point are: $Z_{in(1)} = A_1 + jB_1$, $Z_{in(2)} = A_2 + jB_2$.
- f) Measuring input impedance $Z_{in(3)}$:

The circulator should be connected as shown in Figure 6 b). Repeating procedures d) and e), read the real portion, A_1 , and the imaginary portion, B_1 , of S_{11} . The values of the input impedance at each frequency point is: $Z_{in(3)} = A_1 + jB_1$.

5.6.6 Specified conditions

The specified conditions are as follows:

- a) frequency range;
- b) input power level.

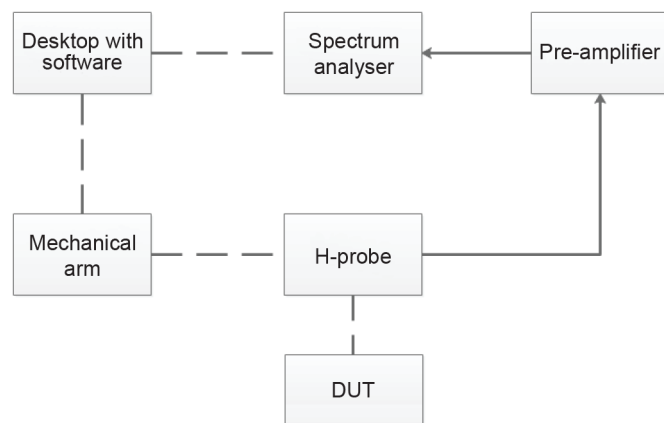
5.7 Magnetic leakage (optional)

5.7.1 Purpose

To measure the magnetic leakage fluxes surround the circulator/isolator devices under specified conditions.

5.7.2 System diagram

Measuring the leakage fluxes surround the circulator/isolator device is shown in Figure 12.



IEC

Figure 12 – Near-field scanning measurement system

5.7.3 Principle of measurement

The near-field scanning measurement system is based on the surface scanning method according to IEC 61967-3. Near field scanning is conducted to measure the magnetic field amplitude of the tangential magnetic near field on a plane above the DUT, the distance between the probe and the DUT is about 1 mm, the scanned measurement range of the plane usually 3 to 5 times wider than the outer dimension of the device. The scanned measurement spatial resolution is typically about 1 mm in both x- and y-directions.

5.7.4 Precautions to be observed

Follow the precautions of the near-field scanning measurement system.

5.7.5 Measurement procedure

The measurement procedures are as follows:

- The RF MEMS circulator/isolator is suitably packaged and mounted on a non-magnetic test fixture;
- Near field scanning is conducted to measure the magnetic field amplitude of the tangential magnetic near field on a plane above the DUT;
- The measurement data can be remapped to the 3D leakage flux plot.

5.7.6 Specified conditions

The specified conditions are as follows:

- scanning measurement range;
- environmental residual magnetic field strength.

6 Reliability (performance) test

6.1 General

The reliability of the RF MEMS circulator/isolator, including evaluating of the life time, the power handling capability, the operating temperature, the temperature cycles, the vibration, the shock, etc.

6.2 Power handling capability

The objective of this test is to measure the maximum RF power which can be transferred from the input to output ports when the RF MEMS circulator/isolator is being operated. It is conducted within the life time test.

6.3 Life time

The objective of this test is to evaluate the life time of the RF MEMS circulator/isolator, the device shall be continued working under the maximum handling power and maximum operating temperature range until failure or the specified life time reached. The simplest method for evaluating the life time is to apply a continuous wave signal to the device and measure the output RF signal power. Figure 13 shows a test setup of the reliability of the RF MEMS circulator/isolator devices. The following test procedure is performed:

- The signal from the signal generator is amplified as specified power level through the power amplifier (PA);
- The amplified signal is applied to the input port of the RF MEMS circulator;
- The output signal passing through the RF MEMS Circulator is measured by the power meter;
- The test is performed for the specified time.

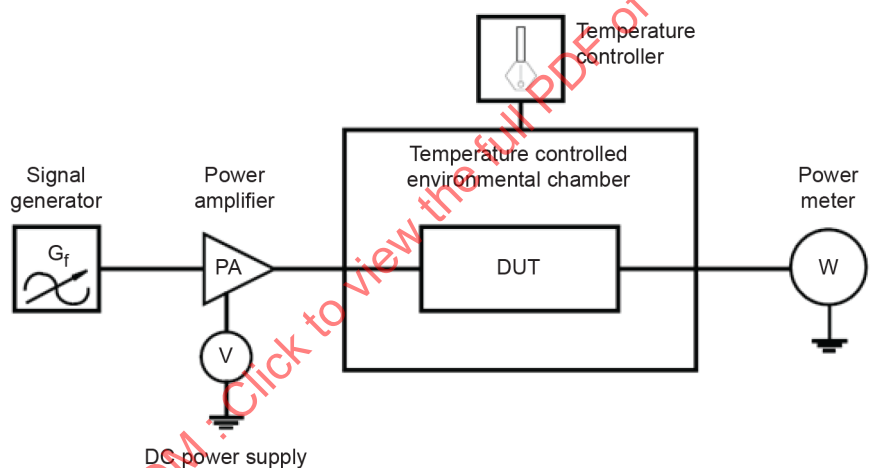


Figure 13 – Block diagram of a test setup for evaluating the reliability of the RF MEMS circulator

6.4 Operating temperature

The objective of this test is to evaluate its reliability by low/high temperature cycling test. The temperature range should be specified from the applications. The test is performed at the temperature cycling test chamber or the temperature-controlled station by placing the RF MEMS circulator/isolator in it, the device should be mounted on proper designed test fixture. The performance characteristics are monitored by a network analyser.

6.5 Shock testing

The objective of this test is to evaluate its reliability by mechanical shock testing. For this method, refer to IEC 60749-10. After testing, the RF parameters should satisfy the specified characterization.

6.6 Vibration testing

The objective of this test is to evaluate its reliability by mechanical vibration testing. For this method, refer to IEC 60749-12. After testing, the RF parameters should satisfy the specified characterization.

6.7 Bond/Solder shear testing

The objective of this test is to evaluate its reliability by the followed packaging or assembly process, such as bonding for chip type devices or solder for packaged type devices.

Ribbon wire bonding is the typical method for assembly and packaging process. Bond pull testing and shear testing should be conducted for evaluating the bond strength, and the measured force is recorded for process monitoring purposes. IEC 60749-22 applies for the testing of wire bond strength.

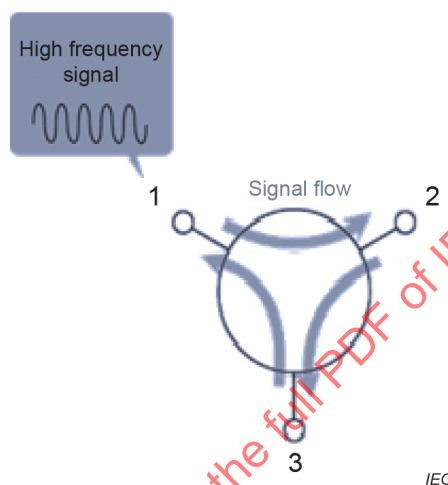
For leadless surface mounting circulator/isolator, to which pull test is not applicable. The method is designed to test and evaluate the endurance of the solder joint between component terminals and lands on a substrate, by means of a shear type mechanical stress. This test is applicable to evaluate the effects of repeated temperature change on the strength of the solder joints between terminals and lands on a substrate. IEC 60749-21 applies for the testing of solderability.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-41:2021

Annex A (informative)

General description of circulators and isolators

A circulator is a passive non-reciprocal 3-port device, in which a microwave or radio frequency signal entering any port is transmitted to the next port in rotation (clockwise or anti-clockwise) only. As shown in the Figure A.1, the high-frequency signal that has entered from the terminal 1 is transmitted only to the terminal 2, and the high-frequency signal that has entered the terminal 2 is transmitted only to the terminal 3. And the high-frequency signal that has entered the terminal 3 will be transmitted to the terminal 1. In this way, transmission takes place only in a fixed direction, and does not happen in the opposite direction.

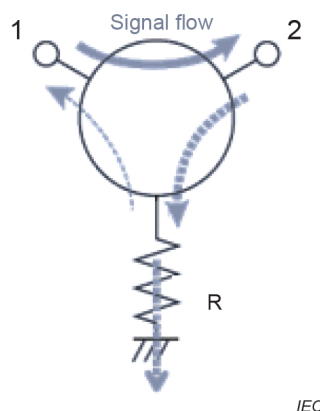


Key

- 1 terminal 1
- 2 terminal 2
- 3 terminal 3

Figure A.1 – Signal transmission in circulators

An isolator is a kind of special circulator, of which a terminated load is connected to the terminals. As shown in Figure A.2, high-frequency signal that has entered from the terminal 1 is transmitted to the terminal 2 with minimal loss, as in the case of circulator. But the high-frequency signal that has entered from the terminal 2 is absorbed by the terminated load, and is almost not transmitted to 1. Ideally, the reflection from the terminated load is "0", but normally there is some mismatch and the power due to the mismatch is input to the terminated load, and is transmitted to terminal 1 similarly as in the circulator. Usually, since the isolator is a two-terminal component, so when you look from outside, it appears that the power that has entered the terminal 2 is consumed in the isolator and only a small part of it is transmitted to the terminal 1.



Key

- 1 terminal 1
- 2 terminal 2
- R terminated load

Figure A.2 – Signal transmission in isolators

The RF MEMS circulator/isolator is the type of circulator which is fabricated based on MEMS processes, including lithography, deposition, wet and dry etching, bonding and TSV interconnect process, and so on. As shown in Figure A.3, the typical MEMS circulator/isolator is composed of magnetic (height 1 mm to 1,5 mm), silicon chip (height 0,25 mm to 0,4 mm), ferrite and metal carrier (height 0,2 mm to 0,5 mm). The silicon chip is bonded by the silicon layers with the ferrite inside. TSV and other silicon via structure are fabricated on the lower silicon layer. Metal layers are manufactured on the bottom of the upper silicon layer, providing signal transiting.

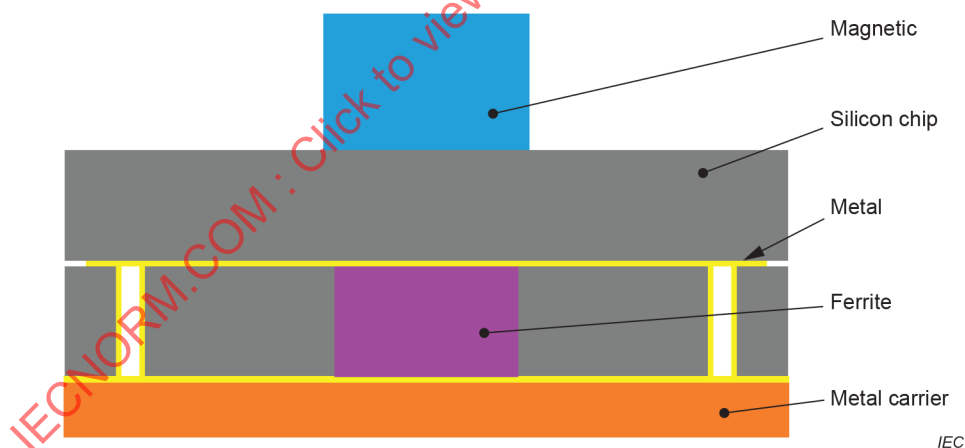


Figure A.3 – Typical structure of RF MEMS circulators/isolators

Benefiting for those advanced MEMS manufacturing processes, the RF MEMS circulator/isolator features super small volume, light weight, low insertion loss and high isolation with a wide operating temperature range, and anti-interference performance with a bandwidth from 2 GHz to 50 GHz. As shown in Figure A.4, those types of devices are ideally suited for high-volume manufacturing too.

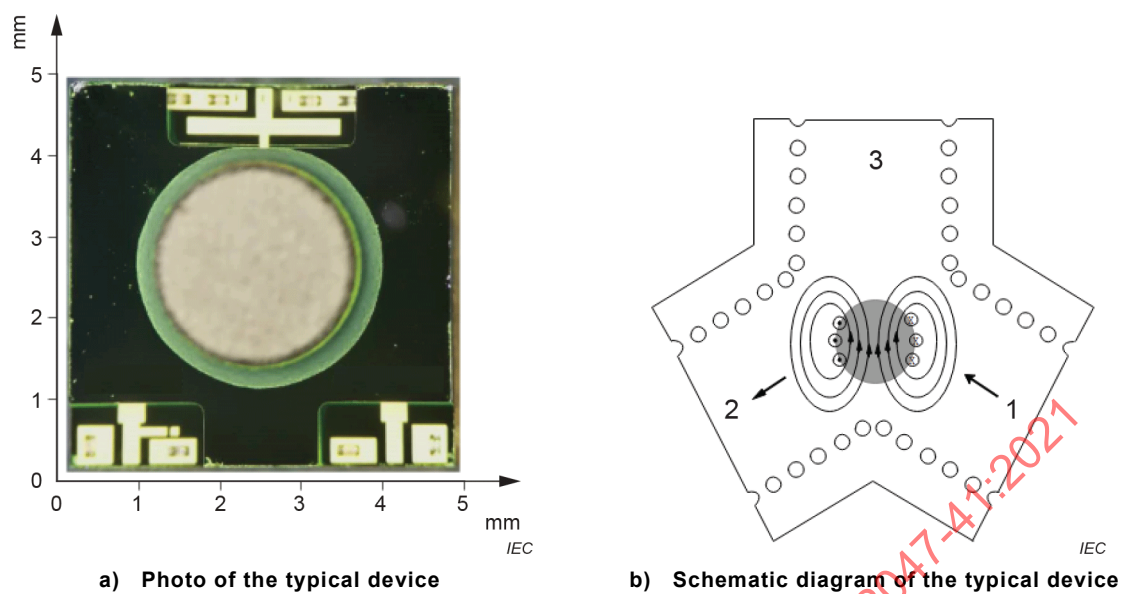


Figure A.4 – Typical RF MEMS circulators/isolators

Bibliography

IEC 60747-16-4:2004, *Semiconductor devices – Part 16-4: Microwave integrated circuits – Switches*

IEC 60050-726:1982, *International electrotechnical vocabulary – Part 726: Transmission lines and waveguides*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-41:2021

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-41:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	37
1 Domaine d'application	39
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	39
3.1 Termes généraux	40
3.2 Paramètres des caractéristiques RF	40
4 Valeurs assignées et caractéristiques essentielles	41
4.1 Identification et types	41
4.2 Description de l'application et des spécifications	41
4.3 Valeurs limites et conditions de fonctionnement	42
4.4 Caractéristiques RF	42
4.5 Caractéristiques de fiabilité	42
4.6 Informations supplémentaires	43
5 Méthodes de mesure	43
5.1 Généralités	43
5.1.1 Précautions générales	43
5.1.2 Impédance caractéristique	43
5.1.3 Procédure de mesure	43
5.1.4 Précautions de manipulation	44
5.2 Perte d'insertion (L_{ins})	44
5.2.1 Objectif de l'essai	44
5.2.2 Schéma de câblage	44
5.2.3 Principe de mesure	47
5.2.4 Précautions à prendre	47
5.2.5 Procédure de mesure	47
5.2.6 Conditions spécifiées	49
5.3 Isolement (L_{iso})	49
5.3.1 Objectif de l'essai	49
5.3.2 Schéma de câblage	49
5.3.3 Principe de mesure	49
5.3.4 Précautions à prendre	50
5.3.5 Procédure de mesure	50
5.3.6 Conditions spécifiées	51
5.4 Affaiblissement de réflexion (L_{ret})	51
5.4.1 Objectif de l'essai	51
5.4.2 Schéma de câblage	52
5.4.3 Principe de mesure	52
5.4.4 Précautions à prendre	53
5.4.5 Procédure de mesure	53
5.4.6 Conditions spécifiées	54
5.5 Rapport d'ondes stationnaires (ROS) (facultatif)	54
5.5.1 Objectif de l'essai	54
5.5.2 Schéma de câblage	54
5.5.3 Principe de mesure	54
5.5.4 Précautions à prendre	55
5.5.5 Procédure de mesure	55

5.5.6	Conditions spécifiées.....	56
5.6	Impédance en entrée (Z_{in}) (facultatif)	56
5.6.1	Objectif de l'essai	56
5.6.2	Schéma de câblage	56
5.6.3	Principe de mesure.....	56
5.6.4	Précautions à prendre	57
5.6.5	Procédure de mesure	57
5.6.6	Conditions spécifiées.....	58
5.7	Fuite magnétique (facultatif)	59
5.7.1	Objectif de l'essai	59
5.7.2	Schéma du système de mesure	59
5.7.3	Principe de mesure.....	59
5.7.4	Précautions à prendre	59
5.7.5	Procédure de mesure	59
5.7.6	Conditions spécifiées.....	59
6	Essai de fiabilité (de fonctionnement)	60
6.1	Généralités	60
6.2	Tenue en puissance.....	60
6.3	Durée de vie	60
6.4	Température de fonctionnement.....	60
6.5	Essai de chocs.....	61
6.6	Essai de vibrations.....	61
6.7	Essai de résistance au cisaillement du contact soudé/de la brasure.....	61
Annexe A (informative) Description générale des circulateurs et isolateurs		62
Bibliographie.....		65
Figure 1 – Broches des circulateurs à MEMS RF		41
Figure 2 – Isolateur à MEMS RF avec charge appliquée en sortie.....		41
Figure 3 – Procédure de mesure des circulateurs/isolateurs à MEMS RF.....		43
Figure 4 – Schéma de câblage du circulateur avec un analyseur de réseau à 4 accès		45
Figure 5 – Schéma de câblage de l'isolateur avec un analyseur de réseau à 4 accès		45
Figure 6 – Schéma de câblage du circulateur avec un analyseur de réseau à 2 accès		46
Figure 7 – Schéma de câblage de l'isolateur avec un analyseur de réseau à 2 accès		46
Figure 8 – Perte d'insertion du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF		47
Figure 9 – Isolement du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF.....		50
Figure 10 – Affaiblissement de réflexion du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF		52
Figure 11 – Abaque de Smith représentant l'impédance en entrée des circulateurs/isolateurs à MEMS RF		57
Figure 12 – Système de mesure du balayage en champ proche		59
Figure 13 – Schéma de principe d'un montage d'essai visant à évaluer la fiabilité d'un circulateur à MEMS RF		60
Figure A.1 – Transmission du signal au sein d'un circulateur		62
Figure A.2 – Transmission du signal au sein d'un isolateur		63
Figure A.3 – Structure type des circulateurs/isolateurs à MEMS RF		63
Figure A.4 – Circulateurs/isolateurs à MEMS RF types		64

Tableau 1 – Valeurs limites et conditions de fonctionnement	42
Tableau 2 – Caractéristiques RF	42
Tableau 3 – Caractéristiques de fiabilité	42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62047-41:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –****Partie 41: Circulateurs et isolateurs à MEMS RF****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. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document 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 propriété et averti de leur existence.

L'IEC 62047-41 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, du Comité d'études IEC 47: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

FDIS	Rapport de vote
47F/376/FDIS	47F/380/RVD

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62047, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques*, 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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

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

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 41: Circulateurs et isolateurs à MEMS RF

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62047 spécifie la terminologie, les valeurs assignées et caractéristiques essentielles, ainsi que les méthodes de mesure des circulateurs et isolateurs à système microélectromécanique (MEMS) radiofréquence (RF).

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 60747-1:2010, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités*

IEC 60749-10, *Dispositifs à semiconducteurs - Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 10: Chocs mécaniques*

IEC 60749-12, *Dispositifs à semiconducteurs - Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 12: Vibrations, fréquences variables*

IEC 60749-21, *Dispositifs à semiconducteurs - Méthodes d'essai mécaniques et climatiques – Partie 21: Brasabilité*

IEC 60749-22, *Dispositifs à semiconducteurs - Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 22: Robustesse des contacts soudés*

IEC 62047-1, *Dispositifs à semiconducteurs - Dispositifs microélectromécaniques – Partie 1: Termes et définitions*

IEC TS 61967-3, *Circuits intégrés - Mesure des émissions électromagnétiques – Partie 3: Mesure des émissions rayonnées - Méthode de balayage en surface*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 62047-1 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 Termes généraux

3.1.1

circulateur

dispositif à trois accès par lequel les ondes incidentes à chaque accès sont transmises à un accès qui le suit dans un ordre déterminé par le sens d'un champ magnétique statique

Note 1 à l'article: En inversant le champ magnétique statique, on inverse l'ordre des accès.

Note 2 à l'article: Cette propriété peut être utilisée pour commuter les ondes électromagnétiques.

[SOURCE: IEC 60050-726:1982, 726-17-08, modifiée – Le terme "plusieurs accès" a été remplacé par "trois accès"]

3.1.2

isolateur

dispositif passif à deux accès qui produit un affaiblissement des ondes beaucoup plus élevé dans une direction de propagation d'un accès à l'autre que dans la direction opposée

[SOURCE: IEC 60050-726:1982, 726-17-19]

3.2 Paramètres des caractéristiques RF

3.2.1

perte d'insertion

L_{ins}

rapport de la puissance fournie à un dispositif avant insertion d'un réseau électrique entre la source et ce dispositif, à la puissance fournie au même dispositif après insertion de ce réseau

Note 1 à l'article: La perte d'insertion s'exprime généralement en décibels.

[SOURCE: IEC 60050-726:1982, 726-06-07]

3.2.2

isolement

L_{iso}

amplitude de l'affaiblissement de puissance, dans la direction inverse à celle du signal transmis

3.2.3

affaiblissement de réflexion

L_{ret}

rapport entre la puissance incidente au niveau du port spécifié et la puissance réfléchie au niveau du même port

Note 1 à l'article: L'affaiblissement de réflexion est généralement exprimé en décibels.

[SOURCE: IEC 60747-16-4:2004, 3.3 modifiée – "dans la région linéaire", " $\Delta P_{ref}(\text{dBm}) = \Delta P_{inc}(\text{dBm})$ " et "de la courbe de transfert de puissance" ont été supprimés.]

3.2.4

fuite magnétique

B_{fuite}

intensité de champ spatial maximale d'un circulateur/isolateur à MEMS RF

4 Valeurs assignées et caractéristiques essentielles

4.1 Identification et types

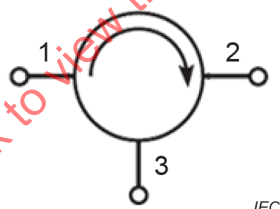
Il convient de fournir une description générale de la fonction du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF, ainsi que leurs applications. Il est recommandé d'y inclure les détails des technologies de fabrication du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF avec leurs différents fonctionnements, configurations et mécanismes d'actionnement. Il convient également d'y mentionner la forme encapsulée, en spécifiant la numérotation des broches et les matériaux du boîtier.

Le circulateur/l'isolateur à MEMS RF doit être marqué de façon claire et durable, le marquage suivant l'ordre indiqué ci-dessous:

- le nom ou la marque commerciale du fabricant;
- le type de dispositif et le numéro de série;
- l'année et la semaine (ou le mois) de fabrication;
- l'identification des broches (facultative);
- le code d'identification d'usine (facultatif).

4.2 Description de l'application et des spécifications

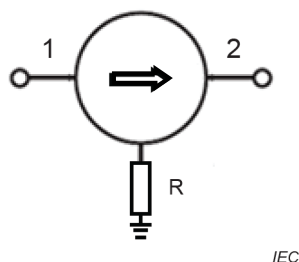
Des informations concernant l'application du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF doivent être données. Il convient également de fournir les schémas fonctionnels du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF et des systèmes appliqués. Il est recommandé d'identifier toutes les broches dans le schéma fonctionnel et leurs fonctions doivent également être indiquées. Voir la Figure 1 et la Figure 2.



Légende

- 1 broche 1
- 2 broche 2
- 3 broche 3

Figure 1 – Broches des circulateurs à MEMS RF



Légende

- 1 broche 1
- 2 broche 2
- R charge appliquée en sortie

Figure 2 – Isolateur à MEMS RF avec charge appliquée en sortie

4.3 Valeurs limites et conditions de fonctionnement

Il convient que cette déclaration inclue les conditions aux limites et les valeurs limites. Les valeurs limites électriques (puissance d'entrée, tenue en puissance, dissipation de puissance, etc.) et les conditions de température (températures de fonctionnement, ambiante, de stockage et de brasage) doivent notamment figurer dans la déclaration. Ces valeurs sont indiquées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs limites et conditions de fonctionnement

Paramètre	Symbole	Unité	Min.	Max.
tenue en puissance	$P_{\max}$	W		+
température de fonctionnement	T_{op}	°C	+	
température de brasage	T_{sol}	°C		+
température de stockage	T_{stg}	°C	+	+

4.4 Caractéristiques RF

Les paramètres caractéristiques RF doivent être formulés avec les valeurs minimale (Min.), type (Typ.) et maximale (Max.), comme représenté dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Caractéristiques RF

Paramètre	Symbole	Unité	Min.	Typ.	Max.
perte d'insertion	L_{ins}	dB		+	+
isolement	L_{iso}	dB	+	+	
affaiblissement de réflexion	L_{ret}	dB		+	+
fréquence centrale	f_{centre}	GHz		+	
rapport d'onde stationnaire (ROS) (facultatif)	ROS			+	
impédance (facultatif)	R	Ω		+	
fuite magnétique (facultatif)	B_{fuite}	A/m			+

4.5 Caractéristiques de fiabilité

Toutes les caractéristiques mécaniques spécifiques et les valeurs assignées d'environnement applicables doivent être déclarées. Les caractéristiques doivent être formulées avec leur symbole, leur unité et leurs valeurs minimale (Min.), type (Typ.) et maximale (Max.), comme représenté dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Caractéristiques de fiabilité

Paramètre	Symbole	Unité	Min.	Typ.	Max.
Tenue en puissance	$P_{\max}$	W			+
Durée de vie	t_{vie}	h	+		
Chocs	A_{chocs}	g	+		
Vibrations	$A_{\text{vibrations}}$	m/s ²	+		
Résistance au cisaillement du contact soudé/de la brasure	P_{w}	MPa	+		

4.6 Informations supplémentaires

Il convient de fournir certaines informations supplémentaires telles que les précautions de manipulation, les informations physiques (par exemple dimensions d'encombrement, broches, accessoires, etc.), les informations sur le boîtier, les informations sur le montage et l'interface de la carte de circuit imprimé, d'autres informations, etc.

5 Méthodes de mesure

5.1 Généralités

5.1.1 Précautions générales

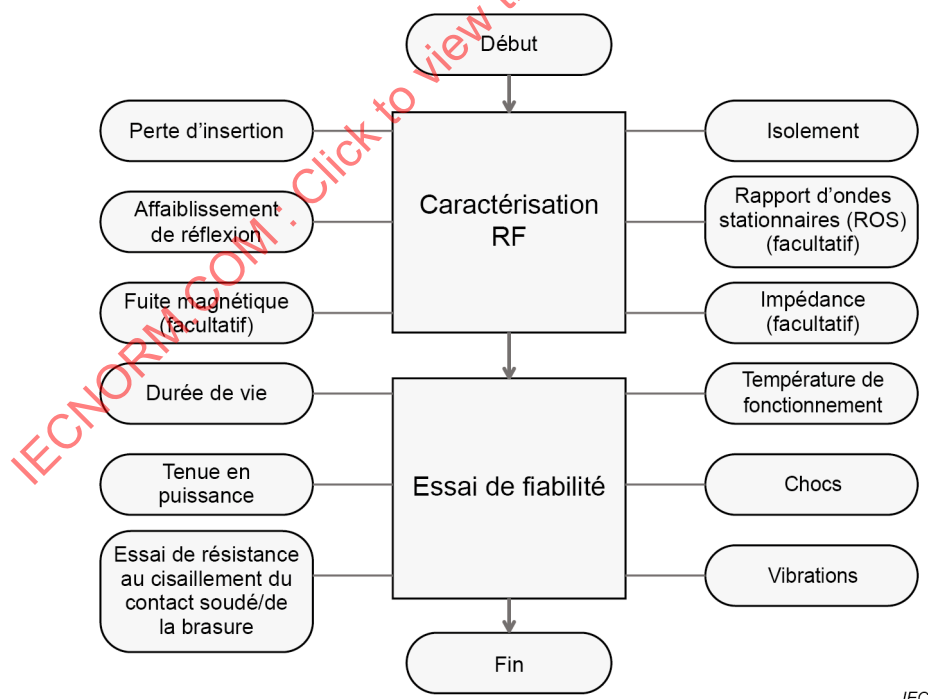
La précision de mesure, la protection des dispositifs et des équipements de mesure et la précision des circuits de mesure indiquées en 6.3, 6.4 et 6.6 de l'IEC 60747-1:2010 doit être appliquée. Bien que le niveau du signal puisse être spécifié en puissance ou en tension, il est exprimé en puissance dans le présent document, sauf spécification contraire.

5.1.2 Impédance caractéristique

L'impédance caractéristique du système de mesure, dans tous les circuits représentés dans le présent document, est de 50 Ω . Si la valeur de l'impédance est différente de 50 Ω , elle doit être spécifiée.

5.1.3 Procédure de mesure

Généralement, les procédures d'essai des caractéristiques RF et de la fiabilité du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF sont mises en œuvre comme représenté à la Figure 3.



IEC

NOTE Le circulateur/l'isolateur à MEMS RF peut être mesuré comme représenté à la Figure 3. Après avoir monté le circulateur/l'isolateur sur le support d'essai, les caractéristiques RF sont mesurées en utilisant un analyseur de réseau ou un autre équipement d'essai équivalent. Si les mesures sont satisfaisantes, les essais de fiabilité (durée de vie, chocs, vibrations, résistance au cisaillement du contact soudé/de la brasure, etc.) sont réalisés en vue d'un usage commercial.

Figure 3 – Procédure de mesure des circulateurs/isolateurs à MEMS RF

5.1.4 Précautions de manipulation

Les circulateurs/isolateurs à MEMS RF couverts par le présent document sont des dispositifs à puce ou encapsulés. Avant la mesure, il convient que les dispositifs soient encapsulés de manière appropriée et qu'ils soient montés sur un support d'essai, puis mesurés à l'aide d'un analyseur de réseau vectoriel.

Comme l'impédance de l'analyseur de réseau est généralement de 50 Ω , il convient de prendre en compte attentivement l'état de la sortie entre le circulateur/l'isolateur à MEMS RF et l'équipement.

Avant de raccorder le circulateur/l'isolateur à MEMS RF au support d'essai, il convient d'étalonner l'analyseur de réseau, le câble et les connecteurs. La technique d'étalonnage complet sur 2 accès est efficace pour compenser les erreurs du système (c'est-à-dire présentant une impédance en circuit ouvert, une impédance de court-circuit, des valeurs normalisées de connexion directe aux extrémités des connecteurs du câble d'essai, une impédance de charge de 50 Ω , et permettant de stocker les valeurs mesurées pour correction de la mesure du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF).

Après l'étalonnage, relier le câble d'essai au support d'essai du circulateur/de l'isolateur à l'aide de connecteurs 50 Ω . Les valeurs du paramètre S sont lues sur l'afficheur de l'analyseur de réseau. Un coefficient de réflexion, S_{11} , et un coefficient de transmission, S_{21} , des paramètres S des 2 accès sont respectivement convertis en affaiblissement de réflexion et en perte d'insertion.

Si une autre plage de fréquences est exigée, toute la séquence d'étalonnage doit être répétée.

5.2 Perte d'insertion (L_{ins})

5.2.1 Objectif de l'essai

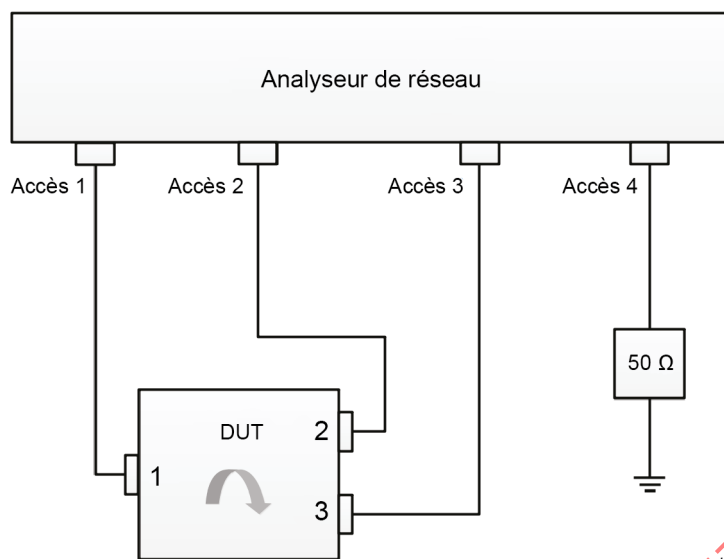
Mesurer la perte d'insertion dans les conditions spécifiées.

5.2.2 Schéma de câblage

Il convient de choisir des méthodes de mesure appropriées en fonction de l'analyseur de réseau, qui peut fournir au moins deux accès pour les essais.

a) Méthode A): avec analyseur de réseau à 4 accès:

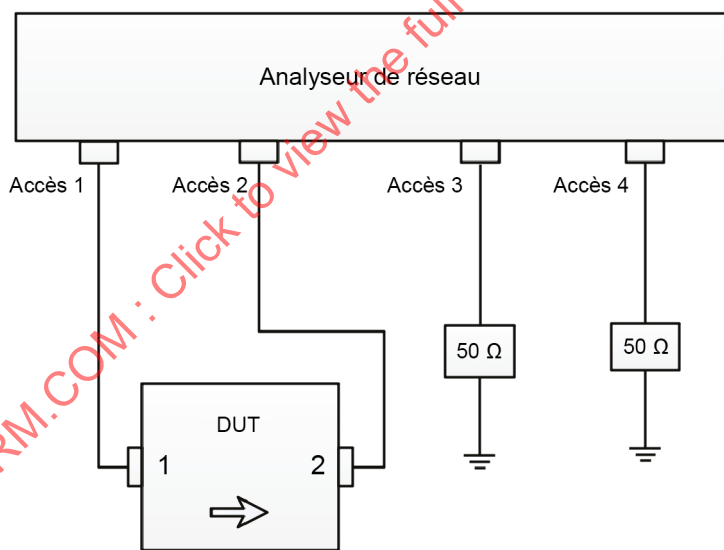
- 1) Le schéma de câblage pour les mesures de perte d'insertion du circulateur est représenté à la Figure 4. Le circulateur est un dispositif à 3 accès, relié à l'analyseur de réseau à 4 accès. Pendant les essais, il convient de raccorder le quatrième accès de l'analyseur de réseau de manière appropriée.



NOTE Un autre équipement d'essai équivalent peut être utilisé à la place de l'analyseur de réseau.

Figure 4 – Schéma de câblage du circulateur avec un analyseur de réseau à 4 accès

- 2) Le schéma de câblage pour les mesures de perte d'insertion de l'isolateur est représenté à la Figure 5. L'isolateur est un dispositif à 2 accès, relié uniquement à 2 accès de l'analyseur de réseau.

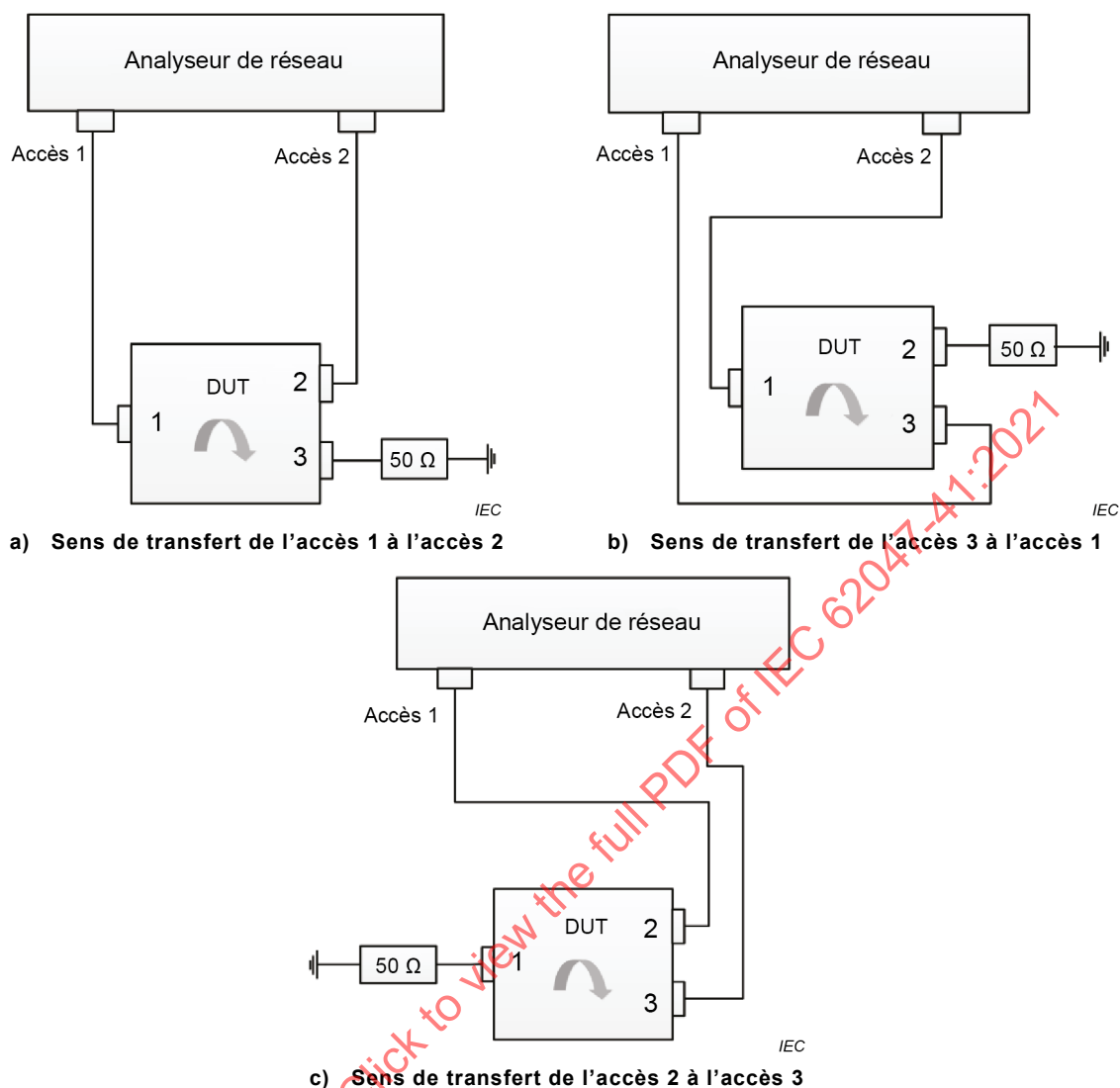


NOTE Un autre équipement d'essai équivalent peut être utilisé à la place de l'analyseur de réseau.

Figure 5 – Schéma de câblage de l'isolateur avec un analyseur de réseau à 4 accès

b) Méthode B): avec analyseur de réseau à 2 accès

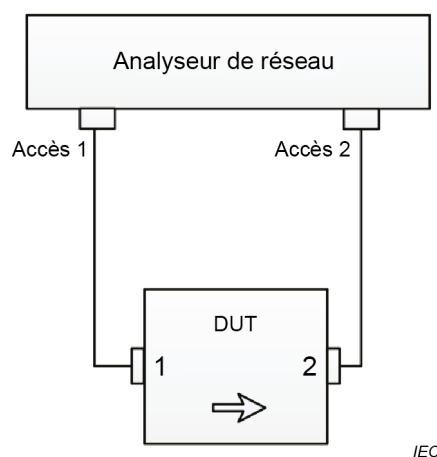
- 1) Le schéma de câblage pour les mesures de perte d'insertion du circulateur est représenté à la Figure 6. Il convient de brancher les câbles différemment, de manière à assurer la cohérence avec le sens du transfert des dispositifs. Comme le circulateur est un dispositif à 3 accès, il convient que l'accès non utilisé du circulateur soit raccordé de manière appropriée pendant les essais.



NOTE Un autre équipement d'essai équivalent peut être utilisé à la place de l'analyseur de réseau.

Figure 6 – Schéma de câblage du circulateur avec un analyseur de réseau à 2 accès

- 2) Le schéma de câblage pour les mesures de perte d'insertion de l'isolateur est représenté à la Figure 7. L'isolateur est un dispositif à 2 accès, qui ne nécessite donc que 2 accès sur l'analyseur de réseau.



NOTE Un autre équipement d'essai équivalent peut être utilisé à la place de l'analyseur de réseau.

Figure 7 – Schéma de câblage de l'isolateur avec un analyseur de réseau à 2 accès

5.2.3 Principe de mesure

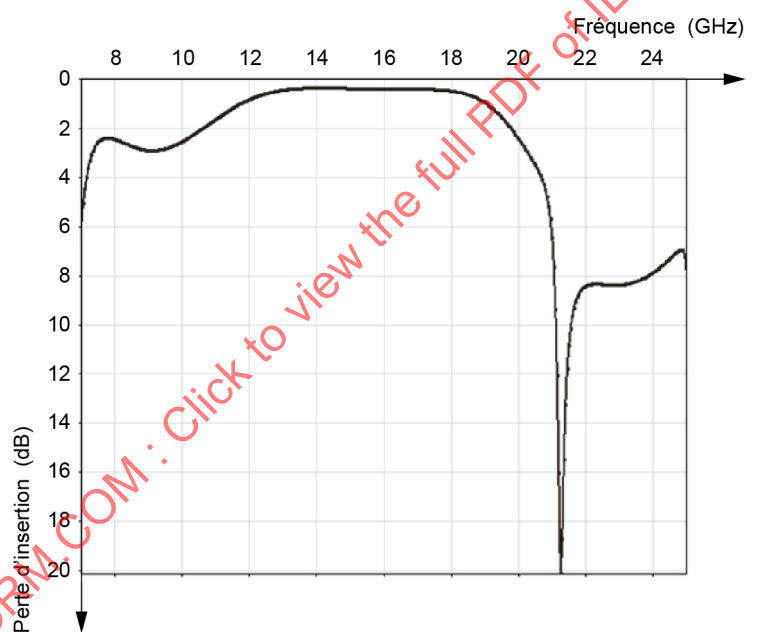
Lorsque la puissance incidente est appliquée à l'accès d'entrée du circulateur/de l'isolateur, la mesure consiste à déterminer un rapport, dans le sens de transfert, de la puissance transmise à l'accès de sortie sur la puissance incidente. La perte d'insertion du circulateur/de l'isolateur est obtenue à partir des paramètres S mesurés. La perte d'insertion s'exprime conventionnellement en décibels (dB) et s'obtient à l'aide des Formules (1) à (3).

$$L_{\text{ins}(21)} = -20\log(|S_{21}|) \quad (1)$$

$$L_{\text{ins}(32)} = -20\log(|S_{32}|) \quad (2)$$

$$L_{\text{ins}(13)} = -20\log(|S_{13}|) \quad (3)$$

Comme représenté à la Figure 6, le circulateur, qui est un dispositif à 3 accès, possède trois paramètres de perte d'insertion: $L_{\text{ins}(21)}$, $L_{\text{ins}(32)}$, $L_{\text{ins}(13)}$. Comme représenté à la Figure 7, l'isolateur, qui est un dispositif à 2 accès, ne possède qu'un seul paramètre de perte d'insertion, $L_{\text{ins}(21)}$. La perte d'insertion mesurée est représentée graphiquement à la Figure 8.



IEC

Figure 8 – Perte d'insertion du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF

5.2.4 Précautions à prendre

La perte d'insertion L_{ins} doit être mesurée sans influence aux accès d'entrée et de sortie.

5.2.5 Procédure de mesure

5.2.5.1 Méthode A): avec l'analyseur de réseau à 4 accès, les procédures de mesure se déroulent comme suit:

- il convient que le circulateur/l'isolateur à MEMS RF soit encapsulé de manière appropriée et qu'il soit monté sur un support d'essai;
- il convient d'étalonner le support d'essai, l'analyseur de réseau, le câble et les connecteurs avant d'effectuer la mesure;

- c) il convient de raccorder le support d'essai à l'analyseur de réseau en utilisant le câble d'essai avec des connecteurs 50 Ω . Pour les circulateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 4; pour les isolateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 5;
- d) il convient de prédéfinir l'analyseur de réseau et de le configurer sur la classe de mesure normalisée des paramètres S, lors du choix des mesures de transmission (S_{21} , S_{32} et S_{13}):
 - 1) spécifier la plage de fréquences de la source de signaux, qui correspond à l'intervalle de fréquences permettant d'effectuer une mesure de dispositif, et qui comprend la fréquence de début, la fréquence de fin, le nombre de points de mesure, etc.;
 - 2) spécifier le type de balayage de fréquence de la source de signaux (le type de balayage de fréquence typiquement utilisé est le type linéaire);
 - 3) spécifier la valeur appropriée pour le niveau de puissance de la source de signaux;
 - 4) spécifier le format d'affichage (le format d'affichage typiquement utilisé est l'échelle logarithmique);
- e) effectuer la mesure:
 - 1) adapter l'échelle de la mesure affichée pour obtenir une visualisation optimale;
 - 2) lire les valeurs des paramètres S (S_{21} , S_{32} et S_{13}). Les valeurs de chaque paramètre à chaque point de fréquence correspondent à la perte d'insertion: $L_{ins(21)} = S_{21}$, $L_{ins(32)} = S_{32}$ et $L_{ins(13)} = S_{13}$.

5.2.5.2 Méthode B): avec l'analyseur de réseau à 2 accès, les procédures de mesure se déroulent comme suit:

- a) il convient que le circulateur/l'isolateur à MEMS RF soit encapsulé de manière appropriée et qu'il soit monté sur un support d'essai;
- b) il convient d'étalonner le support d'essai, l'analyseur de réseau, le câble et les connecteurs avant d'effectuer la mesure;
- c) il convient de raccorder le support d'essai à l'analyseur de réseau en utilisant le câble d'essai avec des connecteurs 50 Ω . Pour les circulateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 6 a); pour les isolateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 7;
- d) il convient de prédéfinir l'analyseur de réseau et de le configurer sur la classe de mesure normalisée des paramètres S, lors du choix des mesures de transmission (S_{21}):
 - 1) spécifier la plage de fréquences de la source de signaux, qui correspond à l'intervalle de fréquences permettant d'effectuer une mesure de dispositif, et qui comprend la fréquence de début, la fréquence de fin, le nombre de points de mesure, etc.;
 - 2) spécifier le type de balayage de fréquence de la source de signaux (le type de balayage de fréquence typiquement utilisé est le type linéaire);
 - 3) spécifier la valeur appropriée pour le niveau de puissance de la source de signaux;
 - 4) spécifier le format d'affichage (le format d'affichage typiquement utilisé est l'échelle logarithmique);
- e) effectuer la mesure:
 - 1) adapter l'échelle de la mesure affichée pour obtenir une visualisation optimale;
 - 2) lire les valeurs des paramètres S (S_{21}). Les valeurs de chaque paramètre à chaque point de fréquence correspondent à la perte d'insertion: $L_{ins(21)} = S_{21}$.
- f) mesurer la perte d'insertion $L_{ins(13)}$:

il convient que le circulateur soit raccordé comme représenté à la Figure 6 b). En répétant les étapes d) et e), chaque valeur de paramètre S_{21} à chaque point de fréquence correspond à la perte d'insertion: $L_{ins(13)} = S_{21}$;

g) mesurer la perte d'insertion $L_{\text{ins}(32)}$:

il convient que le circulateur soit raccordé comme représenté à la Figure 6 c). En répétant les étapes d) et e), chaque valeur de paramètre S_{21} à chaque point de fréquence correspond à la perte d'insertion: $L_{\text{ins}(32)} = S_{21}$.

5.2.6 Conditions spécifiées

Les conditions spécifiées sont les suivantes:

- a) plage de fréquences,
- b) niveau de puissance d'entrée.

5.3 Isolement (L_{iso})

5.3.1 Objectif de l'essai

Mesurer l'isolement dans les conditions spécifiées.

5.3.2 Schéma de câblage

Pour les analyseurs de réseau à 4 accès, le schéma de câblage pour la mesure de l'isolement des circulateurs est représenté à la Figure 4, tandis que celui pour la mesure de l'isolement des isolateurs est représenté à la Figure 5.

Pour les analyseurs de réseau à 2 accès, le schéma de câblage pour la mesure de l'isolement des circulateurs est représenté à la Figure 6, tandis que celui pour la mesure de l'isolement des isolateurs est représenté à la Figure 7.

5.3.3 Principe de mesure

Lorsque la puissance incidente est appliquée au circulateur/à l'isolateur, l'amplitude de l'affaiblissement de puissance, dans le sens inverse à celui du signal transmis, est considérée comme étant l'isolement. L'isolement du circulateur/de l'isolateur est obtenu à partir des paramètres S mesurés. L'isolement s'exprime conventionnellement en décibels (dB) et s'obtient à l'aide des Formules (4) à (6).

$$L_{\text{iso}(12)} = -20\log(|S_{12}|) \quad (4)$$

$$L_{\text{iso}(23)} = -20\log(|S_{23}|) \quad (5)$$

$$L_{\text{iso}(31)} = -20\log(|S_{31}|) \quad (6)$$

Comme représenté à la Figure 6, le circulateur, qui est un dispositif à 3 accès, possède trois paramètres d'isolement: $L_{\text{iso}(12)}$, $L_{\text{iso}(23)}$, $L_{\text{iso}(31)}$. Comme représenté à la Figure 7, l'isolateur, qui est un dispositif à 2 accès, ne possède qu'un seul paramètre d'isolement, $L_{\text{iso}(12)}$. L'isolement mesuré est représenté graphiquement à la Figure 9.

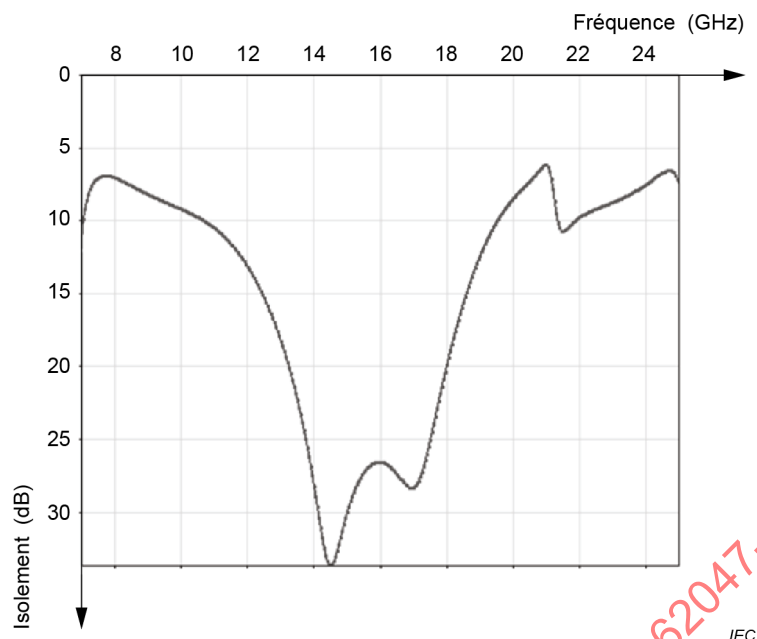


Figure 9 – Isolement du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF

5.3.4 Précautions à prendre

L'isolement L_{iso} doit être mesuré sans influence aux accès d'entrée et de sortie.

5.3.5 Procédure de mesure

5.3.5.1 Méthode A): avec l'analyseur de réseau à 4 accès, les procédures de mesure se déroulent comme suit:

- il convient que le circulateur/l'isolateur à MEMS RF soit encapsulé de manière appropriée et qu'il soit monté sur un support d'essai;
- il convient d'étalonner le support d'essai, l'analyseur de réseau, le câble et les connecteurs avant d'effectuer la mesure;
- il convient de raccorder le support d'essai à l'analyseur de réseau en utilisant le câble d'essai avec des connecteurs 50 Ω . Pour les circulateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 4; pour les isolateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 5;
- il convient de prérégler l'analyseur de réseau et de le configurer sur la classe de mesure normalisée des paramètres S, lors de la sélection des mesures de transmission (S_{12} , S_{31} , et S_{23}).
 - spécifier la plage de fréquences de la source de signaux, qui correspond à l'intervalle de fréquences permettant d'effectuer une mesure de dispositif, et qui comprend la fréquence de début, la fréquence de fin, le nombre de points de mesure, etc.;
 - spécifier le type de balayage de fréquence de la source de signaux (le type de balayage de fréquence typiquement utilisé est le type linéaire);
 - spécifier la valeur appropriée pour le niveau de puissance de la source de signaux;
 - spécifier le format d'affichage (le format d'affichage typiquement utilisé est l'échelle logarithmique);
- effectuer la mesure:
 - adapter l'échelle de la mesure affichée pour obtenir une visualisation optimale;

- 2) lire les valeurs des paramètres S (S_{12} , S_{23} , et S_{31}). Chaque valeur de paramètre à chaque point de fréquence correspond à l'isolement: $L_{\text{iso}(12)} = S_{12}$, $L_{\text{iso}(23)} = S_{23}$ et $L_{\text{iso}(31)} = S_{31}$.

5.3.5.2 Méthode B): avec l'analyseur de réseau à 2 accès, les procédures de mesure se déroulent comme suit:

- a) il convient que le circulateur/l'isolateur à MEMS RF soit encapsulé de manière appropriée et qu'il soit monté sur un support d'essai;
- b) il convient d'étalonner le support d'essai, l'analyseur de réseau, le câble et les connecteurs avant d'effectuer la mesure;
- c) il convient de raccorder le support d'essai à l'analyseur de réseau en utilisant le câble d'essai avec des connecteurs 50 Ω . Pour les circulateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 6 a); pour les isolateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 7;
- d) il convient de prérégler l'analyseur de réseau et de le configurer sur la classe de mesure normalisée des paramètres S , lors de la sélection des mesures de transmission (S_{12}):
 - 1) spécifier la plage de fréquences de la source de signaux, qui correspond à l'intervalle de fréquences permettant d'effectuer une mesure de dispositif, et qui comprend la fréquence de début, la fréquence de fin, le nombre de points de mesure, etc.;
 - 2) spécifier le type de balayage de fréquence de la source de signaux (le type de balayage de fréquence typiquement utilisé est le type linéaire);
 - 3) spécifier la valeur appropriée pour le niveau de puissance de la source de signaux;
 - 4) spécifier le format d'affichage (le format d'affichage typiquement utilisé est l'échelle logarithmique);
- e) effectuer la mesure:
 - 1) adapter l'échelle de la mesure affichée pour obtenir une visualisation optimale;
 - 2) lire les valeurs des paramètres S (S_{12}). Chaque valeur de paramètre à chaque point de fréquence correspond à l'isolement: $L_{\text{iso}(12)} = S_{12}$;
- f) mesurer l'isolement $L_{\text{iso}(31)}$.

il convient que le circulateur soit raccordé comme représenté à la Figure 6 b). En répétant les étapes d) et e), chaque valeur de paramètre S_{12} à chaque point de fréquence correspond à l'isolement: $L_{\text{iso}(31)} = S_{12}$;

- g) mesurer l'isolement $L_{\text{iso}(23)}$:

il convient que le circulateur soit raccordé comme représenté à la Figure 6 c). En répétant les étapes d) et e), chaque valeur de paramètre S_{12} à chaque point de fréquence correspond à l'isolement: $L_{\text{iso}(23)} = S_{12}$.

5.3.6 Conditions spécifiées

Les conditions spécifiées sont les suivantes:

- a) plage de fréquences,
- b) niveau de puissance d'entrée.

5.4 Affaiblissement de réflexion (L_{ref})

5.4.1 Objectif de l'essai

Mesurer l'affaiblissement de réflexion dans les conditions spécifiées.

5.4.2 Schéma de câblage

Pour l'analyseur de réseau à 4 accès, le schéma de câblage pour les mesures de l'affaiblissement de réflexion des circulateurs est représenté à la Figure 4. Le schéma de câblage pour les mesures de l'affaiblissement de réflexion des isolateurs est représenté à la Figure 5.

Pour l'analyseur de réseau à 2 accès, le schéma de câblage pour les mesures de l'affaiblissement de réflexion des circulateurs est représenté à la Figure 6. Le schéma de câblage pour les mesures de l'affaiblissement de réflexion des isolateurs est représenté à la Figure 7.

5.4.3 Principe de mesure

Lorsque la puissance incidente est appliquée à l'accès d'entrée du circulateur/de l'isolateur, la mesure consiste à déterminer un rapport de la puissance réfléchie sur la puissance incidente au niveau du même accès. L'affaiblissement de réflexion du circulateur/de l'isolateur est obtenu à partir des paramètres S mesurés. L'affaiblissement de réflexion s'exprime conventionnellement en décibels (dB) et s'obtient à l'aide des Formules (7) à (9).

$$L_{\text{ret}(11)} = -20\log(|S_{11}|) \quad (7)$$

$$L_{\text{ret}(22)} = -20\log(|S_{22}|) \quad (8)$$

$$L_{\text{ret}(33)} = -20\log(|S_{33}|) \quad (9)$$

Comme représenté à la Figure 6, le circulateur, qui est un dispositif à 3 accès, possède trois paramètres d'affaiblissement de réflexion: $L_{\text{ret}(11)}$, $L_{\text{ret}(22)}$, $L_{\text{ret}(33)}$. Comme représenté à la Figure 7, l'isolateur, qui est un dispositif à 2 accès, possède deux paramètres d'affaiblissement de réflexion: $L_{\text{ret}(11)}$, $L_{\text{ret}(22)}$. L'affaiblissement de réflexion mesuré est représenté graphiquement à la Figure 10.

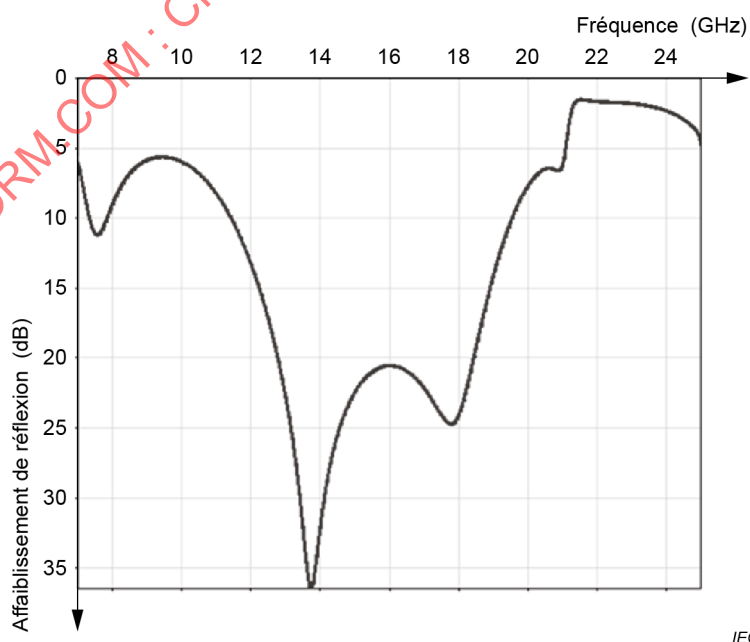


Figure 10 – Affaiblissement de réflexion du circulateur/de l'isolateur à MEMS RF

5.4.4 Précautions à prendre

L'affaiblissement de réflexion L_{ret} doit être mesuré sans influence aux accès d'entrée et de sortie.

5.4.5 Procédure de mesure

5.4.5.1 Méthode A): avec l'analyseur de réseau à 4 accès, les procédures de mesure se déroulent comme suit:

- a) il convient que le circulateur/l'isolateur à MEMS RF soit encapsulé de manière appropriée et qu'il soit monté sur un support d'essai;
- b) il convient d'étalonner le support d'essai, l'analyseur de réseau, le câble et les connecteurs avant d'effectuer la mesure;
- c) il convient de raccorder le support d'essai à l'analyseur de réseau en utilisant le câble d'essai avec des connecteurs 50 Ω . Pour les circulateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 4; pour les isolateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 5;
- d) il convient de prérégler l'analyseur de réseau et de le configurer sur la classe de mesure normalisée des paramètres S, lors de la sélection des mesures de réflexion (S_{11} , S_{22} et S_{33}):
 - 1) spécifier la plage de fréquences de la source de signaux, qui correspond à l'intervalle de fréquences permettant d'effectuer une mesure de dispositif, et qui comprend la fréquence de début, la fréquence de fin, le nombre de points de mesure, etc.;
 - 2) spécifier le type de balayage de fréquence de la source de signaux (le type de balayage de fréquence typiquement utilisé est le type linéaire);
 - 3) spécifier la valeur appropriée pour le niveau de puissance de la source de signaux;
 - 4) spécifier le format d'affichage (le format d'affichage typiquement utilisé est l'échelle logarithmique);
- e) effectuer la mesure:
 - 1) adapter l'échelle de la mesure affichée pour obtenir une visualisation optimale;
 - 2) lire les valeurs des paramètres S (S_{11} , S_{22} et S_{33}). Chaque valeur de paramètre à chaque point de fréquence correspond à l'affaiblissement de réflexion : $L_{\text{ret}(11)} = S_{11}$, $L_{\text{ret}(22)} = S_{22}$, $L_{\text{ret}(33)} = S_{33}$.

5.4.5.2 Méthode B): avec l'analyseur de réseau à 2 accès, les procédures de mesure se déroulent comme suit:

- a) il convient que le circulateur/l'isolateur à MEMS RF soit encapsulé de manière appropriée et qu'il soit monté sur un support d'essai;
- b) il convient d'étalonner le support d'essai, l'analyseur de réseau, le câble et les connecteurs avant d'effectuer la mesure;
- c) il convient de raccorder le support d'essai à l'analyseur de réseau en utilisant le câble d'essai avec des connecteurs 50 Ω . Pour les circulateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 6 a); pour les isolateurs, le raccordement est celui représenté à la Figure 7;
- d) il convient de prérégler l'analyseur de réseau et de le configurer sur la classe de mesure normalisée des paramètres S, lors de la sélection des mesures de réflexion (S_{11} et S_{22}):
 - 1) spécifier la plage de fréquences de la source de signaux, qui correspond à l'intervalle de fréquences permettant d'effectuer une mesure de dispositif, et qui comprend la fréquence de début, la fréquence de fin, le nombre de points de mesure, etc.;
 - 2) spécifier le type de balayage de fréquence de la source de signaux (le type de balayage de fréquence typiquement utilisé est le type linéaire);
 - 3) spécifier la valeur appropriée pour le niveau de puissance de la source de signaux;

- 4) spécifier le format d'affichage (le format d'affichage typiquement utilisé est l'échelle logarithmique).
- e) effectuer la mesure:
 - 1) adapter l'échelle de la mesure affichée pour obtenir une visualisation optimale;
 - 2) lire les valeurs des paramètres S. Chaque valeur de paramètre (S_{11} et S_{22}) à chaque point de fréquence correspond à l'affaiblissement de réflexion: $L_{\text{ret}(11)} = S_{11}$, $L_{\text{ret}(22)} = S_{22}$;
- f) mesurer l'affaiblissement de réflexion $L_{\text{ret}(33)}$:

il convient que le circulateur soit raccordé comme représenté à la Figure 6 b). En répétant les étapes d) et e), chaque valeur de paramètre de S_{11} à chaque point de fréquence correspond à l'affaiblissement de réflexion: $L_{\text{ret}(33)} = S_{11}$.

5.4.6 Conditions spécifiées

Les conditions spécifiées sont les suivantes:

- a) plage de fréquences,
- b) niveau de puissance d'entrée.

5.5 Rapport d'ondes stationnaires (ROS) (facultatif)

5.5.1 Objectif de l'essai

Mesurer le rapport d'ondes stationnaires dans les conditions spécifiées.

5.5.2 Schéma de câblage

Pour l'analyseur de réseau à 4 accès, le schéma de câblage pour les mesures du rapport d'ondes stationnaires des circulateurs est représenté à la Figure 4. Le schéma de câblage pour les mesures du rapport d'ondes stationnaires des isolateurs est représenté à la Figure 5.

Pour l'analyseur de réseau à 2 accès, le schéma de câblage pour les mesures du rapport d'ondes stationnaires des circulateurs est représenté à la Figure 6. Le schéma de câblage pour les mesures du rapport d'ondes stationnaires des isolateurs est représenté à la Figure 7.

5.5.3 Principe de mesure

La mesure consiste en un rapport entre l'intensité de champ électrique à un maximum de tension sur une ligne de transmission, et l'intensité de champ électrique à un minimum de tension adjacent. Ce rapport est une mesure de la désadaptation d'une ligne. Il peut être exprimé comme représenté dans les Formules (10) à (12).

$$ROS_1 = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|} \quad (10)$$

$$ROS_2 = \frac{1 + |S_{22}|}{1 - |S_{22}|} \quad (11)$$

$$ROS_3 = \frac{1 + |S_{33}|}{1 - |S_{33}|} \quad (12)$$