

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Guidance information on the application of capacitors, resistors, inductors and complete filter units for electromagnetic interference suppression

Guide d'emploi des condensateurs, résistances, inductances et filtres complets d'antiparasitage

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60940:2015



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Guidance information on the application of capacitors, resistors, inductors and complete filter units for electromagnetic interference suppression

Guide d'emploi des condensateurs, résistances, inductances et filtres complets d'antiparasitage

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100

ISBN 978-2-8322-2290-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Electromagnetic and Radio frequency interference suppression (EMI/RFI)	5
3.1 General	5
3.2 Limits of interference	6
4 Classification of suppression components	6
4.1 Suppression components	6
4.2 Capacitors	8
4.3 Inductors	8
4.4 Filters	8
5 Choice of ratings for specific applications	8
5.1 Voltage	8
5.2 Current	9
5.3 Environmental classification (climatic category)	9
5.4 Insertion loss	9
6 Connection of suppression components	9
7 Safety aspects	10
7.1 Class X and Y capacitors	10
7.2 Leakage current	11
7.3 Mounting of radio interference suppression components in equipment and appliances	11
7.4 Electrical shock hazard protection testing	11
Bibliography	12
Figure 1 – Example use of suppression components in EMI filter	7

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDANCE INFORMATION ON THE APPLICATION OF CAPACITORS,
RESISTORS, INDUCTORS AND COMPLETE FILTER UNITS FOR
ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE SUPPRESSION**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60940 has been prepared by IEC technical committee 40: Capacitors and resistors for electronic equipment.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1988. This second edition is a result of maintenance activities related to the previous edition. All changes that have been agreed upon can be categorized as minor revisions.

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

FDIS	Report on voting
40/2337/FDIS	40/2362/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60940:2015

GUIDANCE INFORMATION ON THE APPLICATION OF CAPACITORS, RESISTORS, INDUCTORS AND COMPLETE FILTER UNITS FOR ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE SUPPRESSION

1 Scope

This international standard provides guidance applicable to information on application of capacitors, resistors, inductors, and complete filter units for electromagnetic interference suppression.

2 Normative references

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

IEC 60335-1, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 60384-14, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification – Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*

3 Electromagnetic and Radio frequency interference suppression (EMI/RFI)

3.1 General

Electromagnetic interference, EMI, is any electromagnetic emission or any electric or electronic disturbance which causes an undesirable response, malfunctioning or degradation in the performance of electrical equipment.

Radio frequency interference, RFI, is any electrical energy with content within the frequency range dedicated to radio frequency transmission.

Conducted RFI is most often found in the low frequency range from 150 kHz to 30 MHz.

Radiated RFI is most often found in the frequency range from 30 MHz to 10 GHz.

EMI or RFI propagate through conduction over signal and power lines and through radiation in free space.

Electrical machines and apparatus may generate electromagnetic interferences (EMI) which are fed back into power supply mains. These electromagnetic interferences may be picked up by apparatus connected to or placed close to the same power system up to a certain distance from the machine or apparatus.

The radio-frequency voltages may be generated both between conductors (phases) of the power system (symmetrical interference) and also between conductors (phases) and earth (asymmetrical interference). These voltages can cause electromagnetic radiation from the power lines.

Radio interference can be suppressed by providing a low impedance path for radio frequency currents close to the place where the radio frequency voltages are generated. This may be combined with a high impedance element which prevents the radio frequency currents from penetrating into the power supply system, but has no appreciable effect on the flow of power current.

3.2 Limits of interference

In various countries, mandatory limits are set to the radio-frequency in a given frequency range emanating from electrical machines and apparatus.

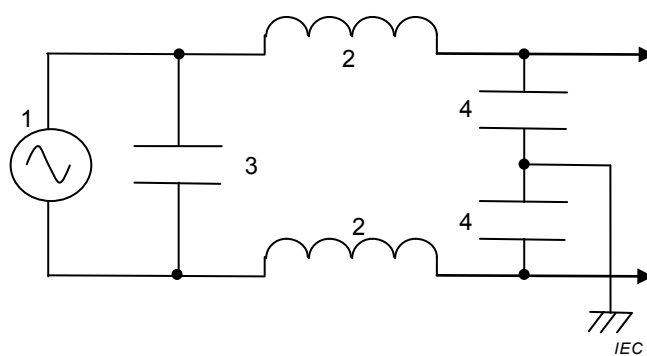
A survey of these limits is given in relevant EMC-standards such as CISPR 11.

Some electrical apparatus require for their operation a power-supply voltage free from radio-interference to a greater extent than that guaranteed by the requirements mentioned above. In these cases, similar measures should be taken at a place in the power supply system close to the place where the apparatus is connected. When the apparatus is shielded (or placed in a shielded room), interference suppression will generally be applied at each point where the power supply system enters the shielded enclosure.

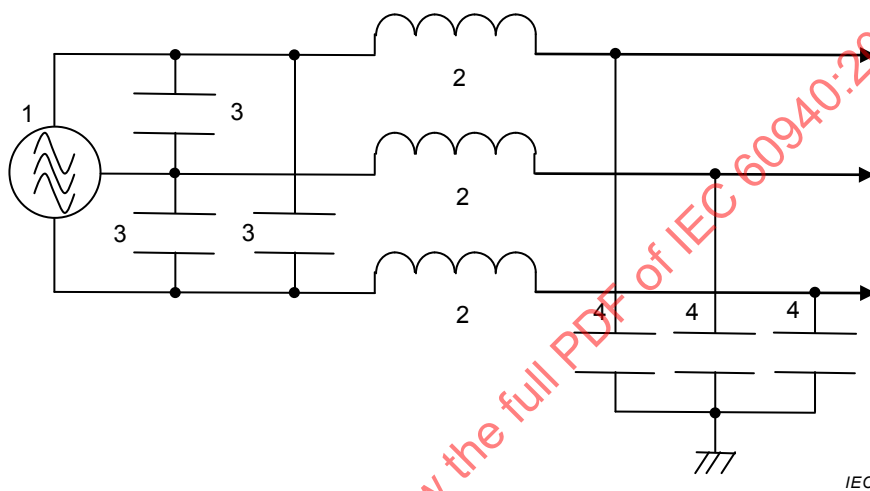
4 Classification of suppression components

4.1 Suppression components

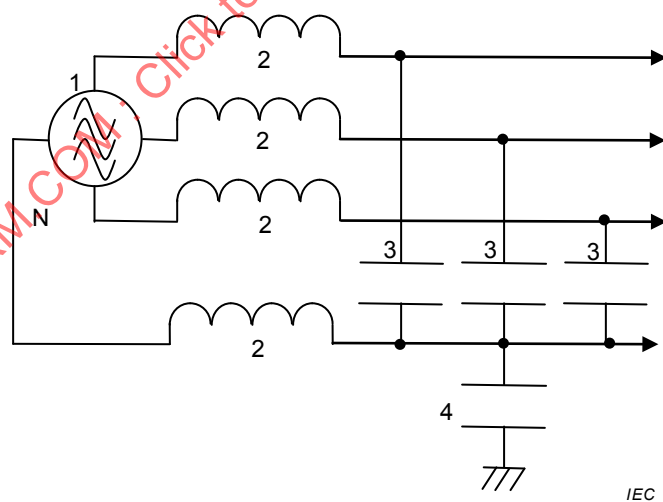
An example of use of suppression components in EMI filter is shown in Figure 1.



a) Single phase EMI filter



b) Three phase three wires EMI filter



c) Three phase four wires EMI filter

Key

- 1 Mains
- 2 Inductor
- 3 X-capacitor
- 4 Y-capacitor
- N Neutral

Figure 1 – Example use of suppression components in EMI filter

4.2 Capacitors

Radio interference suppression capacitors may be divided into the following groups:

- a) Two-terminal capacitors, which can be connected to the machine, apparatus or supply system to provide for either symmetrical or asymmetrical interference suppression.
- b) Combinations of capacitors (either combinations of separate capacitors or multi-section capacitor the sections of which may be connected in a certain manner), which can be connected to the machine, apparatus or supply system to provide for both symmetrical and asymmetrical interference suppression.
- c) Lead-through capacitors (asymmetrical or symmetrical) or combinations thereof, in which one or more sets of terminations are interconnected by means of a conductor intended to carry the power supply current. These capacitors are especially suited to provide interference suppression at the place where the supply system phases through a shielded housing.
- d) Resistor-capacitor combinations consisting of a capacitor with the capacitor utilizing the resistance of the capacitor electrodes. RC combinations are often used for the suppression of switching surges.

4.3 Inductors

Radio interference suppression inductors may be divided into the following groups:

- a) Simple coils either with an air core or wound on a magnetic core. The UHF choke is an example of this type of inductor.
- b) Coils wound on a closed magnetic core. These inductors may have two or more coils wound on the same core, which is often of ferrite material. The windings are often arranged so that there is no resultant magnetization induced in the core due to the power current, when the inductor is known as current-compensated.
- c) Inductance, at high frequencies, may be obtained for suppression purposes by threading ferrite beads on to lead wires.
- d) Some core materials, especially ferrite materials, can be designed to introduce fairly high resistive losses at VHF and UHF, adding to the suppression obtained by the inductance of the coil.

4.4 Filters

Radio interference filters are construed from inductors and capacitors, sometimes with the addition of resistors, varistors, etc. Two different types may be distinguished:

- a) Filters constructed from approved components either as an unprotected assembly or with a simple protective casing. The approval testing of these filters can be simplified since it is not necessary to repeat the tests already carried out on the components.
- b) Filters constructed from components which are not approved, or which are constructed from capacitive, inductive or resistive elements all contained in housing. For such filters it is necessary to carry out a full range of qualification approval tests.

5 Choice of ratings for specific applications

5.1 Voltage

When selecting components for connection to a.c. mains, consideration shall be given to possible mains voltage fluctuations. When operation under high pulse conditions is required for capacitors connected across the mains, then class X1 capacitors should be used (see IEC 60384-14).

For d.c. components the rated voltage shall be the maximum which the component will encounter, unless there is a special test for behaviour under transient conditions.

5.2 Current

The rated current is the maximum which the component can carry at a temperature up to the rated temperature. Lower currents can be carried at higher temperature up to the upper category temperature. Higher currents may be carried if the component is fitted to a heat sink as specified by the manufacturer. The manufacturer may specify both a still air rated current and higher rated current when the component is used with a specified heat sink.

5.3 Environmental classification (climatic category)

This is comprised of three figures, e.g. (25/085/21). This indicates that the lower category temperature is -25°C , the upper category temperature $+85^{\circ}\text{C}$ and the duration of the damp heat, steady state test is 21 days.

When the suppression component is mounted and working in the equipment the case temperature should not be outside the category temperature range under any conditions of operation.

The selection of the humidity classification depends on the environment in which the equipment is expected to work. 21 days is frequently chosen for domestic appliances, for example.

5.4 Insertion loss

The performance of a component or a filter is normally described by its insertion loss measured over a range of frequencies when terminated by fixed real impedances. In practice the filter is connected between the mains supply and the source of the interference, both of which have complex impedances which vary with frequency. As a consequence insertion loss curves can only be used as an indication of suppression performance, which can be determined decisively only by connecting the filter to the apparatus and then measuring the remaining interference.

The measurement of insertion loss is useful to check stability after environmental and endurance tests, and to compare filters of different construction, but since the effectiveness of a given suppressor may be determined without insertion loss measurements the manufacturer may not declare insertion loss figures.

Where insertion loss figures are declared, it is important that it should be carefully stated whether the test circuit is asymmetric or symmetric, what test method is used, what the values of the terminating impedances are and whether the component is carrying any power current during measurements.

NOTE Methods of Measurement of Suppression Characteristics are described in CISPR 17.

6 Connection of suppression components

Symmetrical interference suppression is effected by connecting a capacitor between phases of power supply (between phase and neutral for single-phase power supply).

Asymmetrical interference suppression on machines or apparatus is usually effected by connecting a capacitor from each phase (or phase and neutral) to earthed metallic parts or the frame, metallic housing etc., where this is not earthed.

The suppression will often be more effective if the electrical parts of the apparatus are completely in the metal shielding, asymmetrical interference suppression is usually effected by connecting a capacitor from each phase (or phase and neutral) to the shielding.

During operation, the capacitors are subjected to the supply mains voltage with a superimposed radio interference voltage. In many cases, the extra load caused by the radio-frequency voltage is not important, but in other cases an appreciable radio-frequency current through the capacitor may occur or high voltage peaks may be present. This must be taken into account when choosing the capacitor and a check should be made with the capacitor under its working conditions to make sure that its ratings are not exceeded.

The presence of inductance in the supply circuits in series with the capacitor may cause the voltage at power frequency applied to the capacitor to exceed the supply voltage.

For inductors using ferromagnetic cores, it is important to be aware of the possible loss of suppression caused by saturation of the core causing decrease of inductance. This saturation may be caused by peaks of load current or interference current, or continuous excessive load current. Unbalance of winding in current-compensated inductors will also contribute to the effect.

The effectiveness of interference suppression is a function of suppression component construction, mounting of the component in the machine or apparatus, the radio-frequency voltage spectrum generated by the machine or apparatus and of characteristics of the external circuit.

Due to the complexity of the problem it is not possible to estimate with sufficient accuracy from the radio-frequency characteristics of a component how effective it will be under various conditions.

On the other hand, components for use under similar conditions can be compared on the basis of their radio-frequency characteristics. For this purpose the resonance frequency measured under given conditions and the radio-frequency resistive at resonance may be of use. For these reasons it is not required that the radio-frequency characteristics be marked on the components nor has it been attempted to standardize certain values for these characteristics.

7 Safety aspects

7.1 Class X and Y capacitors

Radio interference suppression capacitors are divided into X- and Y- capacitors.

X-capacitors are intended to be connected across the line.

Y-capacitors are allowed to be connected between line and earth for mains voltages up to 500 V.

In a.c. applications, Y-capacitors can be substituted with two X-capacitors connected in series provided that the U_R of the X-capacitors are not less than the U_R of the Y-capacitor and that the filter withstands the voltage proof as required in IEC 60939 series. In case of Y1-capacitor substitution, the X-capacitors shall be X1-capacitors.

In DC-Filters with a rated voltage of 150 V d.c. or less, a Y2- and Y4-capacitor may be substituted by X-capacitor with a rated voltage 250 V d.c. or higher.

In the case of failure by short circuit of a class X-capacitor connected between phases (or between phase and neutral) no problem arises since the apparatus will be disconnected by means of the normal short-circuit protection of the mains supply. For such capacitors a voltage proof test level appropriate for general purpose capacitors is sufficient. Such capacitors are subdivided into class X1 and class X2 according to their ability to handle levels of peak pulse voltage (see IEC 60384-14). However in the case of failure by short

circuit of a class Y-capacitor connected between phase and an accessible metal part of the apparatus, the latter can become alive with a dangerous voltage. From an electrical shock hazard protection point of view the dielectric strength of these capacitors shall be at least equal to the required dielectric strength of the apparatus or system in which the capacitor will be used.

7.2 Leakage current

Earth leakage current is defined as “current flowing from the live parts of an installation to earth, in the absence of an insulation fault” (IEC 60050-442:1998, 442-01-24).

At operating temperature, the leakage current of the appliance shall not be excessive and its electric strength shall be adequate.

Limits are given in the relevant equipment standards such as IEC 60335-1, IEC 60204-1 or IEC 60950-1.

If the Leakage Current exceeds 3,5 mA (r.m.s.), a warning with similar wording shall be marked:

Warning
High Leakage Current
Earth Connection Essential
Before Connecting Supply

When choosing the capacitance of capacitors to be connected between live parts and accessible metal parts, these limits have to be taken into account, so that the appropriate limit for the whole equipment is not exceeded.

7.3 Mounting of radio interference suppression components in equipment and appliances

The creepage and clearance distances on the outside of the suppression component should be at least of the standard required for the appliance itself. The clearances quoted in IEC 60939-series are taken from IEC 60335-1 and apply to domestic applications. Other clearances may be appropriate in other types of equipment.

7.4 Electrical shock hazard protection testing

In the IEC 60938- and IEC 60939-series and in IEC 60384-14 separate test schedules are provided for tests where certification for electrical shock hazard protection only is to be carried out. No detail specification is permitted to reduce any of these requirements. The schedule of electrical shock hazard protection tests only is the appropriate one to be followed by a certifying test laboratory.

Bibliography

IEC 60050-442:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 442: Electrical accessories*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60384-14-1, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14-1: Blank detail specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains – Assessment level D*

IEC 60384-14-2, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14-2: Blank detail specification – Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains – Safety tests only*

IEC 60384-14-3, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14-3: Blank detail specification – Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains – Assessment level DZ*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60938-1, *Fixed inductors for electromagnetic interference suppression – Part 1: Generic specification*

IEC 60938-2, *Fixed inductors for electromagnetic interference suppression – Part 2: Sectional specification*

IEC 60938-2-1, *Fixed inductors for electromagnetic interference suppression – Part 2-1: Blank detail specification – Inductors for which safety tests are required – Assessment level D*

IEC 60938-2-2, *Fixed inductors for electromagnetic interference suppression – Part 2-2: Blank detail specification – Inductors for which safety tests are required (only)*

IEC 60939-1, *Passive filter units for electromagnetic interference suppression – Part 1: Generic specification*

IEC 60939-2, *Passive filter units for electromagnetic interference suppression – Part 2: Sectional specification – Passive filter units for which safety tests are appropriate – Test methods and general requirements*

IEC 60939-2-1, *Complete filter units for radio interference suppression – Part 2-1: Blank detail specification – Passive filter units for electromagnetic interference suppression – Filters for which safety tests are required (assessment level D/DZ)*

IEC 60939-2-2, *Complete filter units for radio interference suppression – Part 2-2: Blank detail specification – Passive filter units for electromagnetic interference suppression – Filters for which safety tests are required (safety tests only)*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 62368-1, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements*

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

CISPR 17, *Methods of Measurement of the suppression characteristics of passive Radio Interference Filters and Suppression Components*

British Standard Code of Practice CP1006: 1955
General Aspects of Radio Interference 60 pages

Electrical Research Association Report 75-31, March 1975
Code of Practice for the Avoidance of electrical interference in Electronic instrumentation and system. 84 pages including bibliography

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60940:2015

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application	17
2 Références normatives	17
3 Suppression des perturbations électromagnétiques et à fréquence radioélectrique (EMI/RFI).....	17
3.1 Généralités	17
3.2 Limites pour les perturbations	18
4 Classification des dispositifs d'antiparasitage	18
4.1 Dispositifs d'antiparasitage	18
4.2 Condensateurs	20
4.3 Inductances	20
4.4 Filtres	20
5 Choix des valeurs assignées pour des applications spécifiques	20
5.1 Tension.....	20
5.2 Courant.....	21
5.3 Classification d'environnement (catégorie climatique).....	21
5.4 Perte d'insertion.....	21
6 Raccordement des dispositifs d'antiparasitage.....	21
7 Aspects relatifs à la sécurité	22
7.1 Condensateurs de classe X et Y	22
7.2 Courant de fuite	23
7.3 Montage des dispositifs d'antiparasitage dans les équipements et appareils	23
7.4 Essais de protection contre les dangers de chocs électriques	23
Bibliographie.....	24
Figure 1 – Exemple d'utilisation de dispositifs d'antiparasitage dans un filtre EMI	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE D'EMPLOI DES CONDENSATEURS, RÉSISTANCES,
INDUCTANCES ET FILTRES COMPLETS D'ANTIPARASITAGE****AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale IEC 60940 a été établie par le comité d'études 40 de l'IEC: Condensateurs et résistances pour équipements électroniques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1988. Cette deuxième édition est le résultat des activités de maintenance relatives à l'édition précédente. Toutes les modifications ayant fait l'objet d'un accord peuvent être considérées comme des révisions mineures.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
40/2337/FDIS	40/2362/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60940:2015

GUIDE D'EMPLOI DES CONDENSATEURS, RÉSISTANCES, INDUCTANCES ET FILTRES COMPLETS D'ANTIPARASITAGE

1 Domaine d'application

La présente norme internationale constitue un guide d'emploi des condensateurs, résistances, inductances et filtres complets d'antiparasitage.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60335-1, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60384-14, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 14: Spécification intermédiaire – Condensateurs fixes d'antiparasitage et raccordement à l'alimentation*

3 Suppression des perturbations électromagnétiques et à fréquence radioélectrique (EMI/RFI)

3.1 Généralités

Une perturbation électromagnétique, EMI (*electromagnetic interference*), est constituée par toute émission électromagnétique ou toute perturbation électrique ou électronique, produisant une réponse indésirable, un dysfonctionnement ou une dégradation des performances d'un équipement électrique.

Une perturbation à fréquence radioélectrique, RFI (*radio frequency interference*), est constituée par toute énergie électrique dont le contenu est situé dans la plage de fréquences dédiée à une transmission sur des fréquences radioélectriques.

Dans la plage des basses fréquences allant de 150 kHz à 30 MHz, on trouve le plus souvent des RFI par conduction.

Dans la plage de fréquences allant de 30 MHz à 10 GHz, on trouve le plus souvent des RFI par rayonnement.

Les EMI ou les RFI se propagent par conduction sur les lignes de signal et d'alimentation et par rayonnement en espace libre.

Les machines et les appareils électriques peuvent générer des perturbations électromagnétiques (EMI) qui sont réinjectées dans le réseau d'alimentation électrique. Ces perturbations électromagnétiques peuvent être captées par des appareils reliés au même réseau d'alimentation ou placés à côté jusqu'à une certaine distance de la machine ou de l'appareil.

Les tensions à fréquences radioélectriques peuvent être engendrées à la fois entre les conducteurs (phases) du réseau d'énergie (perturbation symétrique) et aussi entre les

conducteurs (phases) et la terre (perturbation asymétrique). Ces tensions peuvent provoquer un rayonnement électromagnétique émis par le réseau d'alimentation.

On peut éliminer les perturbations radioélectriques en présentant aux courants à fréquences radioélectriques un chemin de faible impédance à proximité de l'endroit où les tensions à fréquences radioélectriques sont générées. Ceci peut être combiné avec un élément à haute impédance qui empêche les courants à fréquences radioélectriques de pénétrer dans le réseau d'alimentation, mais n'a pas d'effet sensible sur le courant d'alimentation.

3.2 Limites pour les perturbations

Dans certains pays, des limites obligatoires sont fixées pour les perturbations à fréquences radioélectriques provenant des appareils et machines électriques, dans une plage de fréquences donnée.

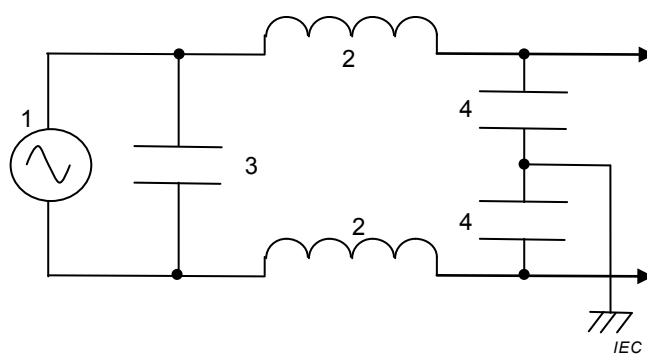
Une étude de ces limites est indiquée dans les normes de CEM correspondantes, telles que la CISPR 11.

Le fonctionnement de certains appareils électriques est lié à des règles plus strictes que celles mentionnées ci-dessus concernant l'antiparasitage de la tension d'alimentation. Dans ce cas, il convient de prendre des mesures similaires à un endroit du réseau de distribution proche de l'endroit où l'appareil est raccordé. Lorsque l'appareil est blindé (ou placé dans un local blindé), l'antiparasitage est généralement appliqué à chaque point où le réseau d'alimentation pénètre dans la cage de Faraday.

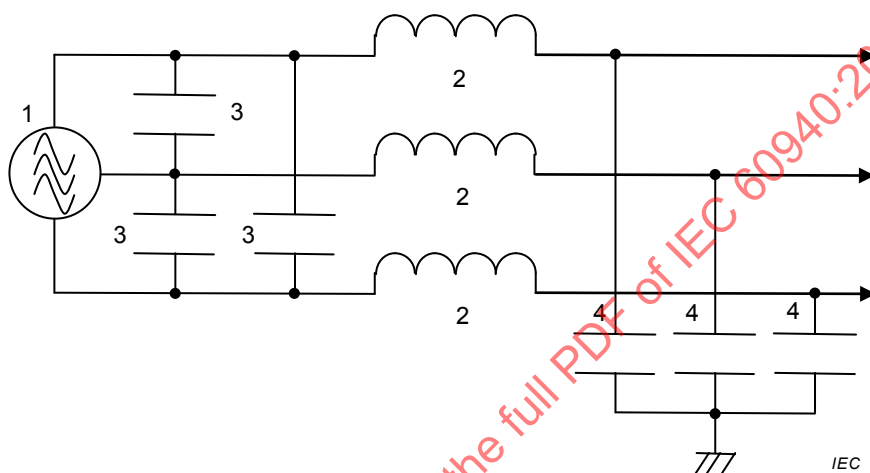
4 Classification des dispositifs d'antiparasitage

4.1 Dispositifs d'antiparasitage

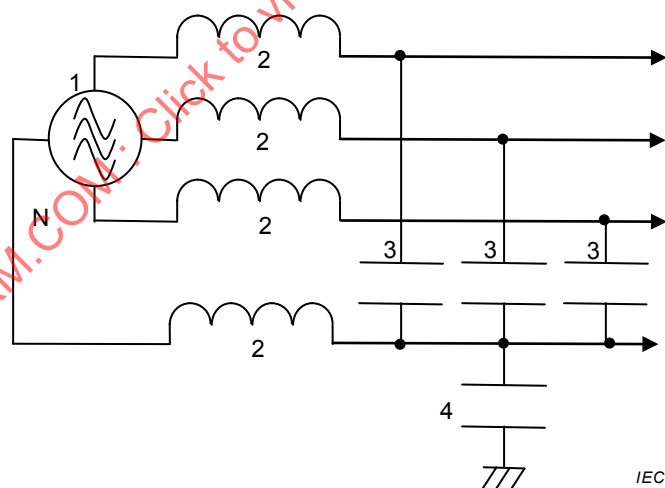
Un exemple d'utilisation de dispositifs d'antiparasitage dans un filtre EMI est présenté à la Figure 1.



a) Filtre d'EMI monophasé



b) Filtre d'EMI triphasé à trois fils



c) Filtre d'EMI triphasé à quatre fils

Légende

- 1 Réseau électrique
- 2 Inductance
- 3 Condensateur X
- 4 Condensateur Y
- N Neutre

Figure 1 – Exemple d'utilisation de dispositifs d'antiparasitage dans un filtre EMI

4.2 Condensateurs

Les condensateurs d'antiparasitage peuvent être divisés de la manière suivante:

- a) Les condensateurs à deux sorties, qui peuvent être raccordés à la machine, à l'appareil ou au réseau d'alimentation, en vue soit de l'antiparasitage symétrique, soit de l'antiparasitage asymétrique.
- b) Les combinaisons de condensateurs (soit combinaisons de condensateurs distincts, soit un condensateur multiple, dont les sections peuvent être raccordées d'une certaine façon), qui peuvent être reliées à la machine, à l'appareil ou au réseau d'alimentation, en vue de l'antiparasitage symétrique et asymétrique.
- c) Les condensateurs de traversée (asymétriques ou symétriques) ou leurs combinaisons, dans lesquels un ou plusieurs groupes de sorties sont interconnectés au moyen d'un conducteur destiné à laisser passer le courant d'alimentation. Ces condensateurs conviennent surtout à l'antiparasitage à l'endroit où le réseau d'alimentation traverse un boîtier blindé.
- d) Les combinaisons condensateur-résistance constituées d'un condensateur, le condensateur utilisant la résistance de ses électrodes. Des combinaisons condensateur-résistance sont souvent utilisées pour éliminer les impulsions de commutation.

4.3 Inductances

Les inductances d'antiparasitage peuvent être divisées de la manière suivante:

- a) Les bobines simples munies d'un noyau à air ou enroulées sur un noyau magnétique. L'inductance de lissage UHF est un exemple de ce type d'inductance.
- b) Les bobines enroulées sur un noyau magnétique fermé. Ces inductances peuvent comporter deux bobines ou plus enroulées sur le même noyau, qui est souvent en ferrite. Les enroulements sont souvent disposés de telle façon qu'il n'y ait pas de magnétisation induite dans le noyau due au courant d'alimentation lorsque l'inductance est dite compensée en courant.
- c) Pour des fréquences élevées, on peut obtenir des inductances pour l'antiparasitage en enfilant des perles de ferrite sur les fils de connexion.
- d) Des matériaux pour noyau, principalement des ferrites, peuvent être conçus pour introduire des pertes résistives importantes en VHF et UHF, en complément de l'antiparasitage obtenu par l'inductance de l'enroulement.

4.4 Filtres

Les filtres d'antiparasitage sont construits à partir d'inductances et de condensateurs, parfois en ajoutant des résistances, varistances, etc. On peut distinguer deux types différents:

- a) Les filtres construits à partir de composants homologués, soit sous forme d'un assemblage non protégé, soit avec une simple enveloppe de protection. Les essais d'homologation de ces filtres peuvent être simplifiés, étant donné qu'il n'est pas nécessaire de recommencer les essais qui ont déjà été effectués sur les composants.
- b) Les filtres construits à partir de composants qui ne sont pas homologués ou qui sont construits à partir d'éléments capacitifs, inductifs ou résistifs, tous contenus dans une enveloppe. Pour ces filtres, il est nécessaire d'effectuer une série complète d'essais d'homologation.

5 Choix des valeurs assignées pour des applications spécifiques

5.1 Tension

Dans le choix des composants destinés à être raccordés au réseau alternatif, on doit tenir compte des fluctuations possibles de la tension du réseau. Lorsque des condensateurs reliés au réseau doivent fonctionner dans des conditions d'impulsions de grande amplitude, il convient d'utiliser des condensateurs de classe X1 (voir IEC 60384-14).

Pour des composants à courant continu, la tension assignée doit être la tension maximale que le composant rencontrera, à moins qu'il n'existe un essai spécial de comportement dans des conditions de tension transitoire.

5.2 Courant

Le courant assigné est le courant maximal que le composant peut supporter à une température inférieure ou égale à la température assignée. Il peut supporter des courants plus faibles à des températures plus élevées, inférieures ou égales à la température maximale de la catégorie. Il peut supporter des courants plus élevés si le composant est muni d'un dissipateur de chaleur spécifié par le fabricant. Le fabricant peut spécifier à la fois un courant assigné en air calme et un courant assigné plus élevé lorsque le composant est utilisé avec un dissipateur de chaleur spécifié.

5.3 Classification d'environnement (catégorie climatique)

Cette classification comprend trois nombres, par exemple (25/085/21). Ces nombres indiquent que la température minimale de la catégorie est de -25°C , la température maximale de la catégorie est de $+85^{\circ}\text{C}$ et la durée de l'essai continu de chaleur humide est de 21 jours.

Lorsque le dispositif d'antiparasitage est fixé et fonctionne à l'intérieur d'un équipement, il convient que la température du boîtier ne se trouve pas en dehors des limites de la plage des températures de la catégorie dans des conditions de fonctionnement quelconques.

Le choix de la classe d'humidité dépend de l'environnement dans lequel il est prévu que l'équipement fonctionne. 21 jours sont fréquemment choisis pour des appareils domestiques, par exemple.

5.4 Perte d'insertion

La performance d'un composant ou d'un filtre est normalement décrite par sa perte d'insertion mesurée sur une plage de fréquences lorsqu'il est relié à des impédances réelles fixes. Dans la pratique, le filtre est inséré entre le réseau et la source de perturbation, toutes deux ayant des impédances complexes qui varient en fonction de la fréquence. En conséquence, les courbes de perte d'insertion ne peuvent être utilisées que comme une indication des performances d'antiparasitage qui peuvent être déterminées de façon décisive uniquement en reliant le filtre à l'appareil et en mesurant ensuite la perturbation résiduelle.

La mesure de la perte d'insertion est utile pour vérifier la stabilité après les essais d'environnement et d'endurance et pour comparer des filtres de constructions différentes, mais étant donné que l'efficacité d'un système d'antiparasitage donné peut être déterminée sans la mesure de la perte d'insertion, le fabricant peut ne pas donner de chiffres pour cette caractéristique.

Lorsque les chiffres de la perte d'insertion sont spécifiés, il est important d'indiquer avec soin si le circuit d'essai est asymétrique ou symétrique, quelle méthode d'essai est utilisée, quelles sont les valeurs des impédances aux bornes et si le composant est traversé par un courant d'alimentation pendant les mesures.

NOTE Les méthodes de mesure des caractéristiques d'antiparasitage sont décrites dans la CISPR 17.

6 Raccordement des dispositifs d'antiparasitage

L'antiparasitage symétrique s'effectue en raccordant un condensateur entre les phases de l'alimentation (entre phase et neutre pour une alimentation monophasée).

L'antiparasitage asymétrique sur des machines ou des appareils s'effectue généralement en raccordant un condensateur entre chaque phase (ou phase et neutre) et les parties

métalliques reliées à la terre ou au châssis, l'enveloppe métallique etc., lorsqu'il n'y a pas de connexion de terre.

L'antiparasitage sera souvent plus efficace si les parties électriques de l'appareil sont complètement enfermées dans le blindage métallique; un antiparasitage asymétrique s'effectue généralement en connectant un condensateur entre chaque phase (ou phase et neutre) et le blindage.

En service, les condensateurs sont soumis à une tension parasite superposée à la tension d'alimentation. Dans de nombreux cas, la charge supplémentaire due à la tension à fréquence radioélectrique n'est pas importante, mais dans d'autres cas, un courant à fréquence radioélectrique important traversant le condensateur peut se produire ou il peut exister des pics de haute tension. On doit en tenir compte lorsque l'on choisit le condensateur et il convient d'effectuer un essai, le condensateur étant en service, pour s'assurer que ses valeurs assignées ne sont pas dépassées.

La présence d'une inductance dans les circuits d'alimentation en série avec le condensateur peut rendre la tension à fréquence industrielle appliquée aux condensateurs supérieure à la tension d'alimentation.

Si l'on utilise des inductances avec des noyaux ferromagnétiques, il est important d'être conscient d'une possible perte de l'antiparasitage, la saturation du noyau ayant pour effet de diminuer l'inductance. Cette saturation peut être produite par des pics de courant de charge, un courant parasite ou un courant de charge excessif permanent. Un déséquilibre d'un enroulement dans les inductances compensées en courant contribue également à cet effet.

L'efficacité de l'antiparasitage est fonction de la construction du dispositif d'antiparasitage, du montage du dispositif dans la machine ou l'appareil, du spectre des tensions à fréquence radioélectrique générées par la machine ou l'appareil, et des caractéristiques du circuit extérieur.

En raison de la complexité du problème, il n'est pas possible d'estimer avec une précision suffisante l'efficacité d'un composant à partir de ses caractéristiques radiofréquences, dans différentes conditions.

D'autre part, les composants destinés à être utilisés dans des conditions similaires peuvent être comparés sur la base de leurs caractéristiques radiofréquences. A cet effet, on peut utiliser la fréquence de résonance mesurée dans des conditions données et la résistance radiofréquence à la résonance. Pour ces raisons, il n'est pas nécessaire que les caractéristiques radiofréquences figurent sur les composants. Aucune tentative n'a également été faite pour normaliser certaines valeurs relatives à ces caractéristiques.

7 Aspects relatifs à la sécurité

7.1 Condensateurs de classe X et Y

Les condensateurs d'antiparasitage sont divisés en classes X et Y.

Les condensateurs de classe X sont destinés à être connectés sur l'alimentation.

Les condensateurs de classe Y sont autorisés à être connectés entre l'alimentation et la terre pour les tensions d'alimentation allant jusqu'à 500 V.

Dans les applications en courant alternatif, les condensateurs Y peuvent être remplacés par deux condensateurs X connectés en série, à condition que la tension U_R des condensateurs X ne soit pas inférieure à la tension U_R des condensateurs Y, et que le filtre supporte la