

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Semiconductor devices – Semiconductor devices for wireless power transfer and charging –

Part 1: General requirements and specifications

Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour le transfert de puissance et la charge sans fil –

Partie 1: Exigences et spécifications générales

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63244-1:2021



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 – Semiconductor devices for wireless power transfer and charging –
Part 1: General requirements and specifications**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour le transfert de puissance et la charge sans fil –
Partie 1: Exigences et spécifications générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-1023-2

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions and symbols.....	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.1.1 General terminology	8
3.1.2 Terminology for near-field based wireless power transfer	9
3.1.3 Terminology for far-field based wireless power transfer	10
3.2 Symbols and abbreviated terms	11
4 Classification.....	12
5 Test items for reliability	14
5.1 General.....	14
5.2 IP rating.....	14
5.3 Temperature test	15
5.4 Humidity test.....	15
5.5 Mechanical impact and vibration test	15
5.6 EMC test.....	15
5.6.1 General	15
5.6.2 Electromagnetic immunity	15
5.6.3 Electromagnetic emission	15
6 Performance evaluation items.....	16
6.1 Efficiency	16
6.1.1 General	16
6.1.2 Block diagram for efficiency analysis	16
6.1.3 Component-level efficiency.....	17
6.1.4 Module-level efficiency	20
6.1.5 System-level power transfer efficiency.....	22
6.2 Evaluation components in PTx and PRx.....	23
6.2.1 General	23
6.2.2 Rectifier and ripple smoothing circuit	23
6.2.3 DC to DC converter	26
6.2.4 Inverter.....	27
6.2.5 Variable gain amplifier (VGA)	29
Annex A (informative) Field regions for electromagnetically short antenna	32
Bibliography.....	33
Figure 1 – Classification of WET technologies	13
Figure 2 – Example of reliability test conditions and items	14
Figure 3 – Block diagram for efficiency analysis of MF WPT system	16
Figure 4 – Block diagram for efficiency analysis of EMW WPT system	16
Figure 5 – Measurement setup for AC to DC converting efficiency or rectifying efficiency	18
Figure 6 – Measurement setup for DC to DC converting efficiency	19
Figure 7 – Measurement setup for DC to AC converting efficiency	20

Figure 8 – Measurement setup for coupling efficiency between transmitting and receiving coils	21
Figure 9 – Measurement setup for power transfer efficiency between power transmitting and receiving antennas	22
Figure 10 – Semiconductor components in PTx and PRx	23
Figure 11 – Half-wave rectifier and input/output waveform	25
Figure 12 – Full-wave rectifier and input/output waveform	26
Figure 13 – Diode- bridge rectifier and RC smoothing circuits	26
Figure 14 – Example of step down converter (Buck converter) and step up converter (Boost converter)	27
Figure 15 – Example of equivalent circuit and square AC output signal	28
Figure 16 – Block diagram of VGA	29
Figure 17 – 3 dB bandwidth	30
Figure 18 – P1dB, MDS and dynamic input range of a variable gain amplifier	30
Figure A.1 – Field regions for electromagnetically short antenna	32
Table 1 – Letter symbols and abbreviated terms	12
Table 2 – Example of blank specifications: classification of wireless power transfer methods and distance according to products and power consumption	13
Table 3 – Example of blank specifications of a rectifier diode	24
Table 4 – Example of blank specifications of a step-down DC-to-DC converter	27
Table 5 – Example of blank specifications of an inverter used for MF WPT	28

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES – SEMICONDUCTOR DEVICES FOR WIRELESS POWER TRANSFER AND CHARGING –

Part 1: General requirements and specifications

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 63244-1 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
47/2706/FDIS	47/2723/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 the parts in the IEC 63244 series, published under the general title *Semiconductor devices – Semiconductor devices for wireless power transfer and charging*, can be found on the IEC website.

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

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

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

INTRODUCTION

The IEC 63244 series is planned to comprise the following parts:

- IEC 63244-1: Semiconductor devices – Semiconductor devices for wireless power transfer and charging – Part 1: General requirements and specifications
- IEC 63244-2: Semiconductor devices – Semiconductor devices for wireless power transfer and charging – Part 2: Far-field based wireless power transfer – Electromagnetic-wave based wireless power transfer
- IEC 63244-3-1: Semiconductor devices – Semiconductor devices for wireless power transfer and charging – Part 3-1: Near-field based wireless power transfer – Magnetic-field based wireless power transfer
- IEC 63244-3-2: Semiconductor devices – Semiconductor devices for wireless power transfer and charging – Part 3-2: Near-field based wireless power transfer – Electric-field based wireless power transfer

The standardization bodies for wireless power transfer and charging technologies is as follow:

- 1) Wireless power consortium (WPC): Wireless power consortium covers MF WPT technology such as inductive WPT and magnetic resonance WPT. WPC has Qi certification process to ensure the safety and quality.
- 2) AirFuel alliance: AirFuel alliance covers NF WPT technology such as resonant mode of magnetic-field based wireless power transfer. And also, AirFuel alliance is working on FF WPT technology such as electromagnetic-wave based wireless power transfer. AirFuel alliance has Rezence certification process for resonant mode of MF WPT to ensure the safety and quality. AirFuel alliance was formed by the merge of Alliance for Wireless Power (A4WP) and Power Matters Alliance (PMA) in 2015.

IECNORM.COM : Click to view the PDF of IEC 63244-1:2021

SEMICONDUCTOR DEVICES – SEMICONDUCTOR DEVICES FOR WIRELESS POWER TRANSFER AND CHARGING –

Part 1: General requirements and specifications

1 Scope

This part of IEC 63244 provides general requirements and specifications of the semiconductor devices for the performance and reliability evaluations of wireless power transfer and charging systems. For the performance evaluations, this part covers various characterization parameters and symbols, general system diagrams, and test setups and test conditions.

This document also describes classifications of the wireless power transfer technologies.

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

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

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

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

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

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

IEC 61967-2, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz – Part 2: Measurement of radiated emissions – TEM cell and wideband TEM cell method*

IEC 61967-4, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions – Part 4: Measurement of conducted emissions – 1 Ω /150 Ω direct coupling method*

IEC 61967-8, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions – Part 8: Measurement of radiated emissions – IC stripline method*

IEC 62132-2, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic immunity – Part 2: Measurement of radiated immunity – TEM cell and wideband TEM cell method*

IEC 62132-4, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic immunity 150 kHz to 1 GHz – Part 4: Direct RF power injection method*

IEC 62132-8, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic immunity – Part 8: Measurement of radiated immunity – IC stripline method*

IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

IEC 62969-2:2018, *Semiconductor devices – Semiconductor interface for automotive vehicles – Part 2: Efficiency evaluation methods of wireless power transmission using resonance for automotive vehicles sensors*

IEC CISPR 11, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Terms, definitions and symbols

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

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

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

NOTE The following terms and definitions are classified into general terminology, terminology for near-field based wireless power transfer, and terminology for far-field based wireless power transfer.

3.1 Terms and definitions

3.1.1 General terminology

3.1.1.1

wireless energy transfer

WET

transfer of electrical, optical, acoustic and other type of energies from a source to an electrical load via electric and/or magnetic fields, electromagnetic waves, acoustic waves, etc.

3.1.1.2

wireless power transfer

WPT

transfer of electrical energy from a power source to an electrical load via electric and/or magnetic fields or electromagnetic waves

Note 1 to entry: The alternative term “wireless power transmission” is also often used in technical documents.

3.1.1.3

power receiver

PRx

device receiving electrical power from a transmitting device or transmitting devices

Note 1 to entry: The alternative term “power receiving unit (PRU)” is also often used in technical documents. And also, “secondary device” is used in CISPR 11.

3.1.1.4

power transmitter

PTx

device sending electrical power to a receiving device or receiving devices

Note 1 to entry: The alternative term “power transmitting unit (PTU)” is also often used in technical documents. And also, “primary device” is used in CISPR 11.

3.1.2 Terminology for near-field based wireless power transfer

3.1.2.1

power receiving coil

power receiving coiled inductor that is induced by a time-varying magnetic field from a power transmitting coil(s)

Note 1 to entry: The alternative term “the secondary coil” is also often used in technical documents. And also, the alternative term “receiving resonator coil” is also used in IEC 62969-2.

3.1.2.2

power transmitting coil

power transmitting coiled inductor that induces a voltage across a power receiving coil(s)

Note 1 to entry: The alternative term “the primary coil” is also often used in technical documents. And also, the alternative term “transmitting resonator coil” is also used in IEC 62969-2.

3.1.2.3

near-field based wireless power transfer

NF WPT

wireless electrical power transfer from a power transmitter(s) to a power receiver(s) that is(are) located within an induced magnetic or electric field

3.1.2.4

magnetic-field based wireless power transfer

MF WPT

wireless electrical power transfer from a power transmitter(s) to a power receiver(s) that is(are) located within an induced magnetic field

3.1.2.5

non-resonant mode of magnetic-field based wireless power transfer

wireless electrical power transfer between power transmitting coiled inductor(s) and power receiving coiled inductor(s) using an induced magnetic field without a resonance

Note 1 to entry: The alternative term “inductive wireless power transfer” is also often used in technical documents.

3.1.2.6

resonant mode of magnetic-field based wireless power transfer

wireless electrical power transfer between power transmitting coiled inductor(s) and power receiving coiled inductor(s) using an induced magnetic-field with a resonance

Note 1 to entry: Four coiled inductors system has one source coiled inductor, two resonated coiled inductors and one load coiled inductor. Two coiled inductors system has only two resonated coiled inductors.

Note 2 to entry: The alternative term “magnetic resonance wireless power transfer” is also often used in technical documents.

3.1.2.7

electric-field based wireless power transfer

EF WPT

wireless electrical power transfer from a power transmitter(s) to a power receiver(s) that is(are) located within an induced electric field

Note 1 to entry: The alternative term “capacitive coupling wireless power transfer” is also often used in technical documents.

3.1.2.8 resonant frequency

f_R

specific resonated frequency determined by inductance of the coiled inductor and capacitance of matching capacitor in the resonant mode of magnetic-field based wireless power transfer

Note 1 to entry: AirFuel uses 6,78 MHz $\pm$ 15 kHz as a resonant frequency.

3.1.2.9 coupling coefficient

k

coefficient that indicates the degree of magnetic coupling between two coils

Note 1 to entry: The alternative term “coupling factor” is also often used in technical documents and the coupling coefficient is greater or equal to 0 and less than 1.

3.1.2.10 critically coupled distance

optimum distance between a power transmitting coil(s) and a power receiving coil(s) where maximum wireless power transfer is obtained

3.1.2.11 loosely coupled distance

distance longer than the critically coupled distance where less magnetic coupling is obtained because a magnetic flux from a power transmitting coil(s) is not fully reached to a receiving coil(s)

3.1.2.12 over coupled distance

distance closer than the critically coupled distance where less magnetic coupling is obtained because a formation of magnetic flux is hindered by the effect of anti-resonance

3.1.2.13 tightly coupled system

MF WPT system having a coupling coefficient of about 1 by using a magnetic core inside the power transmitting and receiving coils

3.1.2.14 proximity range of magnetic-field based wireless power transfer

wireless power transfer range of MF WPT that has the distance of less than 10 mm between a power transmitter(s) and a power receiver(s)

3.1.2.15 effective range of magnetic-field based wireless power transfer

wireless power transfer range of MF WPT that having the distance of less than or equal to the size of receiving coil diameter between a power transmitter(s) and a power receiver(s)

3.1.3 Terminology for far-field based wireless power transfer

3.1.3.1 power transmitting antenna

metal conductor(s) transmitting electrical power via electromagnetic wave propagating through the air

3.1.3.2 power receiving antenna

metal conductor(s) receiving electrical power from a power transmitting antenna via electromagnetic wave propagating through the air

3.1.3.3**electromagnetic-wave based wireless power transfer****EMW WPT**

wireless electrical power transfer from a power transmitting antenna(s) to a power receiving antenna(s) using an electromagnetic-wave radiation

3.1.3.4**far-field based wireless power transfer****FF WPT**

electrical power transfer from a PTx to a PRx using a radiative electromagnetic wave

3.1.3.5**power transmission frequency** **f_{PT}**

frequency at which the wireless power is transmitted and received

Note 1 to entry: The alternative term “fundamental, center or operating frequency” is also often used in technical documents.

3.1.3.6**short range of electromagnetic-wave based wireless power transfer**

power transmission distance up to 5 meters from a power transmitter(s) to a power receiver(s)

3.1.3.7**medium range of electromagnetic-wave based wireless power transfer**

power transmission distance up to 10 meters from a power transmitter(s) to a power receiver(s)

Note 1 to entry: The alternative term “locally” is also used in CISPR 11.

3.1.3.8**locally**

within close proximity and distances of up to 10 meters

3.1.3.9**long range of electromagnetic-wave based wireless power transfer**

power transmission distance more than 10 meters from a power transmitter(s) to a power receiver(s)

3.2 Symbols and abbreviated terms

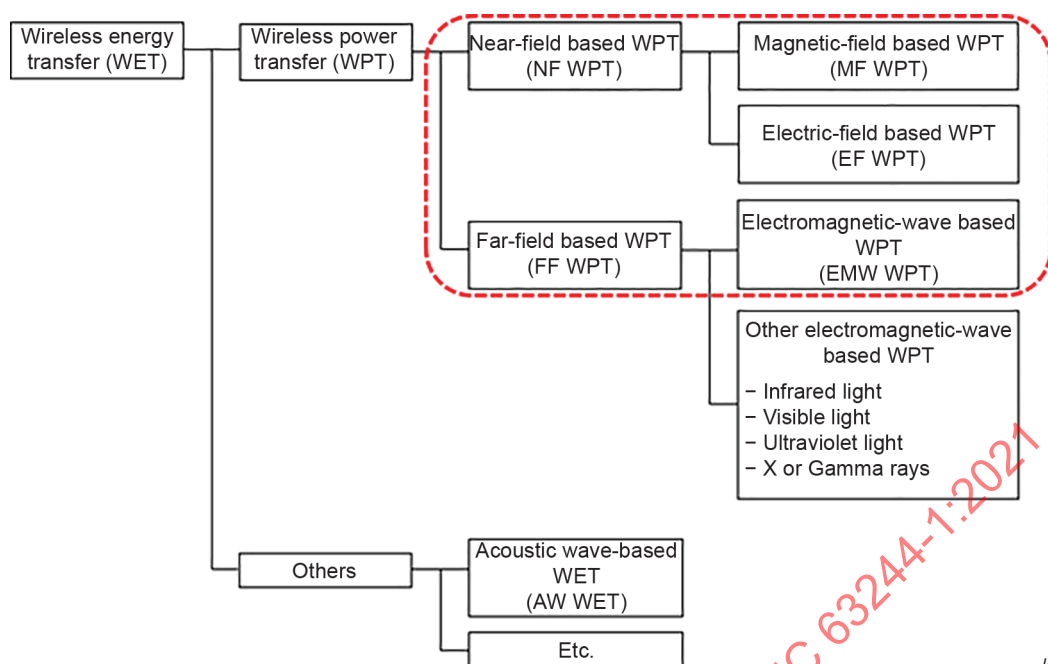
The following letter symbols and abbreviations are listed as shown in Table 1.

Table 1 – Letter symbols and abbreviated terms

Terms	Letter symbols	Abbreviated terms
General terms and parameters related to wireless power transfer		
wireless energy transfer	-	WET
wireless power transfer	-	WPT
power receiver	-	PRx
power receiving unit	-	PRU
power transmitter	-	PTx
power transmitting unit	-	PTU
Terms and parameters related to near-field based wireless power transfer		
magnetic-field based wireless power transfer	-	MF WPT
electric-field based wireless power transfer	-	EF WPT
near-field based wireless power transfer	-	NF WPT
resonant frequency	f_R	-
coupling coefficient or coupling factor	k	-
Terms and parameters related far-field based wireless power transfer		
electromagnetic-wave based wireless power transfer	-	EMW WPT
far-field based wireless power transfer	-	FF WPT
power transmission frequency	f_{PT}	-

4 Classification

The WET technology is classified as shown in Figure 1. An energy can be transmitted wirelessly through electric and/or magnetic fields, electromagnetic waves, acoustic waves, etc. And also, field regions for electromagnetically short antennas are shown in Figure A.1 of Annex A.



IEC

NOTE The red dashed rectangular line indicates commercialized WPT technologies.

Figure 1 – Classification of WET technologies

The examples of blank specifications shall be listed as shown in the Table 2. Products with respect to power consumption level, wireless power transfer methods and wireless power transfer distance shall be listed in the table.

Table 2 – Example of blank specifications: classification of wireless power transfer methods and distance according to products and power consumption

Products	Power consumption	Wireless power transfer methods and distance				
		MF WPT		EMW WPT		
		Proximity range (≤ 10 mm)	Effective range (≤ size of receiving coil diameter)	Short range (≤ 5 m)	Medium range (≤ 10 m)	Long range (10 m ≤)
Low power sensors Low power wireless communications (BLE)	≤ 10 mW					
Medium power sensors Medium power wireless communications (Zigbee)	≤ 500 mW					
Wireless headset or earphone	≤ 1 W					
Smart phone	≤ 5 W to 10 W					
Tablet PC	≤ 15 W					
Laptop PC	≤ 50W					
Low power home appliances and lights	≤ 100 W					

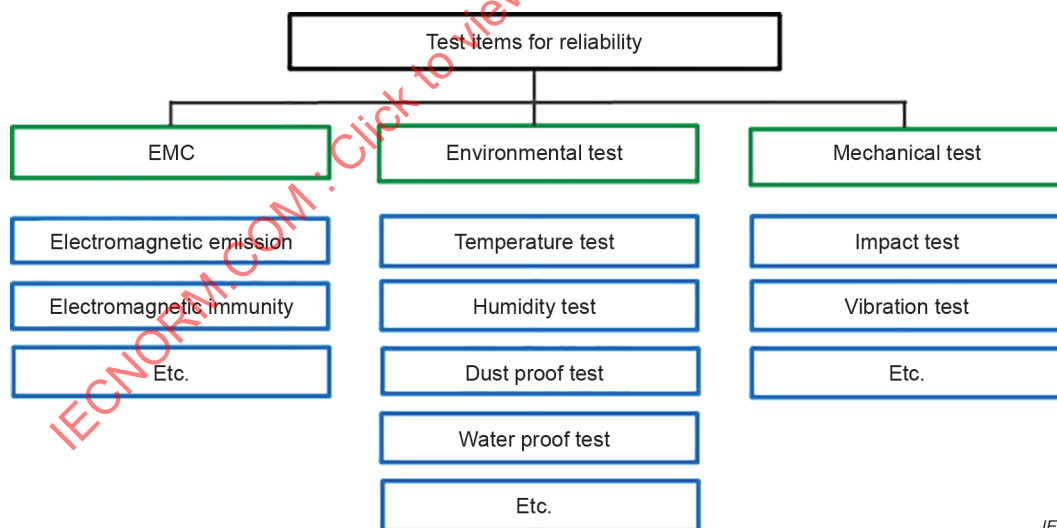
Products	Power consumption	Wireless power transfer methods and distance				
		MF WPT		EMW WPT		
		Proximity range (≤ 10 mm)	Effective range ($\leq$ size of receiving coil diameter)	Short range (≤ 5 m)	Medium range (≤ 10 m)	Long range (10 m $\leq$)
Kitchen appliances	≤ 1 kW					
Low power electric Vehicles						
Medium power electric Vehicles	$\leq 7,7$ kW					
High power electric vehicles	≤ 22 kW					
Automated in-plant transportation systems, trams and electric buses	>22 kW					

NOTE Products, power consumption and wireless power transfer distance can be added and modified.

5 Test items for reliability

5.1 General

All test conditions and items suggested by a manufacturer shall be listed in a table or diagram as shown as an example in Figure 2.



IEC

Figure 2 – Example of reliability test conditions and items

5.2 IP rating

The IP (Ingress Protection) rating result of a wireless power system and components shall be provided by a manufacturer to ensure users with the water proof and the dust proof reliability.

The test shall be in accordance with IEC 60529.

5.3 Temperature test

The temperature for the ambient, coldest and hottest including damp heat and temperature cycling results of a wireless power system and components shall be provided by a manufacturer to ensure users with temperature related reliability.

The test shall be in accordance with IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2 and IEC 60068-2-14.

5.4 Humidity test

The humidity test result of a wireless power system and components shall be provided by a manufacturer to ensure users with humidity related reliability.

The test shall be carried out at the range between 5 % and 95 %. The test shall be in accordance with IEC 60068-2-30.

5.5 Mechanical impact and vibration test

The mechanical shock, impact and vibration test result of a wireless power system and components shall be provided by a manufacturer to ensure users with mechanical impact and vibration related reliability.

The test shall be in accordance with IEC 62262 and IEC 60749-10.

5.6 EMC test

5.6.1 General

The EMC test of the semiconductor components in the WPT system shall be carried out to ensure users with EMC related reliability.

Various WPT systems use fundamental frequencies in dedicated frequency ranges to ensure functional compatibility between transmitting and receiving equipment. However, there are unwanted harmonics and electromagnetic radiation disturbance from the antenna and components.

In order to evaluate electromagnetic radiation disturbance produced by WPT applications, IEC CISPR 11 shall be used to all types of WPT components and systems intended for use in industrial, scientific or medical (ISM) applications which is operated at frequencies in the frequency range 0 Hz to 400 GHz. IEC CISPR 11 covers emission requirements for ISM WPT application for instantaneous power supply or for the charging of power electronic equipment.

5.6.2 Electromagnetic immunity

The electromagnetic immunity test of the semiconductor components in the WPT system shall be carried out with respect to performance criteria to prevent malfunction and damage.

The test shall be in accordance with IEC 62132-4 for conducted immunity test and IEC 62132-2 or IEC 62132-8 for radiated immunity test.

5.6.3 Electromagnetic emission

The electromagnetic emission test of the semiconductor components in the WPT system shall be carried out in respect to performance criteria to prevent malfunction and damage.

The test shall be in accordance with IEC 61967-4 for conducted emission measurement and IEC 61967-2 or IEC 61967-8 for radiated emission measurement.

6 Performance evaluation items

6.1 Efficiency

6.1.1 General

The system-level power transfer efficiency is composed of three module-level efficiencies such as conversion efficiency of the power transmitter, power transfer efficiency between power transmitting and receiving antennas or coils, and conversion efficiency of the power receiver.

Three module-level efficiencies shall be calculated using component-level efficiencies.

6.1.2 Block diagram for efficiency analysis

Power conversion or transfer efficiencies at each stage shall be calculated from the efficiency diagram as shown in Figure 3 and Figure 4.

Figure 3 shows a block diagram for efficiency analysis of MF WPT system and Figure 4 shows a block diagram for efficiency analysis of electromagnetic-wave based WPT system.

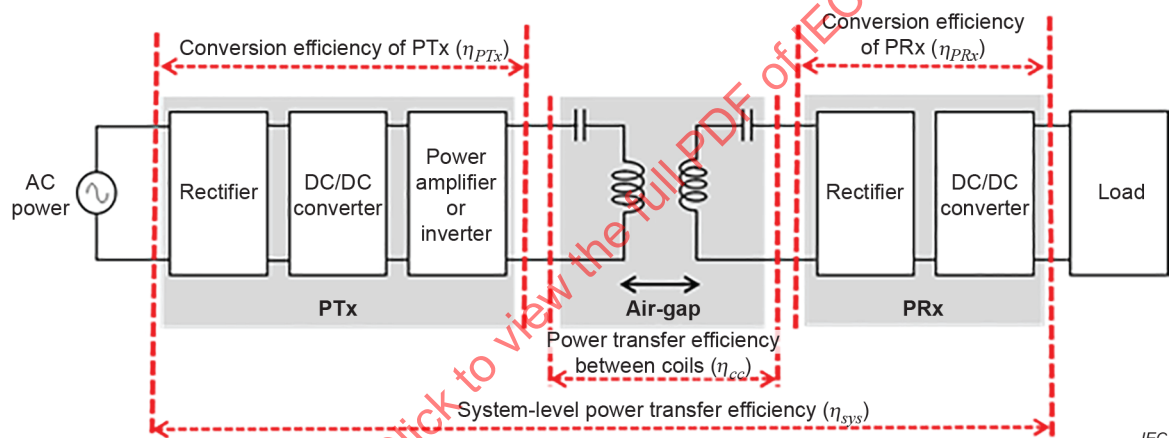


Figure 3 – Block diagram for efficiency analysis of MF WPT system

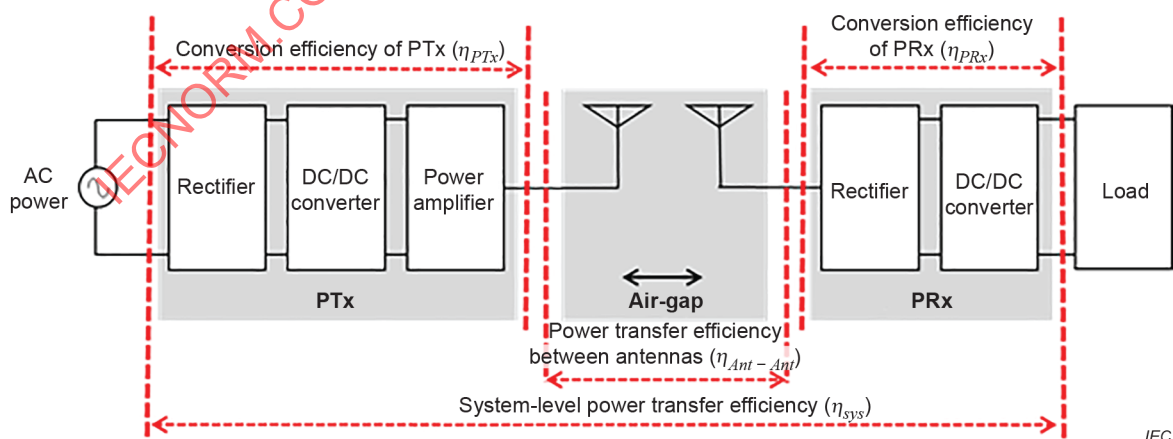


Figure 4 – Block diagram for efficiency analysis of EMW WPT system

6.1.3 Component-level efficiency

6.1.3.1 AC to DC converting efficiency or rectifying efficiency

A rectifying circuit shall be used in the PTx and PRx to convert AC to DC voltage. In the power transmitter, an electric power supplied from the outlet on the wall is AC (from 100 V to 440 V and 50 Hz to 60 Hz depending on the countries). In the power receiver, the received power from the receiving coil or antenna is also AC.

The AC to DC converting efficiency or rectifying efficiency shall be calculated as shown in Formula (1), Formula (2) and Figure 5.

$$\eta_{PTx_rect} = \frac{P_{PTx_DCin}}{P_{Supply_AC}} \quad (1)$$

where

η_{PTx_rect} is the rectifying efficiency of the PTx;

P_{PTx_DCin} is the input power to a DC-to-DC converter in the PTx;

P_{Supply_AC} is the input power to a rectifier in the PTx.

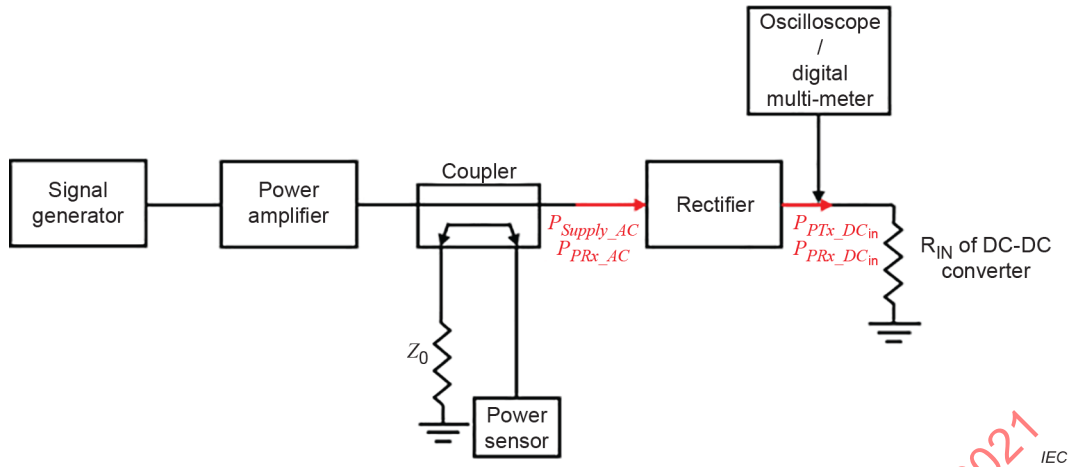
$$\eta_{PRx_rect} = \frac{P_{PRx_DCin}}{P_{PRx_AC}} \quad (2)$$

where

η_{PRx_rect} is the rectifying efficiency of the PRx;

P_{PRx_DCin} is the input power to a DC-to-DC converter in PRx;

P_{PRx_AC} is the input power to a rectifier in PRx.



Key

R_{IN} the input resistance of DC-DC converter

Figure 5 – Measurement setup for AC to DC converting efficiency or rectifying efficiency

6.1.3.2 DC to DC converting efficiency

A DC to DC converting circuit shall be used in the PTx and PRx. In the power transmitter, the rectified DC is converted to DC having the required value to drive inverter or power amplifier. In the power receiver, the rectified DC from the rectifier is converted to DC having the required value by a load.

The DC to DC converting efficiency shall be calculated as shown in Formula (3), Formula (4) and Figure 6.

$$\eta_{PTx_DC} = \frac{P_{PTx_DCout}}{P_{PTx_DCin}} \quad (3)$$

where

η_{PTx_DC} is the DC-to-DC converting efficiency of the PTx;

P_{PTx_DCout} is the output power of DC-to-DC converter of the PTx;

P_{PTx_DCin} is the input power to DC-to-DC converter of the PTx.

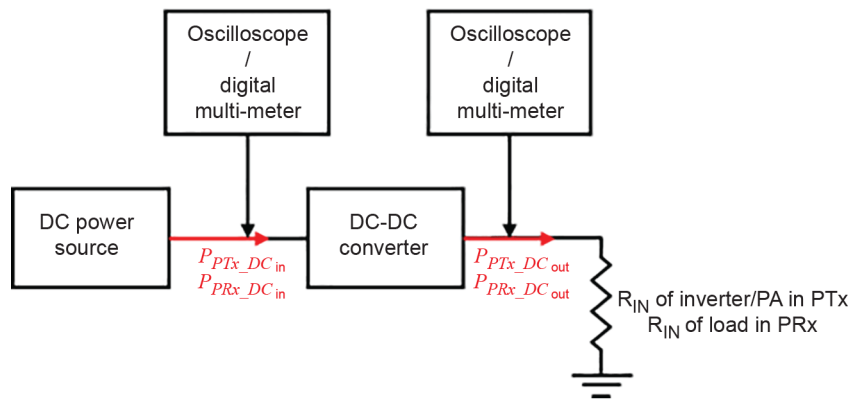
$$\eta_{PRx_DC} = \frac{P_{PRx_DCout}}{P_{PRx_DCin}} \quad (4)$$

where

η_{PRx_DC} is the DC-to-DC converting efficiency of the PRx;

P_{PRx_DCout} is the output power of DC-to-DC converter of the PRx;

P_{PRx_DCin} is the input power to DC-to-DC converter of the PRx.

**Key**

R_{IN} the input resistance of inverter, PA(power amplifier) in the PTx or load in the PRx

Figure 6 – Measurement setup for DC to DC converting efficiency

6.1.3.3 DC to AC converting efficiency

An inverter or a power amplifier is used in the PTx to convert DC to AC voltage and the converted or amplified AC is used to drive the power transmitting coil or antenna.

The DC to AC converting efficiency shall be calculated as shown in Formula (5) and Figure 7.

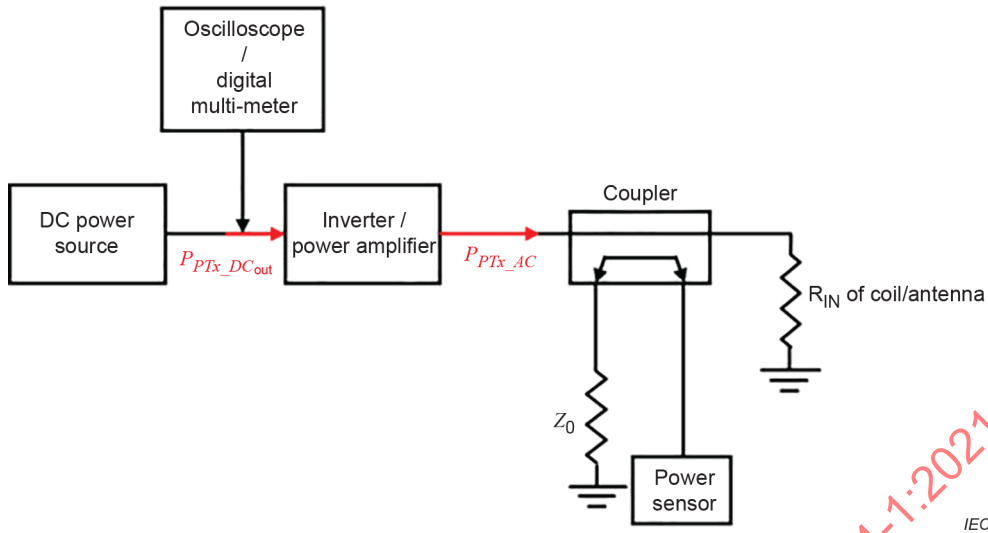
$$\eta_{DC_AC} = \frac{P_{PTx_AC}}{P_{PTx_DCout}} \quad (5)$$

where

η_{DC_AC} is the DC-to-AC converting efficiency of the PTx;

P_{PTx_AC} is the output power of inverter or power amplifier in the PTx;

P_{PTx_DCout} is the DC output power and input power to inverter or power amplifier in the PTx.



Key

P_{PTx_DCout}	DC output power and input power to inverter or power amplifier in the PTx
P_{PTx_AC}	output power of inverter or power amplifier in the PTx
R_{IN}	input resistance of the coil or antenna
Z_0	characteristic impedance of the measuring system

Figure 7 – Measurement setup for DC to AC converting efficiency

6.1.4 Module-level efficiency

6.1.4.1 Conversion efficiency of the power transmitter

AC voltage from the outlet on the wall is converted to DC voltage, then the converted DC is converted to DC value required by an inverter in the power transmitter.

The conversion efficiency of the PTx shall be calculated as shown in Formula (6), and Figure 3 and Figure 4

$$\eta_{PTx} = \eta_{PTx_rect} \times \eta_{PTx_DC} \times \eta_{PTx_AC} = \frac{P_{PTx_DCin}}{P_{Supply_AC}} \times \frac{P_{PTx_DCout}}{P_{PTx_DCin}} \times \frac{P_{PTx_AC}}{\eta_{PTx_DCout}} \quad (6)$$

6.1.4.2 Conversion efficiency of the PRx

AC from the receiving coil is converted to DC through a rectifier, then the converted DC is converted to DC value required by a load in the power receiver.

The conversion efficiency of the PRx shall be calculated as shown in Formula (7), Figure 3 and Figure 4.

$$\eta_{PRx} = \eta_{PRx_rect} \times \eta_{PRx_DC} = \frac{P_{PRx_DCin}}{P_{PRx_AC}} \times \frac{P_{PRx_DCout}}{P_{PRx_DCin}} \quad (7)$$

6.1.4.3 Power transfer efficiency between transmitting and receiving coils or antennas

6.1.4.3.1 Power transfer efficiency between transmitting and receiving coils

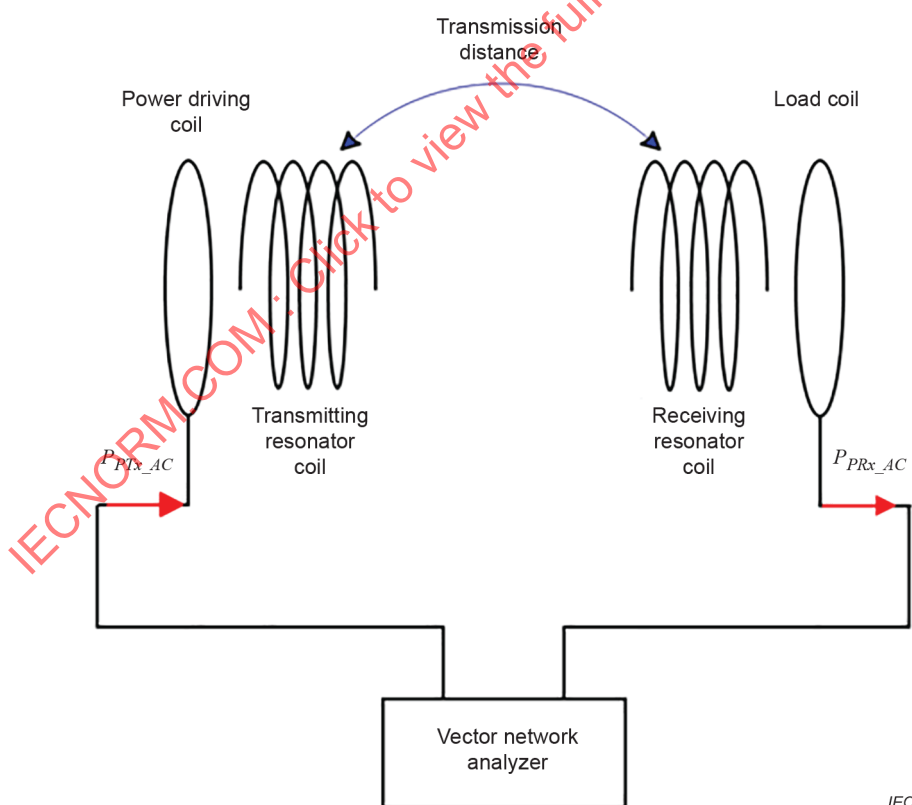
A coil(s) shall be used in the PTx and PRx of the MF WPT to transfer the power wirelessly. The combination of coils can be two coiled system or four coiled system depending on the application.

The power transfer efficiency shall be measured by measuring s-parameter using Vector Network Analyser (VNA). The power transfer efficiency shall be calculated as shown in Formula (8) and Figure 8.

$$\eta_{cc} = \frac{P_{PRx_AC}}{P_{PTx_AC}} = |S_{21}|^2 \quad (8)$$

where

η_{cc} is the coupling efficiency between the PTx and PRx;
 P_{PTx_AC} is the output power of inverter or power amplifier in the PTx;
 P_{PRx_AC} is the input power to rectifier in the PRx.



[SOURCE: Figure 3 of IEC 62969-2:2018]

Figure 8 – Measurement setup for coupling efficiency between transmitting and receiving coils

6.1.4.3.2 Power transfer efficiency between power transmitting and receiving antennas

An antenna(s) shall be used in the PTx and PRx of the EMW WPT to transfer the power wirelessly. The antenna used in the PTx and PRx can be a single antenna or an arrayed antenna.

The antenna to antenna power transfer efficiency shall be calculated using the received antenna power calculated by the Friis Equation as shown in Equation (9) and Figure 9.

$$\eta_{Ant_Ant} = \frac{P_{PRx_AC}}{P_{PTx_AC}} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi R)^2} \quad (9)$$

where

- G_t is the gain of the transmitting antenna;
- G_r is the gain of the receiving antenna;
- λ is the wavelength;
- R is the distance between the transmitting and receiving antennas;
- η_{Ant_Ant} is the transfer efficiency between the transmitting and receiving antennas;
- P_{PTx_AC} is the output power of inverter or power amplifier in the PTx;
- P_{PRx_AC} is the input power to rectifier of the PRx.

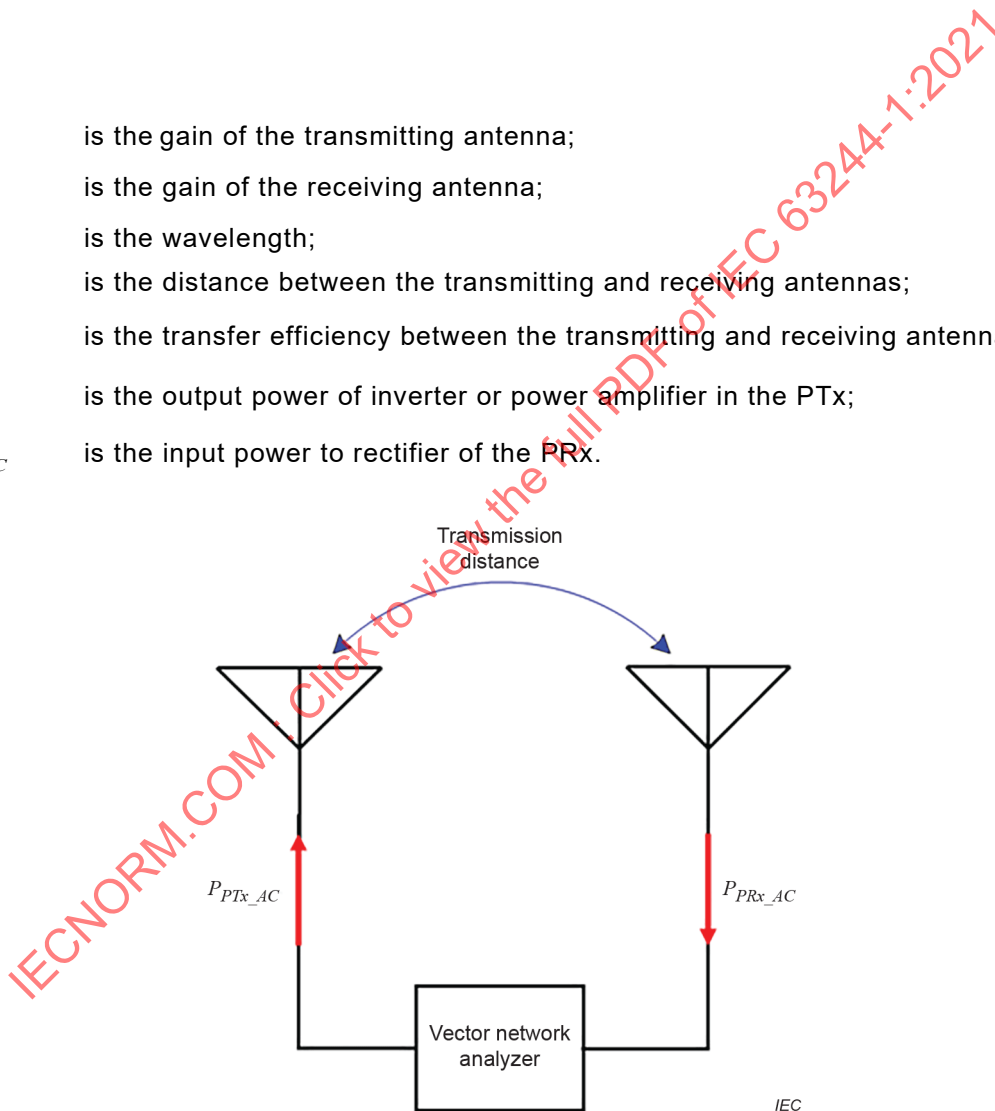


Figure 9 – Measurement setup for power transfer efficiency between power transmitting and receiving antennas

6.1.5 System-level power transfer efficiency

The system-level power transfer efficiency is represented by the power ratio of DC input power delivered to a load to the AC output power delivered by outlet on the wall. The system efficiency can be affected by all the components and losses in the system.

The system-level power transfer efficiency of MF WPT system shall be calculated as shown in Formula (10).

$$\eta_{sys_MF} = \eta_{PTx} \times \eta_{cc} \times \eta_{PRx} \quad (10)$$

where

- η_{sys_MF} is the system-level power transfer efficiency of MF WPT;
- η_{PTx} is the conversion efficiency of the PTx;
- η_{PRx} is the conversion efficiency of the PRx;
- η_{cc} is the power transfer efficiency between power transmitting and receiving coils.

The system-level power transfer efficiency of electromagnetic-wave based WPT system shall be calculated as shown in Formula (11).

$$\eta_{sys_EMW} = \eta_{PTx} \times \eta_{Ant-Ant} \times \eta_{PRx} \quad (11)$$

where

- η_{sys_EMW} is the system-level power transfer efficiency of EMW WPT;
- η_{PTx} is the conversion efficiency of the PTx;
- η_{PRx} is the conversion efficiency of the PRx;
- $\eta_{Ant-Ant}$ is the power transfer efficiency between power transmitting and receiving antennas.

6.2 Evaluation components in PTx and PRx

6.2.1 General

A wireless PTx and PRx system is composed of integrated circuits or discrete semiconductor devices such as rectifier, DC-to-DC converter, variable gain amplifier (VGA), inverter, etc. as shown in Figure 10.

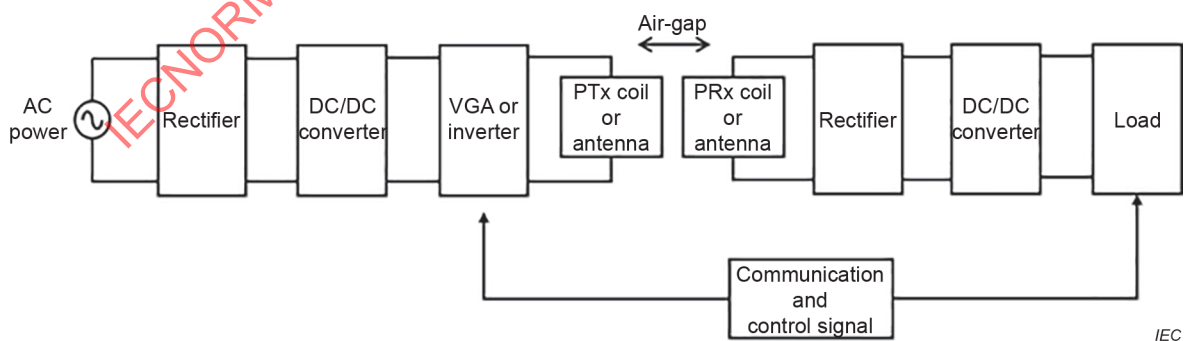


Figure 10 – Semiconductor components in PTx and PRx

6.2.2 Rectifier and ripple smoothing circuit

A rectifier circuit is an electronic component that converts AC to DC. A single-phase rectifier circuit is used for low power rectification. Three-phase rectifier circuit is used for industrial applications and for the transmission of high power applications.

There are two single-phase rectification circuit topologies for low power applications, which are full-wave and half-wave rectification. A half-wave rectifier converts only half side of the AC wave, positive or negative side as shown in Figure 11. However, a full-wave rectifier converts the two side of the AC wave to one of polarity, positive or negative side as shown in Figure 12.

The electrical rating parameters for a rectifier such as diode reverse voltage, forward current and voltage, and reverse recovery time shall be listed as shown in Table 3.

Table 3 – Example of blank specifications of a rectifier diode

Parameters	Unit	Symbol	Values		
			Minimum	Typical	Maximum
Diode reverse voltage	V	V_R	-	55	65
Forward current	mA	I_F	95	100	110
Forward voltage	V	V_F		1,3	
Junction temperature	°C	T_J	-	125	-
Reverse recovery time	ns	t_r	-	2	-

NOTE Parameters can be added and modified.

Conversion efficiency is defined as the ratio of DC output power to the AC input power from the AC power supply or from the receiving coil or antenna.

For a resistive load and a sinusoidal source, the conversion efficiency of the half-wave rectifier is given in Formula (12).

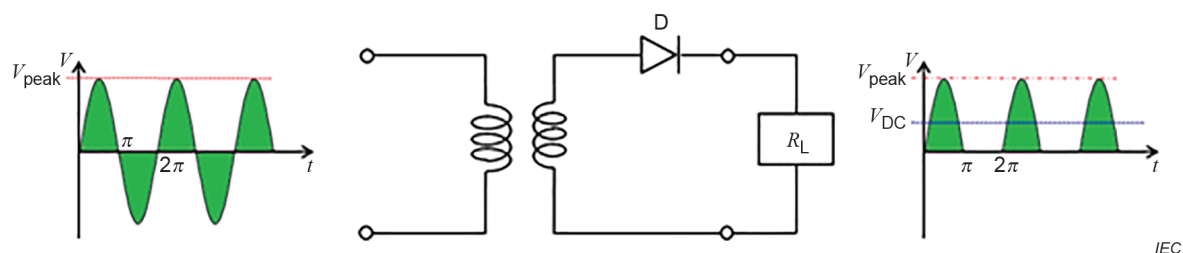
$$P_{avg} = I_{rms}^2 R_F + I_{rms}^2 R_L = \left\{ \frac{I_{peak}^2}{4} \right\} [R_F + R_L] \quad (12)$$

$$P_{DC} = I_{DC}^2 R_L = \left\{ \frac{I_{peak}}{\pi} \right\}^2 R_L$$

$$\eta_{half_rect} = \frac{P_{DC}}{P_{avg}}$$

where

- η_{half_rect} is the efficiency of half-wave rectifier;
- P_{avg} is the average input AC power to a half-wave rectifier;
- P_{DC} is the rectified DC power;
- I_{rms} is the root mean square (RMS) value of output current;
- I_{peak} is the peak value of the input current;
- I_{DC} is the rectified DC current;
- R_L is the load resistance;
- R_F is the forward resistance of the diode.

**Key**

V_{peak}	the peak value of the input voltage
R_L	the load resistance
V_{DC}	the rectified DC voltage
D	the diode

Figure 11 – Half-wave rectifier and input/output waveform

For a resistive load and a sinusoidal source, the conversion efficiency of the full-wave bridge rectifier is given in Formula (13).

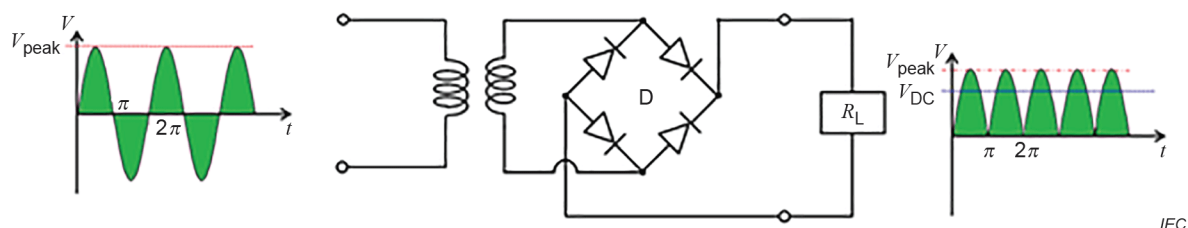
$$P_{\text{avg}} = I_{\text{rms}}^2 R_F + I_{\text{rms}}^2 R_L = \left\{ \frac{I_{\text{peak}}^2}{2} \right\} [R_F + R_L] \quad (13)$$

$$P_{\text{DC}} = I_{\text{DC}}^2 R_L = \left(\frac{2I_{\text{peak}}}{\pi} \right)^2 R_L = \left(\frac{4}{\pi^2} \right) I_{\text{peak}}^2 R_L$$

$$\eta_{\text{full-rect}} = \frac{P_{\text{DC}}}{P_{\text{avg}}}$$

where

$\eta_{\text{full-rect}}$	is the efficiency of full-wave rectifier;
P_{avg}	is the average input AC power to a full-wave rectifier;
P_{DC}	is the rectified DC power;
I_{rms}	is the root mean square (RMS) value of output current;
I_{peak}	is the peak value of the input current;
I_{DC}	is the rectified DC current;
R_L	is the load resistance;
R_F	is the forward resistance of the diode.



Key

V_{peak}	the peak value of the input voltage
R_L	the load resistance
V_{DC}	the rectified DC voltage
D	the diode

Figure 12 – Full-wave rectifier and input/output waveform

The output voltage of a rectifier is not a constant voltage. It has a ripple. To reduce the ripple, a smoothing circuit can be used. Voltage ripple shall be reduced by using a filter that having (a) capacitor(s) and / or resistor(s) as shown in Figure 13.

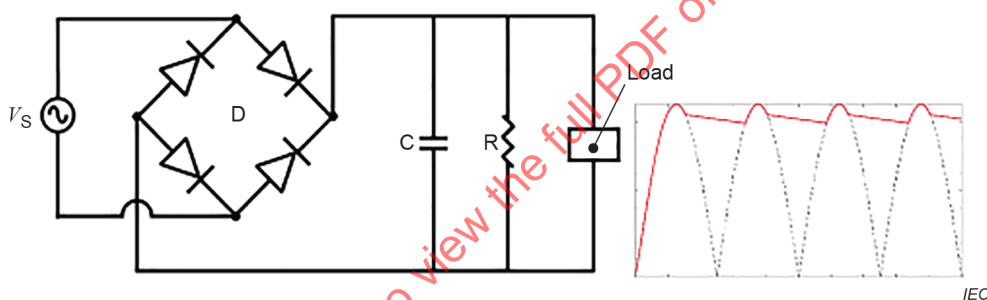


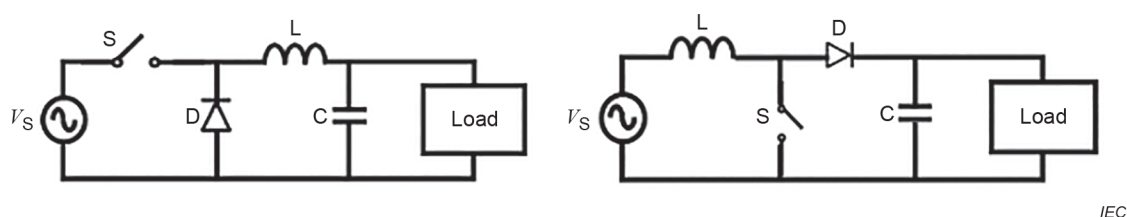
Figure 13 – Diode bridge rectifier and RC smoothing circuits

6.2.3 DC to DC converter

A DC-to-DC converter is an electronic component that converts input DC voltage to a specific DC voltage level required by a load.

A DC-to-DC converter converts one DC voltage level to another voltage level by temporarily storing the input power and then releasing that power with a different voltage. The storage process can be done by using a magnetic-field based components such as inductor and transformer. And also, the storage process can be done by using an electric-field based components such as capacitors. A charge pump is an electric-field based DC to DC converter that uses capacitors.

The DC conversion can be step down or step up. The output voltage can be lower than the input voltage by using a stepping-down DC to DC converter such as buck converter. The output voltage can be higher than the input voltage by using a stepping-up DC to DC converter such as boost converter as shown in Figure 14.

**Key**

V_S	the source voltage
S	the switch
L	the inductor
C	the capacitor
D	the diode

Figure 14 – Example of step down converter (Buck converter) and step up converter (Boost converter)

The electrical rating parameters for a DC-to-DC converter such as input voltage, output voltage and current, quiescent and shutdown current, and switching frequency shall be listed as shown in Table 4.

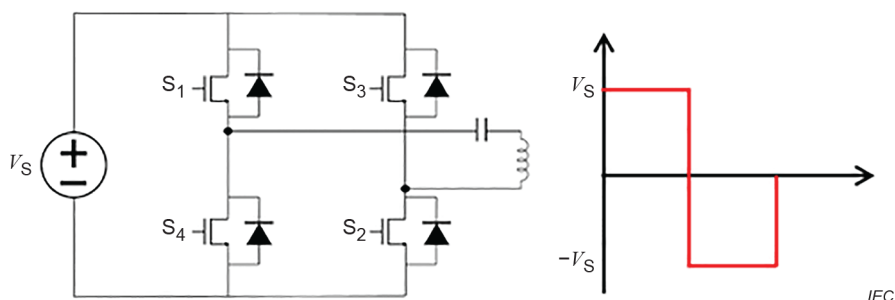
Table 4 – Example of blank specifications of a step- down DC-to-DC converter

Parameters	Unit	Symbol	Values		
			Minimum	Typical	Maximum
Input voltage	V	V_{IN}	0,5	3~5	6
Output voltage	V	V_{OUT}	0,8	-	3,6
Output current	mA	I_{OUT}	0	-	500
Quiescent current ($I_{OUT} = 0mA$)	μA	I_{OUT}	-	30	50
Shutdown current	μA	I_{SD}	-	1	3
Switching frequency	MHz	f_{SW}	2,9	3,5	4-

NOTE Parameters can be added and modified.

6.2.4 Inverter

An inverter is an electronic component that converts DC to AC. The AC signal can be square wave, sine wave, etc. An example of CMOS inverter is shown in Figure 15.



Key

V_S the DC supply voltage

S_1, S_2, S_3, S_4 the switches

Figure 15 – Example of equivalent circuit and square AC output signal

The inverter shall be characterized by the power conversion efficiency that converts the input DC power into the AC output power and given by Formula (14).

$$\eta_{inv} = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{AC} \cdot I_{AC} \cdot \cos \varphi}{V_{DC} \cdot I_{DC}} \quad (14)$$

where

η_{inv} is the efficiency of the inverter,

P_{in} is the input DC power,

P_{out} is the output AC power,

$\cos \varphi$ is the power factor of the inverter,

V_{AC} is the output AC voltage,

I_{AC} is the output AC current,

V_{DC} is the input DC voltage,

I_{DC} is the input DC current.

The electrical rating parameters for an inverter such as input DC voltage, input DC current, output AC voltage, output AC current, and AC frequency shall be listed as shown in Table 5.

Table 5 – Example of blank specifications of an inverter used for MF WPT

Parameters	Units	Test conditions	Values		
			Minimum	Typical	Maximum
Supply voltage	V	-	-	5	-
Input DC voltage	V	-	4,2	4,4	4,7
Input DC current	mA	-	-	75	-
Open circuit RMS AC output voltage	V	RMS value Open circuit	-	11,2	-
RMS AC output current	mA	RMS value	-	25	-
AC frequency	KHz	-	110	120	205

NOTE Parameters can be added and modified.

6.2.5 Variable gain amplifier (VGA)

6.2.5.1 General

A variable amplifier is an electronic component that produce variable gain depending on a control voltage as shown in Figure 16.

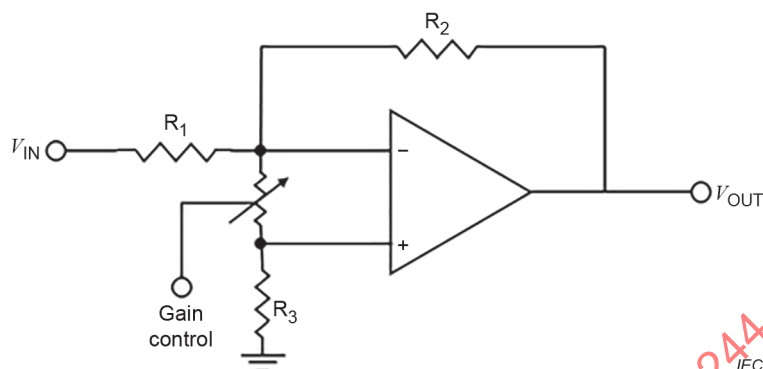


Figure 16 – Block diagram of VGA

6.2.5.2 Gain

The gain of a variable gain amplifier is the ratio of output to input power. The gain shall be calculated as shown in Formula (15).

$$G(dB) = 10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (15)$$

where

P_{out} output power of VGA

P_{in} input power of VGA

G gain of VGA

6.2.5.3 3 dB bandwidth

The 3 dB bandwidth of a variable gain amplifier is the range of frequency where the power goes down by half its peak value as shown in Figure 17.

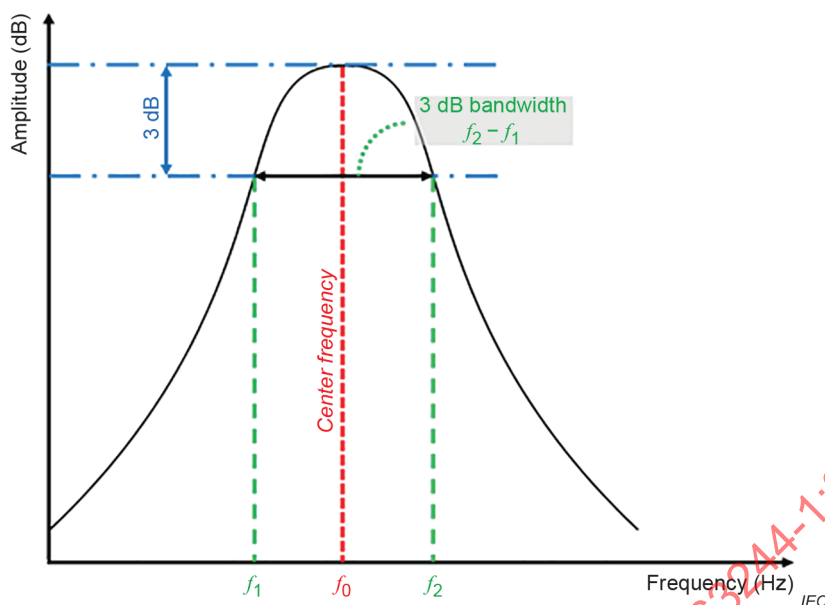


Figure 17 – 3 dB bandwidth

6.2.5.4 1 dB compression point (P1dB)

When the amplitude of an applied signal to a variable gain amplifier is increased, the output power cannot continuously be increased because of nonlinearity of a variable amplifier. The 1 dB compression point, where the actual gain deviates from the expected gain by 1 dB, shall be evaluated.

The 1 dB compression point shall be calculated as shown in Figure 18.

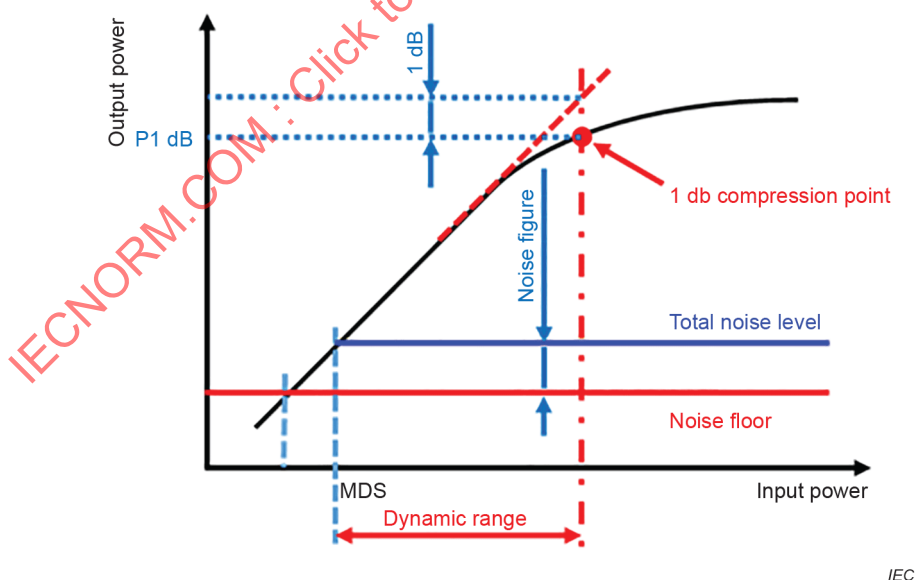


Figure 18 – P1dB, MDS and dynamic input range of a variable gain amplifier

6.2.5.5 Noise figure (NF) and noise factor (F)

The noise figure and noise factor of a variable gain amplifier are indicators of how much noise is generated in the amplification process. The noise figure and noise factor shall be calculated as shown in Formulae (16) and (17).

$$F = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} \quad (16)$$

$$NF = 10\log_{10}(F) = 10\log_{10}\left(\frac{SNR_{in}}{SNR_{out}}\right) = SNR_{in(dB)} - SNR_{out(dB)} \quad (17)$$

where

F noise figure

NF noise factor

SNR_{in} input signal-to-noise ratio

SNR_{out} output signal-to-noise ratio

6.2.5.6 Dynamic input range

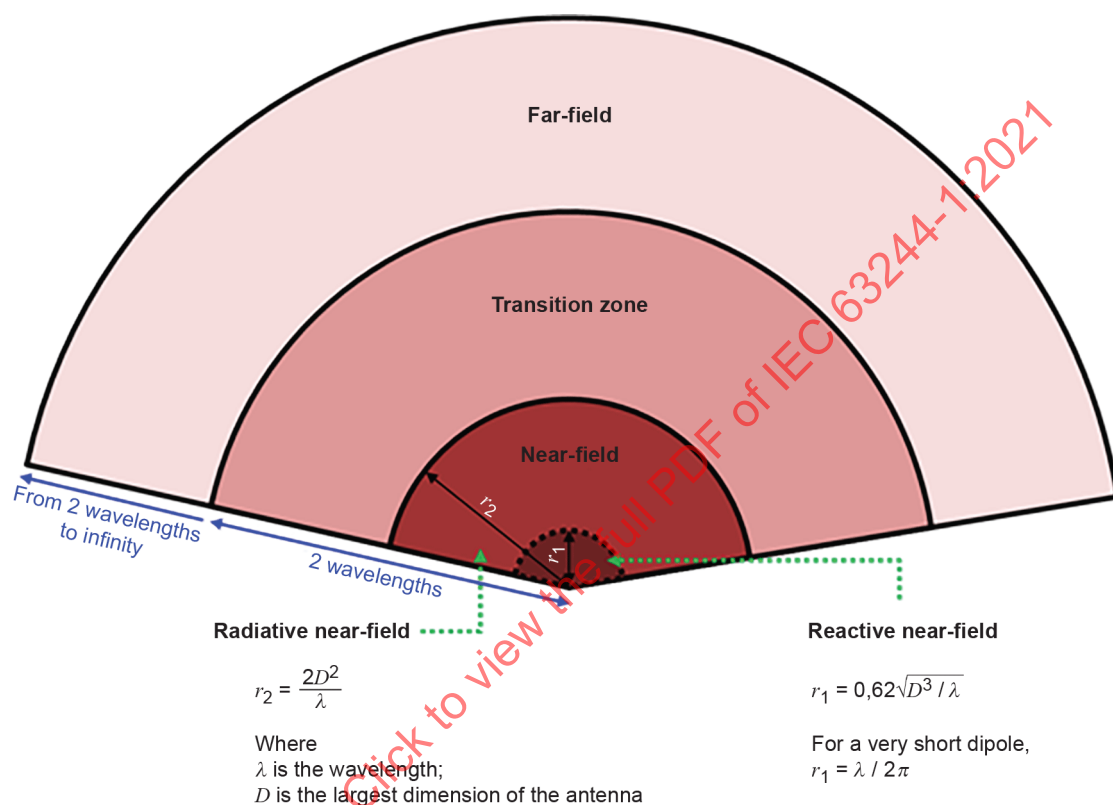
The dynamic input range of a variable gain amplifier is the range within which a variable gain amplifier can be operated without distortion. The lower end of the dynamic range is defined as the minimum detectable signal (MDS) and the level of the output power is the noise floor added by the value of given noise figure. The upper end of the dynamic range is the input power point at which the 1 dB compression occurs. The dynamic input range of a variable gain amplifier is shown in Figure 18.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63244-1:2021

Annex A (informative)

Field regions for electromagnetically short antenna

Field regions for electromagnetically short antennas are those equal to or less than half of wavelength can be classified to reactive near-field region, radiative near-field region (Fresnel region), transition region and far-field region (Fraunhofer region).



IEC

Figure A.1 – Field regions for electromagnetically short antenna

Bibliography

IEC 60747-2, *Semiconductor devices – Part 2: Discrete devices – Rectifier diodes*

IEC 60747-16-1, *Semiconductor devices – Part 16-1: Microwave integrated circuits – Amplifiers*

IEC 60748-3, *Semiconductor devices – Integrated circuits – Part 3: Analogue integrated circuits*

IEC 63028, *Wireless power transfer – Airfuel alliance resonant baseline system specification (BSS)*

<https://www.wirelesspowerconsortium.com/>

<https://www.airfuel.org/>

Antenna theory, analysis and design by Constantine A. Balanis, Wiley

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63244-1:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	36
INTRODUCTION	38
1 Domaine d'application	39
2 Références normatives	39
3 Termes, définitions et symboles	40
3.1 Termes et définitions	40
3.1.1 Terminologie générale	40
3.1.2 Terminologie pour le transfert de puissance sans fil en champ proche	41
3.1.3 Terminologie pour le transfert de puissance sans fil en champ lointain	43
3.2 Symboles et termes abrégés	44
4 Classification	44
5 Éléments d'essai de fiabilité	46
5.1 Généralités	46
5.2 Indice de protection	47
5.3 Essai de température	47
5.4 Essai d'humidité	47
5.5 Essai d'impact et de vibration mécaniques	47
5.6 Essai CEM	47
5.6.1 Généralités	47
5.6.2 Immunité électromagnétique	47
5.6.3 Émission électromagnétique	48
6 Éléments d'évaluation des performances	48
6.1 Rendement	48
6.1.1 Généralités	48
6.1.2 Schéma de principe pour l'analyse du rendement	48
6.1.3 Rendement au niveau des composants	49
6.1.4 Rendement au niveau des modules	52
6.1.5 Rendement du transfert de puissance au niveau du système	55
6.2 Composants d'évaluation du PTx et du PRx	55
6.2.1 Généralités	55
6.2.2 Circuit redresseur et de filtrage d'ondulations	56
6.2.3 Convertisseur continu-continu	58
6.2.4 Onduleur	59
6.2.5 Amplificateur à gain variable (VGA)	61
Annexe A (informative) Régions de champs pour les antennes à ondes électromagnétiques courtes	64
Bibliographie	65
Figure 1 – Classification des techniques WET	45
Figure 2 – Exemple de conditions et d'éléments d'essai de fiabilité	46
Figure 3 – Schéma de principe pour l'analyse du rendement d'un système MF WPT	48
Figure 4 – Schéma de principe pour l'analyse du rendement d'un système EMF WPT	49
Figure 5 – Montage de mesure du rendement de conversion ou du rendement de redressement de la tension alternative en tension continue	50
Figure 6 – Montage de mesure du rendement de conversion continu-continu	51

Figure 7 – Montage de mesure du rendement de conversion continu-alternatif	52
Figure 8 – Montage de mesure pour le rendement du couplage entre les bobines d'émission et de réception	53
Figure 9 – Montage de mesure pour le rendement du transfert de puissance entre les antennes d'émission et de réception de puissance.....	54
Figure 10 – Composants à semiconducteurs du PTx et du PRx.....	56
Figure 11 – Redresseur demi-onde et forme d'onde d'entrée/sortie.....	57
Figure 12 – Redresseur pleine-onde et forme d'onde d'entrée/sortie.....	58
Figure 13 – Pont redresseur à diode et circuits de filtrage RC.....	58
Figure 14 – Exemple de convertisseur abaisseur de tension et de convertisseur élévateur	59
Figure 15 – Exemple de circuit équivalent et de signal de sortie alternatif à onde carrée	60
Figure 16 – Schéma de principe du VGA.....	61
Figure 17 – Largeur de bande de 3 dB	62
Figure 18 – P1dB, MDS et plage dynamique d'entrée d'un amplificateur à gain variable	62
Figure A.1 – Régions de champs pour les antennes à ondes électromagnétiques courtes	64
Tableau 1 – Symboles littéraux et termes abrégés	44
Tableau 2 – Exemple de spécifications-cadres: classification des méthodes et de la distance de transfert de puissance sans fil selon les produits et la puissance consommée	45
Tableau 3 – Exemple de spécifications-cadres d'une diode de redressement.....	56
Tableau 4 – Exemple de spécifications-cadres d'un convertisseur continu-continu abaisseur de tension.....	59
Tableau 5 – Exemple de spécifications-cadres d'un onduleur utilisé pour le MF WPT	61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS POUR LE TRANSFERT DE PUISSANCE ET LA CHARGE SANS FIL –

Partie 1: Exigences et spécifications générales

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 63244-1 a été élaborée par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
47/2706/FDIS	47/2723/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.

Le présent 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 63244, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs - Dispositifs à semiconducteurs pour le transfert de puissance et la charge sans fil*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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.

INTRODUCTION

Il est prévu que la série 63244 comprenne les parties suivantes:

- IEC 63244-1: Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour le transfert de puissance et la charge sans fil – Partie 1: Exigences et spécifications générales;
- IEC 63244-2: Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour le transfert de puissance et la charge sans fil – Partie 2: Transfert de puissance sans fil en champ lointain – Transfert de puissance sans fil par ondes électromagnétiques;
- IEC 63244-3-1: Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour le transfert de puissance et la charge sans fil – Partie 3-1: Transfert de puissance sans fil en champ proche – Transfert de puissance sans fil en champ magnétique;
- IEC 63244-3-2: Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour le transfert de puissance et la charge sans fil – Partie 3-2: Transfert de puissance sans fil en champ proche – Transfert de puissance sans fil en champ électrique.

Les organismes de normalisation pour les techniques de transfert de puissance et de charge sans fil sont les suivants:

- 1) Wireless power consortium (WPC): Cet organisme traite de la technique de transfert de puissance sans fil en champ magnétique telle que le transfert de puissance sans fil par induction et par résonance magnétique. Le WPC applique le processus de certification Qi pour assurer la sécurité et la qualité;
- 2) AirFuel alliance: Cet organisme traite de la technique de transfert de puissance sans fil en champ proche telle que le mode à résonance du transfert de puissance sans fil en champ magnétique. AirFuel alliance étudie également la technique de transfert de puissance sans fil en champ lointain telle que le transfert de puissance sans fil par ondes électromagnétiques. AirFuel alliance applique le processus de certification Rezence pour le mode à résonance du transfert de puissance sans fil en champ magnétique pour assurer la sécurité et la qualité. AirFuel alliance est né de la fusion en 2015 de Alliance for Wireless Power (A4WP) et de Power Matters Alliance (PMA).

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS POUR LE TRANSFERT DE PUISSANCE ET LA CHARGE SANS FIL –

Partie 1: Exigences et spécifications générales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63244 fournit des exigences et des spécifications générales des dispositifs à semiconducteurs pour les évaluations de fonctionnement et de fiabilité des systèmes de transfert de puissance et de charge sans fil. Dans le cas des évaluations de fonctionnement, la présente partie couvre différents paramètres et symboles de caractérisation, différents schémas de réseaux généraux, ainsi que différents montages et conditions d'essai.

Le présent document décrit également des classifications des techniques de transfert de puissance sans fil.

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

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

IEC 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

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

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

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

IEC 61967-2, *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques 150 kHz à 1 GHz – Partie 2: Mesure des émissions rayonnées – Méthode de cellule TEM et cellule TEM à large bande*

IEC 61967-4, *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques – Partie 4: Mesure des émissions conduites – Méthode par couplage direct 1 Ω /150 Ω*

IEC 61967-8, *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques – Partie 8: Mesure des émissions rayonnées – Méthode de la ligne TEM à plaques (stripline) pour CI*

IEC 62132-2, *Circuits intégrés – Mesure de l'immunité électromagnétique – Partie 2: Mesure de l'immunité rayonnée – Méthode de cellule TEM et cellule TEM à large bande*

IEC 62132-4, *Circuits intégrés – Mesure de l'immunité électromagnétique 150 kHz à 1 GHz – Partie 4: Méthode d'injection directe de puissance RF*

IEC 62132-8, *Circuits intégrés – Mesure de l'immunité électromagnétique – Partie 8: Mesure de l'immunité rayonnée – Méthode de la ligne TEM à plaques pour circuit intégré*

IEC 62262, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*

IEC 62969-2:2018, *Dispositifs à semiconducteurs – Interface à semiconducteurs pour les véhicules automobiles – Partie 2: Méthodes d'évaluation du rendement de la transmission d'énergie sans fil par résonance pour les capteurs de véhicules automobiles*

IEC CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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>

NOTE Les termes et définitions suivants sont classés en terminologie générale, terminologie pour le transfert de puissance sans fil en champ proche, et terminologie pour le transfert de puissance sans fil en champ lointain.

3.1 Termes et définitions

3.1.1 Terminologie générale

3.1.1.1

transfert d'énergie sans fil

WET

transfert d'énergies électriques, optiques, acoustiques et de tout autre type d'énergies à partir d'une source vers une charge électrique par l'intermédiaire de champs électriques et/ou magnétiques, d'ondes électromagnétiques et acoustiques, etc.

Note 1 à l'article: L'abréviation "WET" est dérivée du terme anglais développé correspondant "wireless energy transfer".

3.1.1.2

transfert de puissance sans fil

WPT

transfert d'énergie électrique entre une source d'alimentation et une charge électrique par l'intermédiaire de champs électriques et/ou magnétiques ou des ondes électromagnétiques

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "transmission de puissance sans fil".

Note 2 à l'article: L'abréviation "WPT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "wireless power transfer".

3.1.1.3

récepteur de puissance

PRx

dispositif qui reçoit la puissance électrique d'un ou de plusieurs dispositifs de transmission

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "unité de réception de puissance (PRU - power receiving unit)". Le terme "dispositif secondaire" est également employé dans le CISPR 11.

Note 2 à l'article: L'abréviation "PRx" est dérivée du terme anglais développé correspondant "power receiver".

3.1.1.4

émetteur de puissance

PTx

dispositif qui transmet la puissance électrique à un ou plusieurs dispositifs de réception

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "unité d'émission de puissance (PTU - power transmitting unit)". Le terme "dispositif primaire" est également employé dans le CISPR 11.

Note 2 à l'article: L'abréviation "PTx" est dérivée du terme anglais développé correspondant "power transmitter".

3.1.2 Terminologie pour le transfert de puissance sans fil en champ proche

3.1.2.1

bobine de réception de puissance

bobine inductrice de réception de puissance induite par un champ magnétique à variation temporelle émis par une ou plusieurs bobines d'émission de puissance

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "bobine secondaire". L'IEC 62969-2 emploie également le terme alternatif "bobine réceptrice de résonateur".

3.1.2.2

bobine d'émission de puissance

bobine inductrice d'émission de puissance qui induit une tension dans une ou plusieurs bobines de réception de puissance

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "bobine primaire". L'IEC 62969-2 emploie également le terme alternatif "bobine émettrice de résonateur".

3.1.2.3

transfert de puissance sans fil en champ proche

NF WPT

transfert de puissance électrique sans fil entre un ou plusieurs émetteurs de puissance et un ou plusieurs récepteurs de puissance situés dans un champ magnétique ou électrique induit

Note 1 à l'article: L'abréviation "NF WPT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "near-field based wireless power transfer".

3.1.2.4

transfert de puissance sans fil en champ magnétique

MF WPT

transfert de puissance électrique sans fil entre un ou plusieurs émetteurs de puissance et un ou plusieurs récepteurs de puissance situés dans un champ magnétique induit

Note 1 à l'article: L'abréviation "MF WPT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "magnetic-field based wireless power transfer".

3.1.2.5

mode à non-résonance du transfert de puissance sans fil en champ magnétique

transfert de puissance électrique sans fil entre une ou plusieurs bobines inductrices d'émission de puissance et une ou plusieurs bobines inductrices de réception de puissance au moyen d'un champ magnétique induit sans résonance

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "transfert de puissance sans fil par induction".

3.1.2.6

mode à résonance du transfert de puissance sans fil en champ magnétique

transfert de puissance électrique sans fil entre une ou plusieurs bobines inductrices d'émission de puissance et une ou plusieurs bobines inductrices de réception de puissance au moyen d'un champ magnétique induit avec résonance

Note 1 à l'article: Un système à quatre bobines inductrices comprend une bobine inductrice source, deux bobines inductrices à résonance et une bobine inductrice de charge. Un système à deux bobines inductrices comprend uniquement deux bobines inductrices à résonance.

Note 2 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "transfert de puissance sans fil par résonance magnétique".

3.1.2.7

transfert de puissance sans fil en champ électrique

EF WPT

transfert de puissance électrique sans fil entre un ou plusieurs émetteurs de puissance et un ou plusieurs récepteurs de puissance situés dans un champ électrique induit

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "transfert de puissance sans fil par couplage capacitif".

Note 2 à l'article: L'abréviation "EF WPT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "electric-field based wireless power transfer".

3.1.2.8

fréquence de résonance

f_R

fréquence à résonance spécifique déterminée par inductance de la bobine inductrice et par capacité du condensateur d'adaptation dans le mode à résonance du transfert de puissance sans fil en champ magnétique

Note 1 à l'article: AirFuel utilise une fréquence de 6,78 MHz $\pm$ 15 kHz comme fréquence résonante.

3.1.2.9

coefficient de couplage

k

coefficient qui indique le degré de couplage magnétique entre deux bobines

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "facteur de couplage" et le coefficient de couplage est supérieur ou égal à 0, mais inférieur à 1.

3.1.2.10

distance à couplage critique

distance optimale entre une ou plusieurs bobines d'émission de puissance et une ou plusieurs bobines de réception de puissance qui permet d'obtenir un transfert de puissance sans fil maximal

3.1.2.11

distance à couplage lâche

distance plus grande que la distance à couplage critique qui permet d'obtenir un couplage moins magnétique parce qu'un flux magnétique émis par une ou plusieurs bobines d'émission de puissance ne parvient pas totalement à une ou plusieurs bobines de réception

3.1.2.12

distance à surcouplage

distance plus courte que la distance à couplage critique qui permet d'obtenir un couplage moins magnétique car l'effet d'antirésonance empêche la formation d'un flux magnétique

3.1.2.13**système à couplage étroit**

système de transfert de puissance sans fil en champ magnétique qui présente un coefficient de couplage proche de 1, et dont les bobines d'émission et de réception comportent un noyau magnétique

3.1.2.14**portée de proximité du transfert de puissance sans fil en champ magnétique**

portée de transfert de puissance sans fil en champ magnétique qui présente une distance inférieure à 10 mm entre un ou plusieurs émetteurs de puissance et un ou plusieurs récepteurs de puissance

3.1.2.15**portée efficace du transfert de puissance sans fil en champ magnétique**

portée de transfert de puissance sans fil en champ magnétique qui présente une distance inférieure ou égale à la dimension du diamètre des bobines de réception entre un ou plusieurs émetteurs de puissance et un ou plusieurs récepteurs de puissance

3.1.3 Terminologie pour le transfert de puissance sans fil en champ lointain**3.1.3.1****antenne d'émission de puissance**

conducteur(s) métallique(s) qui émet ou émettent la puissance électrique par la propagation d'une onde électromagnétique dans l'air

3.1.3.2**antenne de réception de puissance**

conducteur(s) métallique(s) qui reçoit ou reçoivent la puissance électrique émise par une antenne d'émission de puissance par la propagation d'une onde électromagnétique dans l'air

3.1.3.3**transfert de puissance sans fil par onde électromagnétique****EMW WPT**

transfert de puissance électrique sans fil entre une ou plusieurs antennes d'émission de puissance et une ou plusieurs antennes de réception de puissance par l'intermédiaire d'un rayonnement électromagnétique

Note 1 à l'article: L'abréviation "EMW WPT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "electromagnetic-wave based wireless power transfer".

3.1.3.4**transfert de puissance sans fil en champ lointain****FF WPT**

transfert de puissance électrique entre un PTx et un PRx par l'intermédiaire d'une onde électromagnétique radiative

Note 1 à l'article: L'abréviation "FF WPT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "far-field based wireless power transfer".

3.1.3.5**fréquence d'émission de puissance**

f_{PT}

fréquence d'émission et de réception de la puissance sans fil

Note 1 à l'article: La documentation technique emploie souvent également le terme alternatif "fréquence fondamentale, centrale ou de fonctionnement".

3.1.3.6**courte portée du transfert de puissance sans fil par onde électromagnétique**

distance d'émission de puissance qui peut atteindre 5 mètres au plus entre un ou plusieurs émetteurs de puissance et un ou plusieurs récepteurs de puissance

3.1.3.7

moyenne portée du transfert de puissance sans fil par onde électromagnétique

distance d'émission de puissance qui peut atteindre 10 mètres au plus entre un ou plusieurs émetteurs de puissance et un ou plusieurs récepteurs de puissance

Note 1 à l'article: Le terme alternatif "localement" est également employé dans le CISPR 11.

3.1.3.8

localement

à proximité immédiate et à des distances maximales de 10 mètres

3.1.3.9

longue portée du transfert de puissance sans fil par onde électromagnétique

distance d'émission de puissance au-delà de 10 mètres entre un ou plusieurs émetteurs de puissance et un ou plusieurs récepteurs de puissance

3.2 Symboles et termes abrégés

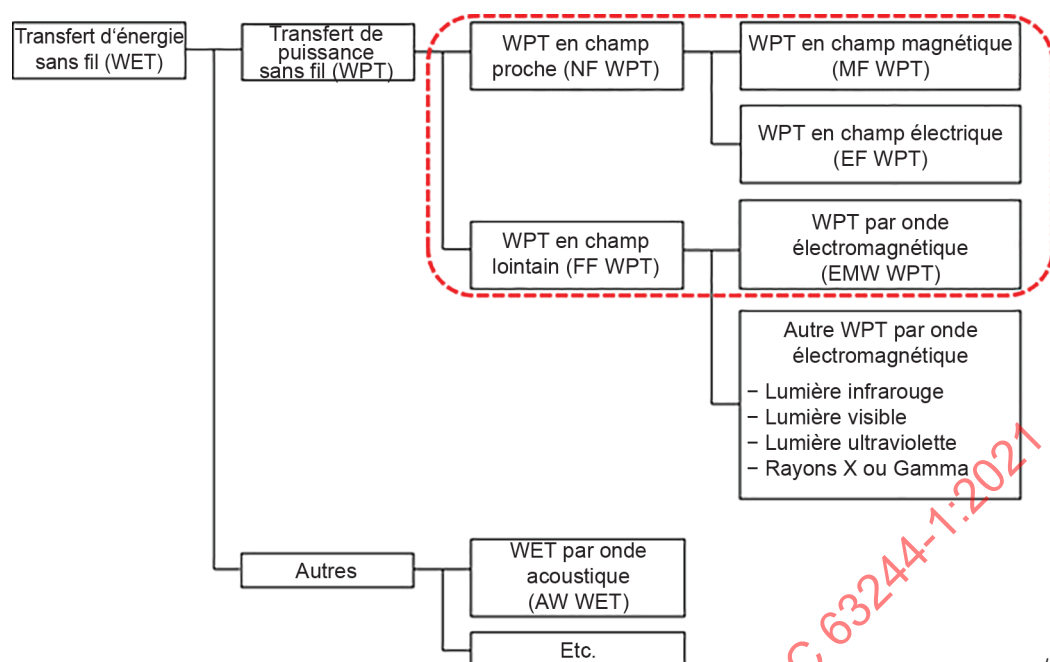
Les symboles littéraux et abréviations suivants sont énumérés tels qu'ils sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Symboles littéraux et termes abrégés

Termes	Symboles littéraux	Termes abrégés
Termes et paramètres généraux relatifs au transfert de puissance sans fil		
transfert d'énergie sans fil	-	WET
transfert de puissance sans fil	-	WPT
récepteur de puissance	-	PRx
unité de réception de puissance	-	PRU
émetteur de puissance	-	PTx
unité d'émission de puissance	-	PTU
Termes et paramètres relatifs au transfert de puissance sans fil en champ proche		
transfert de puissance sans fil en champ magnétique	-	MF WPT
transfert de puissance sans fil en champ électrique	-	EF WPT
transfert de puissance sans fil en champ proche	-	NF WPT
fréquence de résonance	f_R	-
coefficient de couplage ou facteur de couplage	k	-
Termes et paramètres relatifs au transfert de puissance sans fil en champ lointain		
transfert de puissance sans fil par onde électromagnétique	-	EMW WPT
transfert de puissance sans fil en champ lointain	-	FF WPT
fréquence d'émission de puissance	f_{PT}	-

4 Classification

La technique WET est classée telle que représentée à la Figure 1. L'émission d'énergie sans fil peut s'effectuer par l'intermédiaire de champs électriques et/ou magnétiques, d'ondes électromagnétiques, d'ondes acoustiques, etc. Par ailleurs, les régions de champ des antennes à portée électromagnétique courte sont représentées à la Figure A.1 de l'Annexe A.



IEC

NOTE Le tracé rectangulaire en pointillé rouge indique les techniques WPT commercialisées.

Figure 1 – Classification des techniques WET

Les exemples de spécifications-cadres doivent être énumérés tels que présentés dans le Tableau 2. Les produits qui concernent le niveau de puissance consommée, ainsi que les méthodes et la distance de transfert de puissance sans fil doivent être énumérés dans le tableau.

Tableau 2 – Exemple de spécifications-cadres: classification des méthodes et de la distance de transfert de puissance sans fil selon les produits et la puissance consommée

Produits	Puissance consommée	Méthodes et distance de transfert de puissance sans fil				
		MF WPT		EMW WPT		
		Portée de proximité (≤ 10 mm)	Portée efficace (≤ dimension du diamètre des bobines de réception)	Courte portée (≤ 5 m)	Moyenne portée (≤ 10 m)	Longue portée (10 m ≤)
Capteurs de faible puissance Communications sans fil de faible puissance (BLE)	≤ 10 mW					
Capteurs de moyenne puissance Communications sans fil de moyenne puissance (Zigbee)	≤ 500 mW					
Casque d'écoute ou oreillette sans fil	≤ 1 W					
Téléphone intelligent	≤ 5 W à 10 W					
Tablette	≤ 15 W					
Ordinateur portable	≤ 50W					

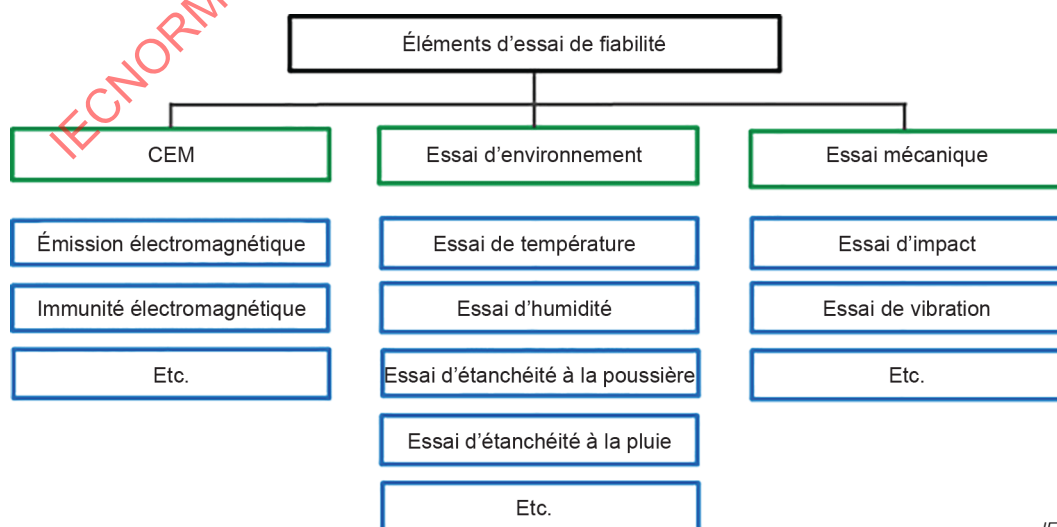
Produits	Puissance consommée	Méthodes et distance de transfert de puissance sans fil				
		MF WPT		EMW WPT		
		Portée de proximité (≤ 10 mm)	Portée efficace (≤ dimension du diamètre des bobines de réception)	Courte portée (≤ 5 m)	Moyenne portée (≤ 10 m)	Longue portée (10 m ≤)
Appareils et lumières domestiques de faible puissance	≤ 100 W					
Appareils de cuisine Véhicules électriques de faible puissance	≤ 1 kW					
Véhicules électriques de moyenne puissance	≤ 7,7 kW					
Véhicules électriques de puissance élevée	≤ 22 kW					
Systèmes automatisés de transport interne, tramways et bus électriques	>22 kW					

NOTE Les produits, la puissance consommée et la distance de transfert de puissance sans fil peuvent être ajoutés et modifiés.

5 Éléments d'essai de fiabilité

5.1 Généralités

Toutes les conditions et tous les éléments d'essai proposés par un fabricant doivent être énumérés dans un tableau ou un diagramme comme cela est représenté à la Figure 2 à titre d'exemple.



IEC

Figure 2 – Exemple de conditions et d'éléments d'essai de fiabilité

5.2 Indice de protection

L'indice IP (indice de protection) d'un système et de composants de puissance sans fil doit être fourni par un fabricant afin d'assurer aux utilisateurs la fiabilité d'étanchéité à l'eau et à la poussière.

L'essai doit être conforme à l'IEC 60529.

5.3 Essai de température

Les résultats des essais de température ambiante, de température la plus froide et de température la plus chaude, ainsi que de chaleur humide et de cycles de température d'un système et de composants de puissance sans fil doivent être fournis par un fabricant afin d'assurer aux utilisateurs la fiabilité liée à la température.

L'essai doit être conforme aux normes IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2 et IEC 60068-2-14.

5.4 Essai d'humidité

Le résultat d'essai d'humidité d'un système et de composants de puissance sans fil doit être fourni par un fabricant afin d'assurer aux utilisateurs la fiabilité liée à l'humidité.

L'essai doit être effectué dans la plage d'humidité comprise entre 5 % et 95 %. L'essai doit être conforme à l'IEC 60068-2-30.

5.5 Essai d'impact et de vibration mécaniques

Le résultat d'essai de chocs, d'impact et de vibration mécaniques d'un système et de composants de puissance sans fil doit être fourni par un fabricant afin d'assurer aux utilisateurs la fiabilité liée à l'impact et à la vibration mécaniques.

L'essai doit être conforme à l'IEC 62262 et l'IEC 60749-10.

5.6 Essai CEM

5.6.1 Généralités

L'essai CEM des composants à semiconducteurs du système WPT doit être effectué afin d'assurer aux utilisateurs la fiabilité liée à la CEM.

Différents systèmes WPT utilisent des fréquences fondamentales dans des plages de fréquences dédiées afin d'assurer une compatibilité fonctionnelle entre les matériels d'émission et les matériels de réception. Toutefois, l'antenne et les composants produisent des harmoniques et un rayonnement électromagnétique perturbateur indésirables.

Afin d'évaluer le rayonnement électromagnétique perturbateur produit par les applications WPT, l'IEC CISPR 11 doit être utilisée pour tous les types de composants et de systèmes WPT destinés à être utilisés dans les applications industrielles, scientifiques ou médicales (ISM) à des fréquences comprises dans la plage de fréquences de 0 Hz à 400 GHz. L'IEC CISPR 11 traite des exigences d'émission concernant une application WPT ISM pour une alimentation instantanée ou pour la charge des équipements d'électronique de puissance.

5.6.2 Immunité électromagnétique

L'essai d'immunité électromagnétique des composants à semiconducteurs du système WPT doit être effectué par rapport aux critères de performances afin d'éviter tout dysfonctionnement et dommage.

L'essai doit être conforme à l'IEC 62132-4 pour ce qui concerne l'essai d'immunité conduite et à l'IEC 62132-2 ou l'IEC 62132-8 pour ce qui concerne l'essai d'immunité rayonnée.

5.6.3 Émission électromagnétique

L'essai d'émission électromagnétique des composants à semiconducteurs du système WPT doit être effectué par rapport aux critères de performances afin d'éviter tout dysfonctionnement et dommage.

L'essai doit être conforme à l'IEC 61967-4 pour ce qui concerne le mesurage de l'émission conduite et à l'IEC 61967-2 ou l'IEC 61967-8 pour ce qui concerne le mesurage de l'émission rayonnée.

6 Éléments d'évaluation des performances

6.1 Rendement

6.1.1 Généralités

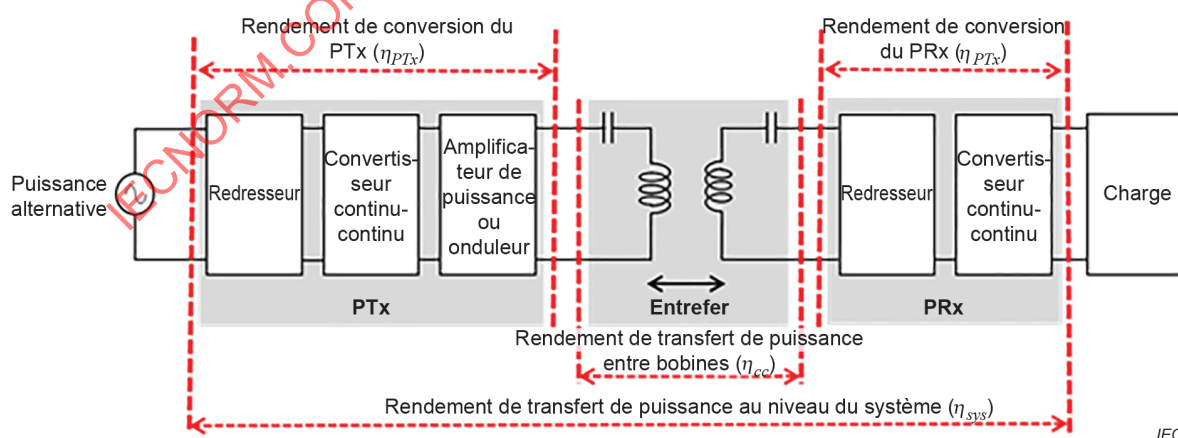
Le rendement du transfert de puissance au niveau du système est constitué de rendements à trois niveaux de modules tels que le rendement de conversion de l'émetteur de puissance, le rendement du transfert de puissance entre les antennes ou les bobines d'émission et de réception, et le rendement de conversion du récepteur de puissance.

Les rendements à trois niveaux de modules doivent être calculés en utilisant les rendements au niveau des composants.

6.1.2 Schéma de principe pour l'analyse du rendement

Les rendements de conversion ou du transfert de puissance à chaque phase doivent être calculés à partir du diagramme de rendement représenté à la Figure 3 et à la Figure 4.

La Figure 3 représente un schéma de principe pour l'analyse du rendement d'un système MF WPT et la Figure 4 représente un schéma de principe pour l'analyse du rendement d'un système WPT par onde électromagnétique.



IEC

Figure 3 – Schéma de principe pour l'analyse du rendement d'un système MF WPT

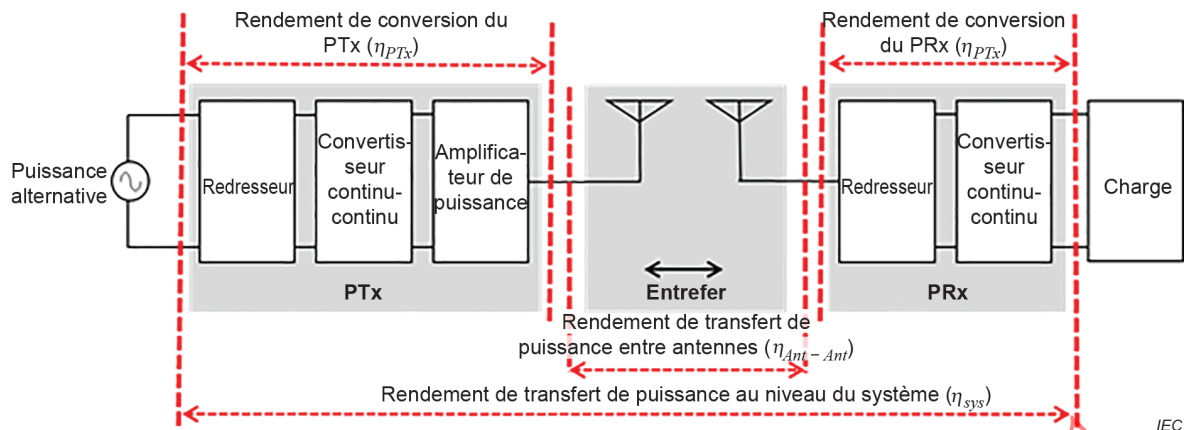


Figure 4 – Schéma de principe pour l'analyse du rendement d'un système EMF WPT

6.1.3 Rendement au niveau des composants

6.1.3.1 Rendement de conversion ou rendement de redressement de la tension alternative en tension continue

Le PTx et le PRx doivent utiliser un circuit redresseur pour convertir la tension alternative en tension continue. Dans l'émetteur de puissance, la puissance électrique fournie par la prise murale est une tension alternative (de 100 V à 440 V et de 50 Hz à 60 Hz selon les pays). Dans le récepteur de puissance, la puissance reçue provenant de la bobine ou de l'antenne de réception est également une tension alternative.

Le rendement de conversion ou le rendement de redressement de la tension alternative en tension continue doit être calculé comme cela est présenté dans les Formules (1) et (2) et représenté à la Figure 5.

$$\eta_{PTx_rect} = \frac{P_{PTx_DCin}}{P_{Supply_AC}} \quad (1)$$

où

η_{PTx_rect} est le rendement de redressement du PTx;

P_{PTx_DCin} est la puissance d'entrée d'un convertisseur continu-continu du PTx;

P_{Supply_AC} est la puissance d'entrée d'un redresseur du PTx.

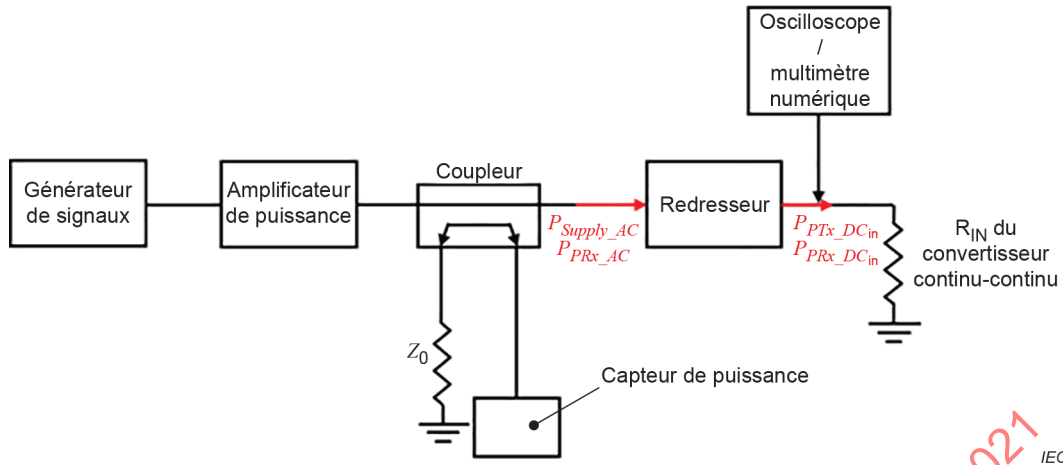
$$\eta_{PRx_rect} = \frac{P_{PRx_DCin}}{P_{PRx_AC}} \quad (2)$$

où

η_{PRx_rect} est le rendement de redressement du PRx;

P_{PRx_DCin} est la puissance d'entrée d'un convertisseur continu-continu du PRx;

P_{PRx_AC} est la puissance d'entrée d'un redresseur du PRx.



Légende

R_{IN} résistance d'entrée d'un convertisseur continu-continu

Figure 5 – Montage de mesure du rendement de conversion ou du rendement de redressement de la tension alternative en tension continue

6.1.3.2 Rendement de conversion continu-continu

Un circuit de conversion continu-continu doit être utilisé dans le PTx et le PRx. Dans l'émetteur de puissance, la tension continue redressée est convertie en tension continue qui a la valeur exigée pour exciter l'onduleur ou l'amplificateur de puissance. Dans le récepteur de puissance, la tension continue redressée qui provient du redresseur est convertie en tension continue qui a la valeur exigée par une charge.

Le rendement de conversion continu-continu doit être calculé comme cela est présenté dans les Formules (3) et (4) et représenté à la Figure 6.

$$\eta_{PTx_DC} = \frac{P_{PTx_DCout}}{P_{PTx_DCin}} \quad (3)$$

où

η_{PTx_DC} est le rendement de conversion continu-continu du PTx;

P_{PTx_DCout} est la puissance de sortie d'un convertisseur continu-continu du PTx;

P_{PTx_DCin} est la puissance d'entrée d'un convertisseur continu-continu du PTx.

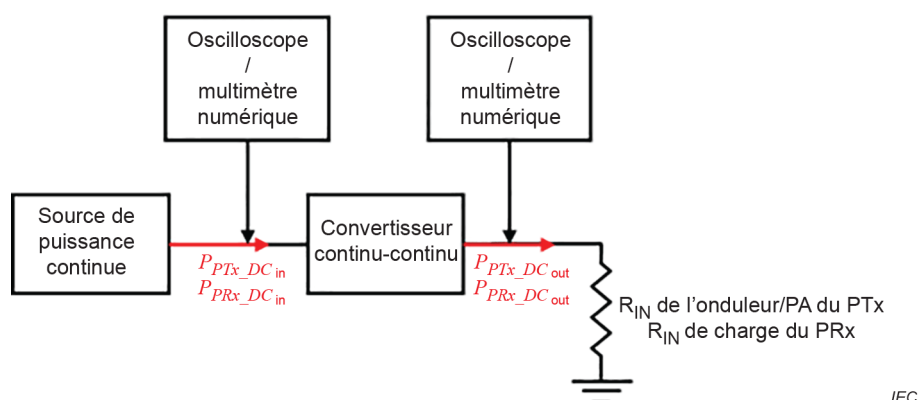
$$\eta_{PRx_DC} = \frac{P_{PRx_DCout}}{P_{PRx_DCin}} \quad (4)$$

où

η_{PRx_DC} est le rendement de conversion continu-continu du PRx;

P_{PRx_DCout} est la puissance de sortie d'un convertisseur continu-continu du PRx;

P_{PRx_DCin} est la puissance d'entrée d'un convertisseur continu-continu du PRx.



Légende

R_{IN} résistance d'entrée d'un onduleur, d'un amplificateur de puissance (PA - power amplifier) du PTx ou d'une charge du PRx

Figure 6 – Montage de mesure du rendement de conversion continu-continu

6.1.3.3 Rendement de conversion de la tension continue en tension alternative

Le PTx utilise un onduleur ou un amplificateur de puissance afin de convertir la tension continue en tension alternative, et la tension alternative convertie ou amplifiée permet d'exciter la bobine ou l'antenne d'émission de puissance.

Le rendement de conversion de la tension continue en tension alternative doit être calculé comme cela est présenté dans la Formule (5) et représenté à la Figure 7.

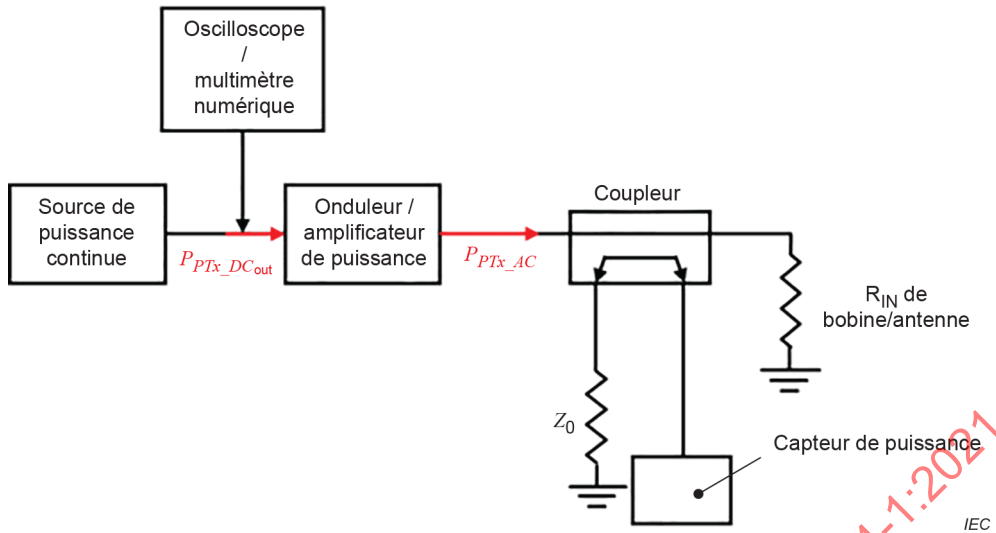
$$\eta_{DC_AC} = \frac{P_{PTx_AC}}{P_{PTx_DCout}} \quad (5)$$

où

η_{DC_AC} est le rendement de conversion continu-alternatif du PTx;

P_{PTx_AC} est la puissance de sortie d'un onduleur ou d'un amplificateur de puissance du PTx;

P_{PTx_DCout} est la puissance de sortie et la puissance d'entrée de tension continue d'un onduleur ou d'un amplificateur de puissance du PTx.



Légende

P_{PTx_DCout}	puissance de sortie et la puissance d'entrée de tension continue d'un onduleur ou d'un amplificateur de puissance du PTx.
P_{PTx_AC}	puissance de sortie d'un onduleur ou d'un amplificateur de puissance du PTx;
R_{IN}	résistance d'entrée de la bobine ou de l'antenne
Z_0	impédance caractéristique du système de mesure

Figure 7 – Montage de mesure du rendement de conversion continu-alternatif

6.1.4 Rendement au niveau des modules

6.1.4.1 Rendement de conversion de l'émetteur de puissance

La tension alternative provenant de la prise murale est convertie en tension continue, qui à son tour est convertie en une valeur continue exigée par un onduleur interne à l'émetteur de puissance.

Le rendement de conversion du PTx doit être calculé comme cela est présenté dans la Formule (6) et représenté à la Figure 3 et à la Figure 4.

$$\eta_{PTx} = \eta_{PTx_rect} \times \eta_{PTx_DC} \times \eta_{PTx_AC} = \frac{P_{PTx_DCin}}{P_{Supply_AC}} \times \frac{P_{PTx_DCout}}{P_{PTx_DCin}} \times \frac{P_{PTx_AC}}{\eta_{PTx_DCout}} \quad (6)$$

6.1.4.2 Rendement de conversion du PRx

La tension alternative provenant de la bobine de réception est convertie en tension continue au moyen d'un redresseur, puis ladite tension est à son tour convertie en une valeur continue exigée par une charge interne au récepteur de puissance.

Le rendement de conversion du PRx doit être calculé comme cela est présenté dans la Formule (7) et représenté à la Figure 3 et à la Figure 4.

$$\eta_{PRx} = \eta_{PRx_rect} \times \eta_{PRx_DC} = \frac{P_{PRx_DCin}}{P_{PRx_AC}} \times \frac{P_{PRx_DCout}}{P_{PRx_DCin}} \quad (7)$$

6.1.4.3 Rendement du transfert de puissance entre les bobines ou les antennes d'émission et de réception

6.1.4.3.1 Rendement du transfert de puissance entre les bobines d'émission et de réception

Le PTx et le PRx du MF WPT doivent utiliser une ou plusieurs bobines afin de transférer la puissance sans fil. La combinaison des bobines peut prendre la forme d'un système à deux ou à quatre bobines selon l'application.

Le rendement du transfert de puissance doit être mesuré en exploitant le paramètre s au moyen de l'analyseur de réseau vectoriel (VNA - Vector Network Analyzer). Le rendement du transfert de puissance doit être calculé comme cela est présenté dans la Formule (8) et représenté à la Figure 8.

$$\eta_{cc} = \frac{P_{PRx_AC}}{P_{PTx_AC}} = |S_{21}|^2 \quad (8)$$

où

η_{cc}

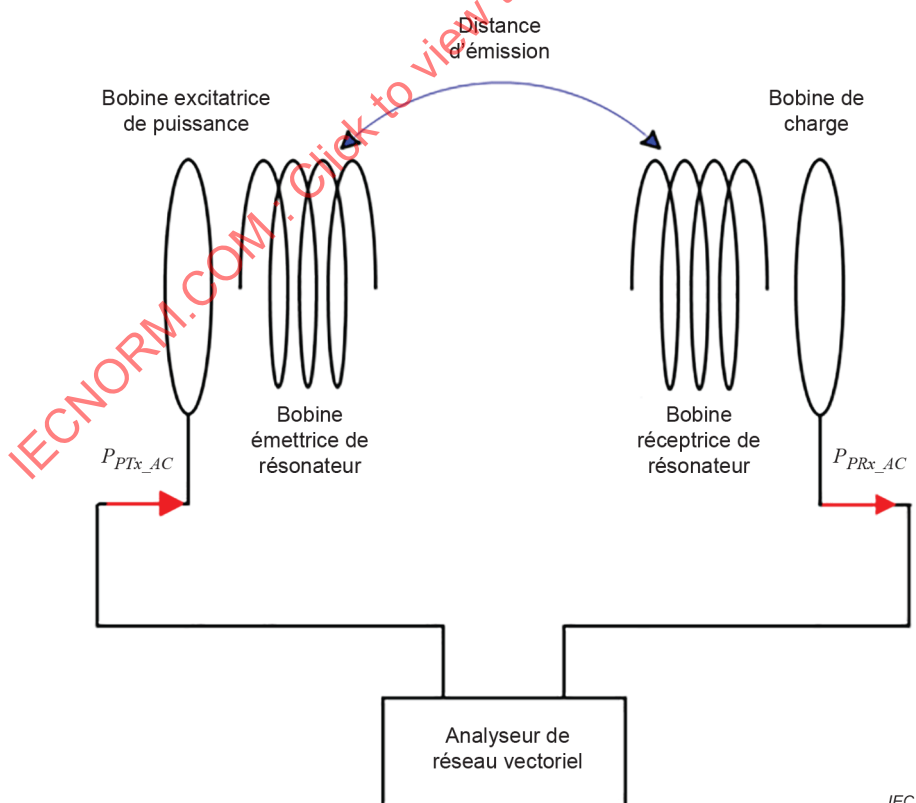
est le rendement du couplage entre le PTx et le PRx;

P_{PTx_AC}

est la puissance de sortie d'un onduleur ou d'un amplificateur de puissance du PTx;

P_{PRx_AC}

est la puissance d'entrée du redresseur du PRx



IEC

[SOURCE: Figure 3 de l'IEC 62969-2:2018]

Figure 8 – Montage de mesure pour le rendement du couplage entre les bobines d'émission et de réception

6.1.4.3.2 Rendement du transfert de puissance entre les antennes d'émission et de réception de puissance

Le PTx et le PRx de l'EMW WPT doivent utiliser une ou plusieurs antennes afin de transférer la puissance sans fil. L'antenne qu'utilisent le PTx et le PRx peut être une antenne unique ou une antenne en réseau.

Le rendement du transfert de puissance antenne-antenne doit être calculé en utilisant la puissance d'antenne reçue déterminée par l'équation de Friis comme cela est présenté dans l'Équation (9) et représenté à la Figure 9.

$$\eta_{Ant_Ant} = \frac{P_{PRx_AC}}{P_{PTx_AC}} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi R)^2} \quad (9)$$

où

G_t est le gain de l'antenne d'émission;

G_r est le gain de l'antenne de réception;

λ est la longueur d'onde;

R est la distance entre les antennes d'émission et de réception;

η_{Ant_Ant} est le rendement du transfert entre les antennes d'émission et de réception;

P_{PTx_AC} est la puissance de sortie d'un onduleur ou d'un amplificateur de puissance du PTx;

P_{PRx_AC} est la puissance d'entrée du redresseur du PRx.

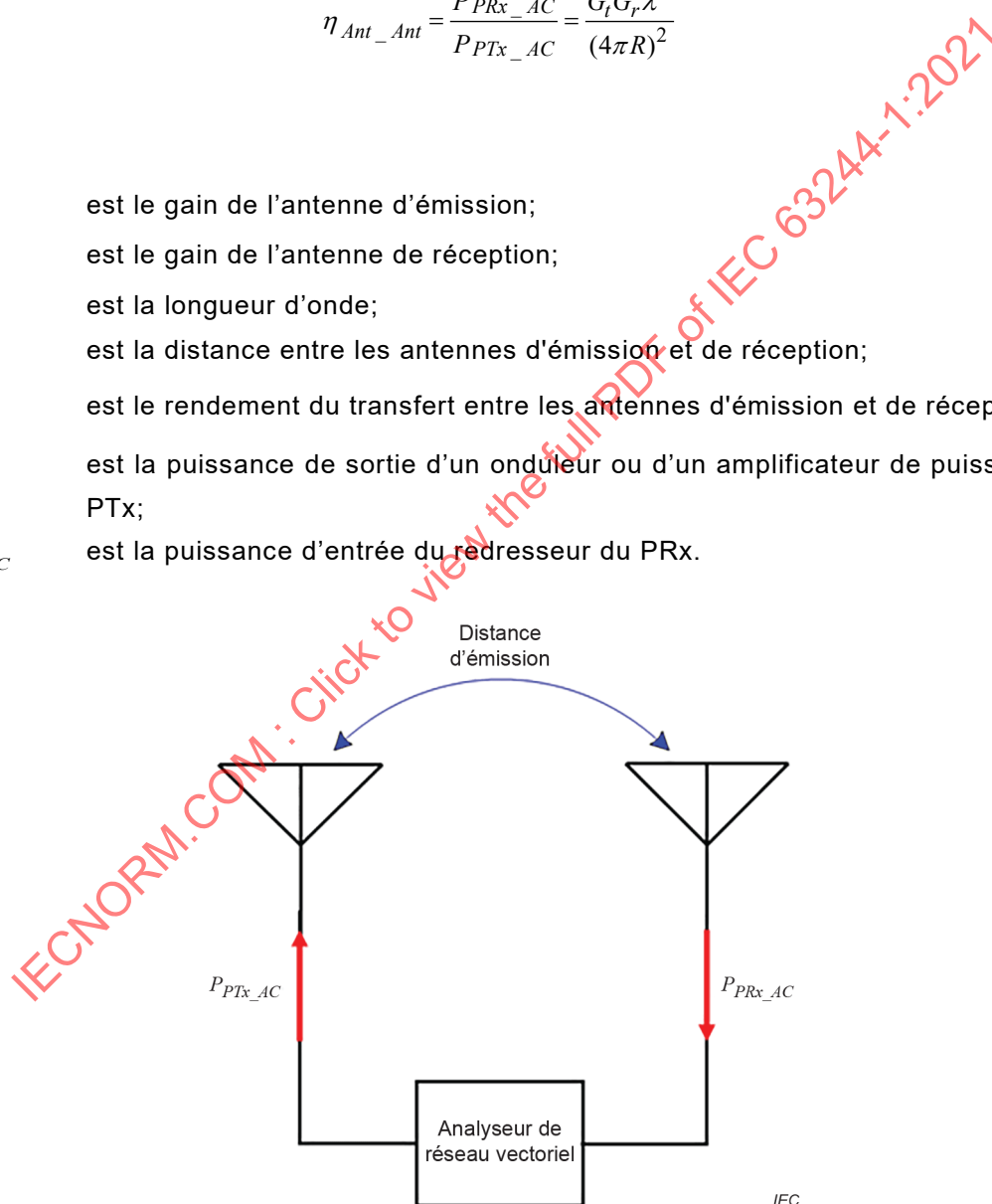


Figure 9 – Montage de mesure pour le rendement du transfert de puissance entre les antennes d'émission et de réception de puissance