

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Components for low-voltage surge protection –
Part 332: Selection and application principles for metal oxide varistors (MOV)**

**Composants pour parafoudres basse tension –
Partie 332: Choix et principes d'application des varistances à oxyde métallique (MOV)**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 Secretariat
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. 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 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 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 Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. 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 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Components for low-voltage surge protection –
Part 332: Selection and application principles for metal oxide varistors (MOV)**

**Composants pour parafoudres basse tension –
Partie 332: Choix et principes d'application des varistances à oxyde métallique
(MOV)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.040.20

ISBN 978-2-8322-8594-7

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	7
3.1 Terms and definitions.....	8
3.1.1 Ratings.....	8
3.1.2 Characteristics.....	9
3.2 Symbols and abbreviated terms	12
3.2.1 Symbols	12
3.2.2 Abbreviated terms	13
4 General	13
5 Construction	13
6 Function	14
6.1 Theory of operation.....	14
6.2 Thermal protection of MOVs	15
6.3 Failure modes	16
6.3.1 General	16
6.3.2 Short-circuit failure mode.....	16
6.3.3 Degradation failure mode.....	16
6.3.4 Open-circuit and high clamping voltage failure mode	17
7 Application	17
7.1 MOVs basic application.....	17
7.1.1 Application circuit	17
7.1.2 Operational compatibility	18
7.1.3 Voltage limiting.....	18
7.1.4 Selection of MOVs.....	18
7.1.5 Mitigating the consequences of failure	27
7.1.6 Operations to failure	30
7.1.7 Earthing and bonding.....	30
7.1.8 Location of MOVs	31
7.1.9 Applications for MOVs	31
7.1.10 Parallel connections	32
7.1.11 Series connections	33
7.2 Thermally protected metal oxide varistor.....	33
7.2.1 Introduction	33
7.2.2 Selection of thermally protected MOV	34
7.2.3 Time to open characteristics	34
7.3 ESD.....	34
7.3.1 Background	34
7.3.2 Standards.....	35
7.3.3 Application example 1.....	35
7.3.4 Application example 2.....	35
7.4 Consideration for TOV	35
7.4.1 Failure of the low-voltage power supply circuit.....	35
7.4.2 Failure of high voltage or medium voltage power supply circuit.....	36
8 Safety and hazard information for MOVs.....	36

8.1	Overview	36
8.1.1	General	36
8.1.2	Confirmation of rated performance	36
8.2	Fire risks	36
8.2.1	General	36
8.2.2	Use between lines	36
8.2.3	Use between line and earth	37
8.2.4	Shatter-proof	37
8.2.5	Prevention of burning	37
8.2.6	Environmental condition	37
8.3	Electrical shock risks	37
8.4	Typical precaution statement for the use of MOVs	37
8.4.1	Information related to degradation and failures of MOVs	37
8.4.2	Information related to scattering of MOVs	38
8.4.3	Information related to equipment damage or malfunction	38
8.4.4	Information related to accidents caused by unexpected phenomena	38
Annex A (informative)	Terms and explanations	39
A.1	Single-impulse peak current I_{TM}	39
A.2	Maximum continuous voltage V_M	39
A.3	Standby current I_D	39
A.3.1	AC Standby current	39
A.3.2	DC Standby current I_{DC}	40
A.4	varistor voltage V_V	42
A.5	Clamping voltage V_C	42
A.6	Capacitance C_V	44
Annex B (informative)	MOV durability evaluation under DC bias condition	45
B.1	Introduction	45
B.2	Durability test	45
B.3	Typical performances in MOV durability evaluation	46
B.3.1	Ambient temperature: 85 °C	46
B.3.2	Ambient temperature: 105 °C	47
B.4	Conclusion	47
Annex C (informative)	Typical application circuits of thermally protected MOVs	48
Annex D (informative)	MOV application for wind turbine systems	50
Annex E (informative)	5G powering surge protection	51
E.1	AC power protection	51
E.2	DC power protection	51
Annex F (informative)	Comparison of MOV terms with other standards	53
Annex G (informative)	How to select MOV/thermally protected MOV for equipment	55
Annex H (informative)	How to select an MOV/thermally protected MOV for an SPD	57
Bibliography		59
Figure 1	– V - I characteristic of an MOV	10
Figure 2	– Symbol for an MOV	12
Figure 3	– Symbol for a thermally protected MOV	12
Figure 4	– Schematic depiction of microstructure of MOV	13

Figure 5 – Typical varistor V - I curve plotted log-log scale.....	14
Figure 6 – MOV equivalent circuit model.....	15
Figure 7 – Possible connection of MOVs (simplified).....	17
Figure 8 – Overvoltage categories	20
Figure 9 – Test data example of impulse current vs repetitions for 14 mm MOVs	21
Figure 10 – Example of 10 mm, 14 mm and 20 mm MOV voltage current characteristics	22
Figure 11 – K value for various waveforms.....	24
Figure 12 – 5/50 exponential waveform as an example	25
Figure 13 – MOV pulse energy versus pulse width for various pulse repetitions	25
Figure 14 – Options for MOV fuse connection.....	28
Figure 15 – Time-current characteristic of fast acting and time delay fuse.....	29
Figure 16 – Parallel connection of MOVs	32
Figure 17 – Example of V - I characteristics for two parallel MOVs.....	32
Figure 18 – Operating Time	34
Figure 19 – Example of MOV application for ESD	35
Figure 20 – Example of 4 ports application using MOVs for ESD.....	35
Figure 21 – Combination an MOV with a GDT.....	36
Figure A.1 – Short term effect of temperature, frequency, and voltage on standby power of a typical 20 mm MOV	40
Figure A.2 – Typical temperature coefficient of voltage versus current, 14 mm size, -55 °C to 125 °C.....	41
Figure A.3 – Typical clamping voltage response to 8/20 test current impulse	42
Figure A.4 – Illustration of static (DC) I-V characteristics on linear scale	43
Figure B.1 – Durability test result at 85 °C	46
Figure B.2 – Durability test result at 105 °C	47
Figure C.1 – AC Application Circuit.....	48
Figure C.2 – DC Photovoltaic Application circuit	49
Figure E.1 – AC power feed protection according to ITU-T K.120.....	51
Figure E.2 – DC power feed protection according to ITU-T K.97 and Diode steering	52
Figure G.1 – Flow chart of MOV/thermally protected MOV selection for equipment	56
Figure H.1 – Flow chart of MOV/thermally protected MOV selection for an SPD.....	58
Table D.1 – Example of characteristics of the generator alternator excitation circuit and selected SPD	50
Table F.1 – Comparison of MOV terms/symbols with other standards for MOV voltages	53
Table F.2 – Comparison of MOV terms/symbols with other standards for impulse current ratings	53
Table F.3 – Comparison of MOV terms/symbols with other standards for TOV and abnormal voltage testing.....	54

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMPONENTS FOR LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTION –**Part 332: Selection and application principles
for metal oxide varistors (MOV)****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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61643 has been prepared by subcommittee 37B: Components for low voltage surge protection, of IEC technical committee 37: Surge arresters. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
37B/243/FDIS	37B/245/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/publications.

A list of all parts in the IEC 61643 series, published under the general title *Components for low-voltage surge protection*, can be found on the IEC website.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024

COMPONENTS FOR LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTION –

Part 332: Selection and application principles for metal oxide varistors (MOV)

1 Scope

This part of IEC 61643 describes the theory of operation, principles for the selection and application of MOVs to be connected to power lines or telecommunication or signalling circuits, up to 1 000 V AC or 1 500 V DC. These SPCs are designed to protect apparatus or personnel, or both, from high transient voltages.

This document applies to MOVs having two electrodes and voltage dependent elements with or without disconnectors. It does not apply to assemblies that include MOVs and their influence on the MOV's characteristics.

This standard specifically discusses the zinc-oxide type of MOVs.

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 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 61051-1:2018, *Varistors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 61051-2:2021, *Varistors for use in electronic equipment – Part 2: Sectional specification for surge suppression varistors*

IEC 61643-11:2011, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*

IEC 61643-331:2020, *Components for low-voltage surge protection – Part 331: Performance requirements and test methods for metal oxide varistors (MOV)*

IEC 62368-1:2023, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements*

3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms

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

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

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

3.1 Terms and definitions

3.1.1 Ratings

3.1.1.1

rating

limiting capability or limiting condition beyond which damage to the MOV may occur

Note 1 to entry: A limiting condition may be either a maximum or a minimum.

3.1.1.2

single-impulse [transient] maximum current

I_{TM}

rated maximum value of current which may be applied for a single impulse of specified waveform

Note 1 to entry: For power distribution SPDs, IEC 61643-11, Maximum Discharge Current I_{max} is used.

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.2]

3.1.1.3

nominal discharge current

I_n

crest value of the current through the MOV having a current waveshape of 8/20

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.3]

3.1.1.4

maximum continuous voltage

V_M

maximum voltage that may be applied continuously at a specified temperature

Note 1 to entry: May also be called U_C or MCOV (Maximum continuous operating voltage).

Note 2 to entry: See Figure 1.

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.7, modified (addition of "Maximum continuous operating voltage" to Note 1 to entry)]

3.1.1.5

maximum continuous AC voltage

$V_{M(AC)}$

maximum value of RMS power frequency voltage (less than 5 % total harmonic distortion) that may be applied continuously at a specified temperature

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.8]

3.1.1.6

maximum continuous DC voltage

$V_{M(DC)}$

maximum value of DC voltage that may be applied continuously at a specified temperature

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.9]

3.1.1.7**maximum discharge current** $I_{\max}$

crest value of a current through the SPD having an 8/20 waveshape and magnitude according to the manufacturer's specification.

Note 1 to entry: $I_{\max}$ is equal to or greater than I_n .

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.48]

3.1.1.8**impulse discharge current for class I test** I_{imp}

crest value of a discharge current through the SPD with specified charge transfer Q and specified energy W/R in the specified time

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.10]

3.1.1.9**rated average dissipation power** P_M

maximum average dissipation power of repetitive pulses allowed to be applied to the varistors at ambient temperature of 25 °C

[SOURCE: IEC 61051-1:2018, 3.23]

3.1.2 Characteristics**3.1.2.1****characteristics**

inherent and measurable properties of an MOV

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.1]

3.1.2.2**standby current** I_D

current passing through MOV at maximum continuous voltage V_M

Note 1 to entry: The current passing through the MOV at less than V_M is called leakage current.

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.2]

3.1.2.3**varistor voltage** V_V

voltage across the MOV measured at a specified current (typically 1 mA) for a specific duration

Note 1 to entry: The MOV manufacturer specifies the current. Otherwise, 1 mA DC for a duration of 20 to 100 ms is normally used.

Note 2 to entry: See Figure 1.

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.3]

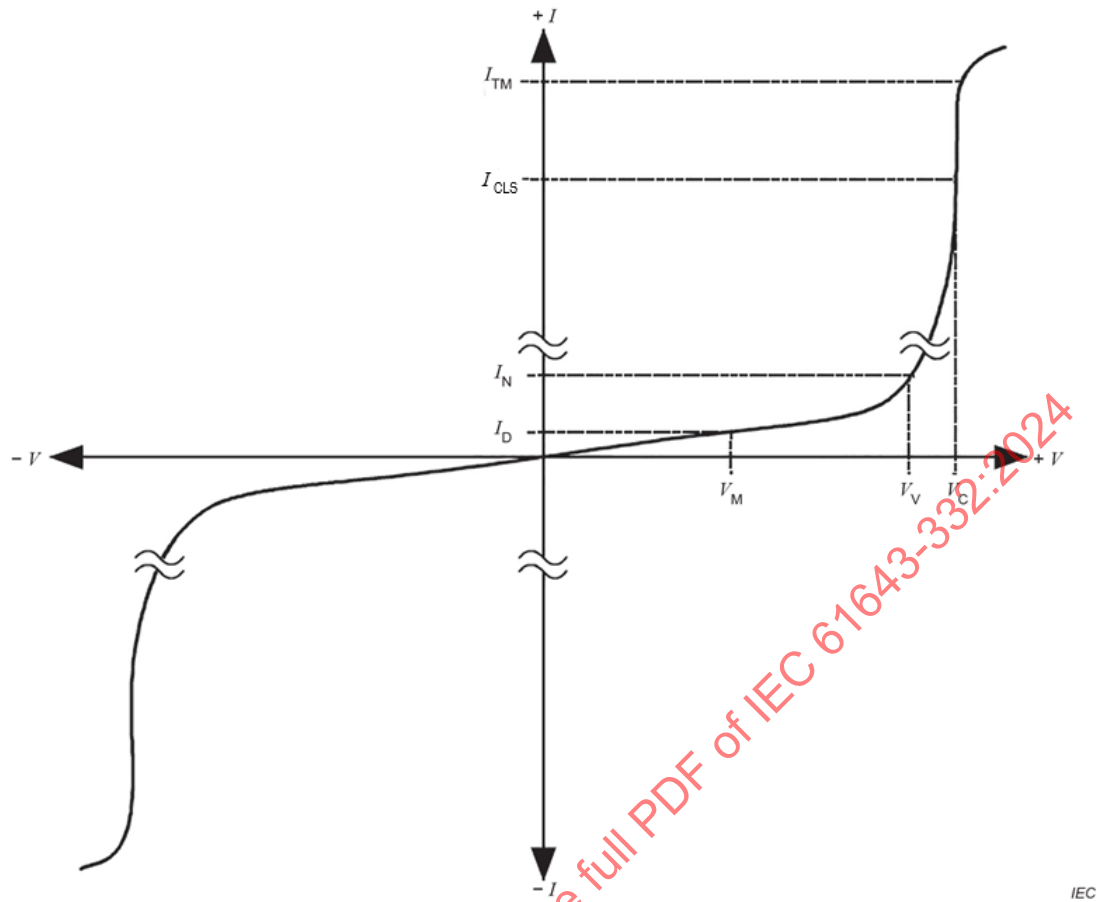


Figure 1 – V - I characteristic of an MOV

3.1.2.4

Clamping voltage

V_C

peak voltage across the MOV measured under conditions of a class current (I_{CLS}) and specified waveform

3.1.2.5

class current

I_{CLS}

peak value of current, which is 1/10 of the maximum peak current for 100 pulses for the 8/20 current pulse with a time interval of 30 s

[SOURCE: IEC 61051-1:2018, 3.21]

3.1.2.6

Capacitance

C_V

capacitance across the MOV measured at a specified frequency, voltage and time

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.6]

3.1.2.7**SPD**

device that contains at least one nonlinear component that is intended to limit surge voltages and divert surge currents

[SOURCE: IEC 61643-11 Clause 3.1.1]

3.1.2.8**SPC**

discrete component whose primary function is to divert or limit excessive voltage and current surges to protect sensitive equipment and circuits from potential damage. Examples of SPCs are MOVs, GDTs, SITs, ABDs, and thyristors.

3.1.2.9**metal oxide varistor (MOV)**

non-linear resistor made of a sintered mixture of metal oxides whose conductance, at a given temperature, increases rapidly with voltage

Note 1 to entry: This is also known as a voltage dependant resistor (VDR).

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.7]

3.1.2.10**thermally protected metal oxide varistor**

varistor which includes a series non-resettable element that will disconnect the MOV when it is overheated due to excessive dissipation

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.8]

3.1.2.11**nonlinearity current index**

β

starting from Formula (1) of 3.3, it is defined by the formula

$$\beta = \frac{I}{U} \times \frac{dU}{dI} \quad (1)$$

Note 1 to entry: For the convenience of calculation, the following formula may be used:

$$\beta = \frac{\log_{10}(U_1/U_2)}{\log_{10}(I_1/I_2)} \quad (2)$$

β is always less than 1.

[SOURCE: IEC 61051-1:2018, 3.4]

3.1.2.12 non-linearity voltage index

γ
reciprocal of non-linearity current index β

Note 1 to entry: γ is always greater than 1.

Note 2 to entry: In varistor industry and literature, the non-linearity voltage index is usually denoted by α rather than γ .

[SOURCE: IEC 61051-1:2018, 3.5]

3.1.2.13 AC standby current

I_{AC}
current passing through MOV at maximum continuous voltage AC $V_{M(AC)}$

3.1.2.14 DC standby current

I_{DC}
current passing through MOV at maximum continuous voltage DC $V_{M(DC)}$

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.9]

3.2 Symbols and abbreviated terms

3.2.1 Symbols

Figure 2 and Figure 3 show the symbols for an MOV and a thermally protected MOV, respectively.

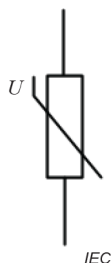


Figure 2 – Symbol for an MOV

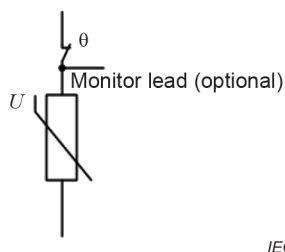


Figure 3 – Symbol for a thermally protected MOV

NOTE IEC 60027 recommends the letters V and v only as reserve symbols for voltage; however, in the field of MOV components, these are so widely used that in this publication they are preferred to U and u .

3.2.2 Abbreviated terms

ESD	Electrostatic Discharge
GDT	Gas Discharge Tube
IC	Integrated Circuit
IT	Information Technology
IT	Isole-Terre (French for Isolated-Earth)
MCOV	Maximum Continuous Operating Voltage
MOV	Metal Oxide Varistor
SMD	Surface Mount Device
SPC	Surge Protective Component
SPD	Surge Protective Device
TCO	Thermal Cut off
TOV	Temporary Overvoltage
TN	Terre-Neutre (French for Earth-Neutral)
TT	Terre-Terre (French for Earth-Earth)

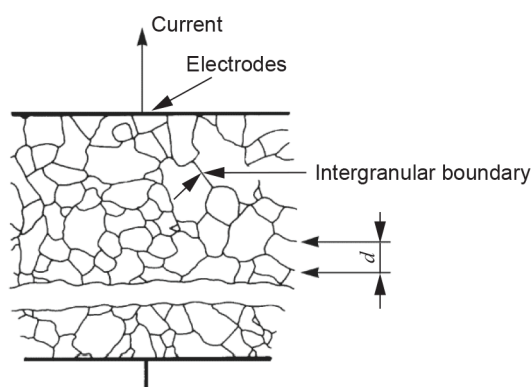
4 General

Due to the high complexity of the ceramics on which the functioning of the MOV is based, the performance of the MOV depends on the technology and processes used. Thus, the electrical properties and characteristics (tolerances, impulse withstand capability, etc.) may vary among manufacturers. The explanations of terms related to electrical properties and characteristics are described in Annex A.

5 Construction

Typically, MOVs consist of a round disc-shaped body of sintered zinc-oxide with suitable additives. Other types in use include rectangular and tubular shapes and multilayer structures. MOVs have metal particle electrodes consisting of a silver alloy or other metal. The electrodes may have been applied to the body by screen printing and firing or by other processes depending on the metal used. MOVs also often have wire leads or some other type of termination that may have been soldered to the electrode.

The basic conduction mechanism of MOVs results from semiconductor barriers at the boundary of the zinc-oxide grains formed during a sintering process. The MOV may be considered a multi-barrier component with many grains acting in series-parallel combination between the terminals. A schematic cross-sectional view of a typical MOV is shown in Figure 4.



IEC

Figure 4 – Schematic depiction of microstructure of MOV

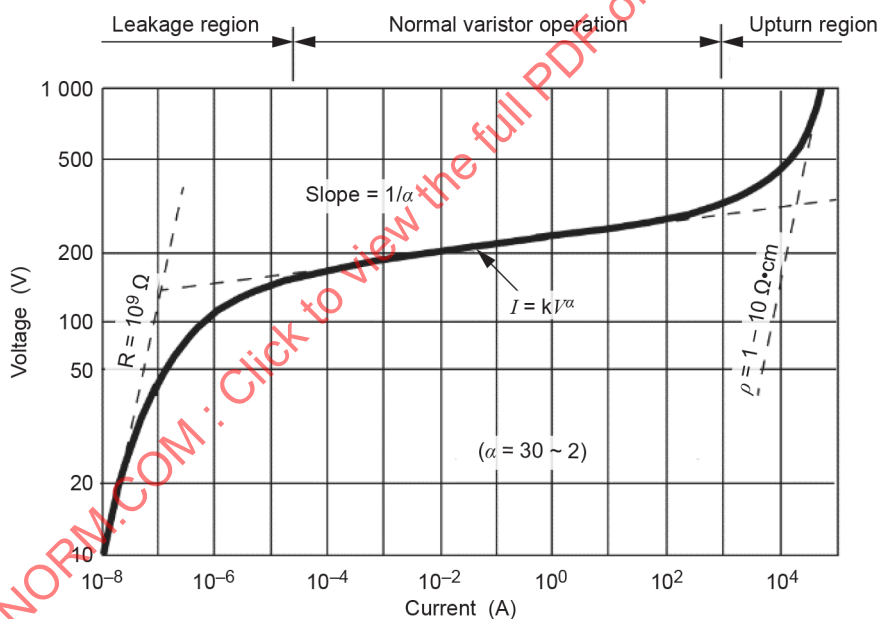
6 Function

6.1 Theory of operation

MOVs have the property of maintaining a relatively small voltage change across their terminals while the surge current flowing through them varies over several decades. This non-linear action allows them to divert the current of a surge when connected in shunt across the line, and hold the voltage across the line to values that protect the equipment connected to that line. Since the voltage across the MOV is held at some level higher than the normal circuit voltage (but still protecting) while surge current flows, there will be energy dissipated in the MOV during its surge diversion function.

The MOV material consists of zinc-oxide grains separated by a thin intergranular material. Bismuth oxide and other metal oxides comprise the boundary between grains, and these form semiconducting barriers with the grains. A fundamental property of the material is that the voltage drop across a single interface between the grains is nearly constant, and is independent of the grain size. Figure 5 shows a typical V - I characteristic of an MOV in one direction of conduction, and the opposite direction would be similar.

The voltage and current values of the curve in Figure 5 were measured by using DC current when the current being less than 10^{-2} A, or by using 8/20 current when the current being greater than 100 A.



IEC

Figure 5 – Typical varistor V - I curve plotted log-log scale

The electrical behaviour of an MOV can be understood by reference to the V - I characteristic of Figure 5 and the equivalent circuit components of Figure 6 as follows:

- 1) Leakage Region: When the voltage across the MOV is below its varistor voltage (V_V), the non-linear resistance R_x approaches a high ohmic state and can be disregarded, hence the parallel resistance R_{off} is the prevailing component. In the example of Figure 6, R_{off} is such a high value that the MOV is essentially in a nearly open-circuit state.

- 2) Normal Varistor Operation Region: The non-linear resistance R_x becomes so small that it is much lower than the linear leakage resistance R_{off} , so that the R_{off} is ignored but R_x remains larger than R_{on} . The variable resistance R_x takes on continuously decreasing values, according to the power law relating current and voltage. In this region, current increases in several orders of magnitude as V_V remains rather constant.
- 3) Upturn Region: At large currents, the series resistance R_{on} becomes a significant part of the total device resistance, causing an upturn with the value of R_{on} as an asymptote. The MOV is essentially in a short-circuit state during this region.

The parametric values given in Figure 5 and Figure 6 are shown for illustration purposes only.

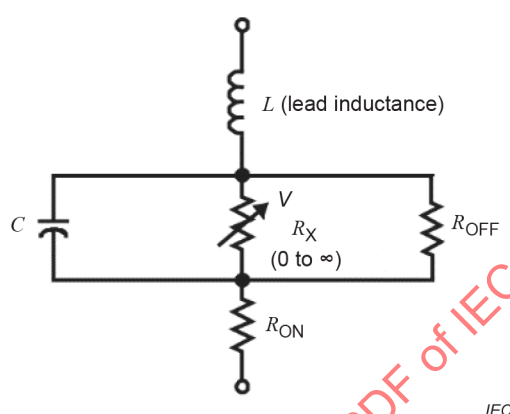


Figure 6 – MOV equivalent circuit model

Under AC or signal operating conditions as well as under surge conditions the reactive components (L and C) of Figure 6 may significantly affect the behaviour of the MOV. The parallel capacitance C can pass a current that may be larger than the DC standby current. The series inductance L , resulting from the leads can increase the voltage appearing across the component terminals when it passes surge currents with steep wave fronts. This inductive voltage drop may appear as an overshoot on the voltage waveform and appear to be a delay in MOV response.

Ambient temperature, and/or the temperature rise caused in the MOV by operating conditions or by a surge, produces little effect on the clamping voltage. However, the standby current will increase with increasing temperature. Therefore, if conditions result in temperatures that may exceed the component rating, consideration will have to be given to thermal design in the application.

6.2 Thermal protection of MOVs

Thermal protection can be effective in cases where current through an MOV might be so low as to not result in the operation of the overcurrent protection, and where currents could be high enough to cause an MOV to reach extremely high temperatures sufficient to result in extreme overheating. The following examples describe how thermal protection means could be applied to disconnect the MOV:

- 1) If a power frequency overvoltage occurs, AC standby power dissipation will rise. This could result in heating of an MOV.
- 2) If an MOV is exposed to stresses beyond its rating, it could be subject to a degradation failure mode. With severe degradation of an MOV, standby power dissipation could rise enough to cause heating.
- 3) If the power source impedance is relatively high, and the fault current available is too low to operate an overcurrent means, an MOV failed in the short-circuit mode could cause heating.

Further work also needs to be done to evaluate the effect of surge transients on their operating characteristics of thermal protections.

6.3 Failure modes

6.3.1 General

The case shall be considered in which power frequency overvoltages or extreme surge values could occur, exceeding the predictions of limited-base statistics, and in which excess energy might be dissipated in the MOV. Like any other component over stressed in this manner, an MOV is subject to failure. The mode of failure will depend on the kind and degree of stress. The failure modes discussed in this subclause are short-circuit, degradation, and open-circuit and high clamping voltage.

The use of "safe failure mode" to describe a failure mode of an MOV is discouraged, since the consequences of failure, if not mitigated, may present a hazard to equipment or personnel. Some users may consider that the most desirable condition of a failed MOV is a low resistance, where the protective function is maintained. Others may prefer failure into a high resistance condition, so that the failed MOV does not induce a short circuit. Because "safe failure mode" means opposite things to different users, the recommended practice is to describe MOV failure only by the terms given in 6.3.2, 6.3.3 and 6.3.4.

High current flowing in a failed MOV can melt soldered connections or shatter the component. Since these ultimate failure modes are not generally desirable, the common practice is to provide a thermal or overcurrent protective means, or both, in order to disconnect the MOV and clear the fault from the circuit.

6.3.2 Short-circuit failure mode

In this failure mode an MOV may exhibit mechanical damage due to overheating by electrical current. The MOV element may have a punch-through hole between the electrodes, and some of the zinc-oxide material may have been reduced to metallic form. Outside of the damaged region, the MOV may have normal V - I characteristics. Hence, in terms of the equivalent electrical circuit of Figure 6 the parallel resistance component R_{off} has a much lower value in failed MOVs. When the failed MOV is measured out of its circuit and at room temperature, the non-linear exponent will be between 1 and 2. Typical values may be on the order of 10 Ω or more. The value could be lower at higher temperature at the time of failure.

6.3.3 Degradation failure mode

Overvoltage stresses that do not result in functional failure may nonetheless cause an observable change in V - I characteristics. In the degradation failure mode, an MOV has a V_V of less than 90 % of the initial value.

A degradation of V_V is likely to be associated with an increase in the MOV's DC standby current and AC standby power dissipation. Continuing degradation could lead to overheating and premature failure. For the reference, V_V changes in MOV durability evaluation under DC bias conditions are shown in Annex B. Consequently, users are cautioned against selecting MOVs with inadequate voltage ratings.

Degradation may be explained as due to a reduction in the value of parallel resistance R_{off} in the equivalent circuit of Figure 6. It is important to note that such a change would affect only the low-current extremity of the V - I characteristics, and the MOV would continue to perform its surge-protective function.

The outcome of evaluation for this failure mode is sensitive to the current density at which the test is conducted. Specifically, if the current selected is too low, serviceable MOVs could be unnecessarily rejected. Typically a test current of 1 mA is applied to all MOVs regardless of size. However, a more ideal value should be based on current density rather than current. It should be noted that V_V may shift upward without implication that clamping voltage has shifted upward in correlation. Instead, clamping voltage should be measured independently.

6.3.4 Open-circuit and high clamping voltage failure mode

The V - I characteristics of MOVs used in AC mains applications typically are very stable in the region of protective operation. However, if the electrodes, leads, solder or other connections become damaged, or the MOV is shattered, the MOV may become open circuited because of an increase in the effective value of series resistance component R_{on} in the equivalent circuit of Figure 6. External mechanical damage is evident in this failure mode almost invariably, and an open-circuit voltage condition can be identified in position by visual inspection. The recommended definition of failure is: 1) clamping voltage exceeding 120 % of initial value, or 2) open-circuit voltage condition.

7 Application

7.1 MOVs basic application

7.1.1 Application circuit

The application of MOVs to limit voltages at the terminals of electronic and electrical equipment requires the selection of an MOV with suitable characteristics, and then the proper physical arrangement of the MOV in the electrical circuit. In addition, electrical components downstream of the MOV shall be rated suitably for the clamping voltage provided by the MOV. Typically, an MOV with proper clamping voltage is selected in accordance with the downstream component's acceptable voltage limits.

The electrical configurations of the most common applications in low-voltage AC power systems are illustrated in Figure 7. If a single MOV is employed, the usual connection is line-to-neutral (see (1) in Figure 7) to limit overvoltage surges in that mode. Surges also can occur between neutral-to-earth (see (3) in Figure 7) and line-to-earth (see (2) in Figure 7), together or independently. In some applications MOVs may be installed between all three lines, as illustrated. Overcurrent protection means or thermal protection means or both should be added as appropriate.

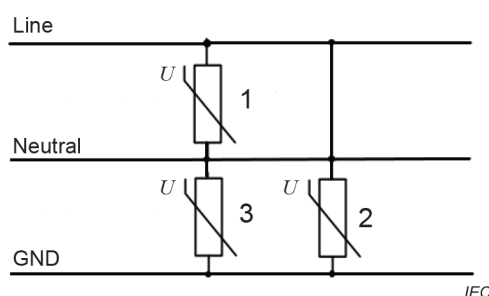


Figure 7 – Possible connection of MOVs (simplified)

NOTE Overcurrent and/or thermal protection means which are not shown in figures can be used.

Examples of MOV specifications and their circuit in specific applications are described in Annex C, Annex D and Annex E.

7.1.2 Operational compatibility

MOVs may be connected between the AC line unearthed conductor and the equipment earthing conductor, earthing path or earthed metal parts. The purpose is to protect insulation against damage by surge voltages or to prevent flashover between clearances. However, safety concerns related to leakage paths through the MOV shall be considered for the particular application. One of these concerns has to do with standby current.

As a result of the capacitance associated with the internal semiconducting barriers of an MOV, and also its internal resistance, an MOV will contribute to the standby current described above. With DC circuits only, the resistive portion will contribute to standby current. With AC power circuits, the internal capacitance and resistance both contribute. The standby current will vary with temperature and also is related to the size and energy handling capability of the MOV.

Standby current through MOVs along with other standby currents in the system can increase the risk of electric shock, or risk personal injury related to reaction levels of electric current, depending on the standby current levels and other conditions related to the specific MOV application.

IEC 61643-331 describes test procedures for measuring standby current through the MOV.

7.1.3 Voltage limiting

The expected clamping voltage of MOVs can be found by constructing a V - I graph similar to Figure 1. Load lines can be drawn representing all possible output combinations of a test surge generator under the conditions of this example; i.e., 6 kV open-circuit voltage, and 0,5 kA and 3 kA short-circuit currents. Maximum clamping voltage curves for MOVs can be obtained from manufacturer's specifications. The intersections of load lines and clamping curves represent peak operating point predictions for each combination of test condition and MOV size. Predicted values should be verified by testing.

At the same specified current and same voltage rating, larger diameter MOVs tend to clamp at lower voltages than smaller ones. The user should select the size that best fits the space and performance goals of the application.

7.1.4 Selection of MOVs

7.1.4.1 General

MOVs are selected by a range of performance criteria such as the maximum supply voltage of the system, impulse current rating, operating temperature and clamping voltage. Annex F describes MOV characteristics as defined by various standards.

For most applications, the selection is a six-step process:

- a) 7.1.4.2: Determine the required maximum continuous voltage of the MOV
- b) 7.1.4.3: Determine the peak transient current for the application
- c) 7.1.4.4: Select an MOV size to provide the required clamping voltage for the application
- d) 7.1.4.5: Assess MOV energy rating – if needed
- e) 7.1.4.6: determine power dissipation– if needed
- f) 7.1.4.7: Determine if a thermal disconnecter is required for the application

Selection of an MOV for a particular application requires balancing several deciding factors. Selecting an MOV with V_V too high may result in an unacceptable clamping voltage that could damage the equipment downstream. Selecting an MOV that has V_V too low may result in an increased level of power dissipation which will cause an increase in standby current and shorten the life of the MOV. The tolerance of the supply system voltage and voltage swell conditions should also be considered.

The user should be cautioned against selecting an MOV with a clamping voltage so low that it would begin to conduct excessively during high AC or DC power line conditions. This might then interfere with normal operation of the equipment being protected, overheat the MOV and shorten its life due to extended operation above its rating.

Typically, MOVs with thermal protection are utilized for applications where temporary overvoltage (TOV) conditions may be present and the performance of these thermally protected MOVs should be also considered.

Besides the above, Subclauses 7.1.4.2, 7.1.4.3, 7.1.4.4, 7.1.4.5, 7.1.4.6 and 7.1.4.7 provide general guidelines and examples, however, these are general guidelines.

Each MOV should be selected according to its specific application and manufacturer's recommendation. Annex G and Annex H show MOV selection flowcharts for equipment and an SPD, respectively.

7.1.4.2 Determine the required maximum continuous operating voltage the MOV

The first parameter to address in selecting an appropriate MOV is its maximum continuous voltage, V_M (may also be called U_C or MCOV). This parameter is largely based on the system's supply voltage where the MOV will be used. To make sure the MOV does not enter the normal varistor operating region (see Figure 5) during normal voltage fluctuations, the selected MOV shall have a maximum continuous voltage that is higher than the system's normal supply voltage. Generally, V_M of 20 % higher than the system's normal supply voltage is a reasonable design approach, however, other voltage requirements arising from industry and safety standards may require higher V_M .

Safety standards may mandate the required continuous voltage of MOVs connected across the AC supply. For example, IEC 62368-1:2018, G.8.1 requires that the MOV has V_M that is at least 1,25 times (125 %) the equipment's rated voltage. For example, selecting the MOV for equipment intended to be connected on a 220 V AC, TT (neutral earthed electrical supply system where the neutral is earthed at the source and the electrical equipment protective earthing is local to the equipment) power system, the safety standards require having an MOV rated at least $230 \text{ VAC} \times 125 \% = 287,5 \text{ VAC}$. When the equipment has an AC voltage range, V_M shall be at least 1,25 times the upper voltage of the rated voltage range. For example, if the equipment is marked with a voltage range of 90 to 250 VAC, the maximum continuous voltage is $250 \text{ VAC} \times 125 \% \approx 313 \text{ VAC}$.

One important item to note for IT equipment designed to meet IEC 62368-1 is that the maximum continuous voltage is based on the equipment's voltage label. For example, consider the difference in V_M of an equipment marked with 120 V/230 V versus equipment marked with a voltage range of 100 V to 240 V. For the equipment marked with 120 V/230 V operating AC voltages, V_M is $230 \text{ VAC} \times 125 \% \approx 288 \text{ VAC}$. For the equipment marked with the 100 V to 240 V AC voltage range, V_M is $240 \text{ VAC} \times 125 \% \approx 300 \text{ VAC}$. Thus, it is important to know how the working voltage of the equipment is expressed. This is further complicated if the marked voltage range includes the typical 10 % voltage fluctuations. For example, if the IT equipment states 90 VAC to 264 VAC then V_M would have to be based 125 % of the 264 VAC voltage.

7.1.4.3 Determine the peak transient current for the application

For equipment energized directly from the AC mains supply, IEC 60664-1 categorises transient voltages as shown in Figure 8:

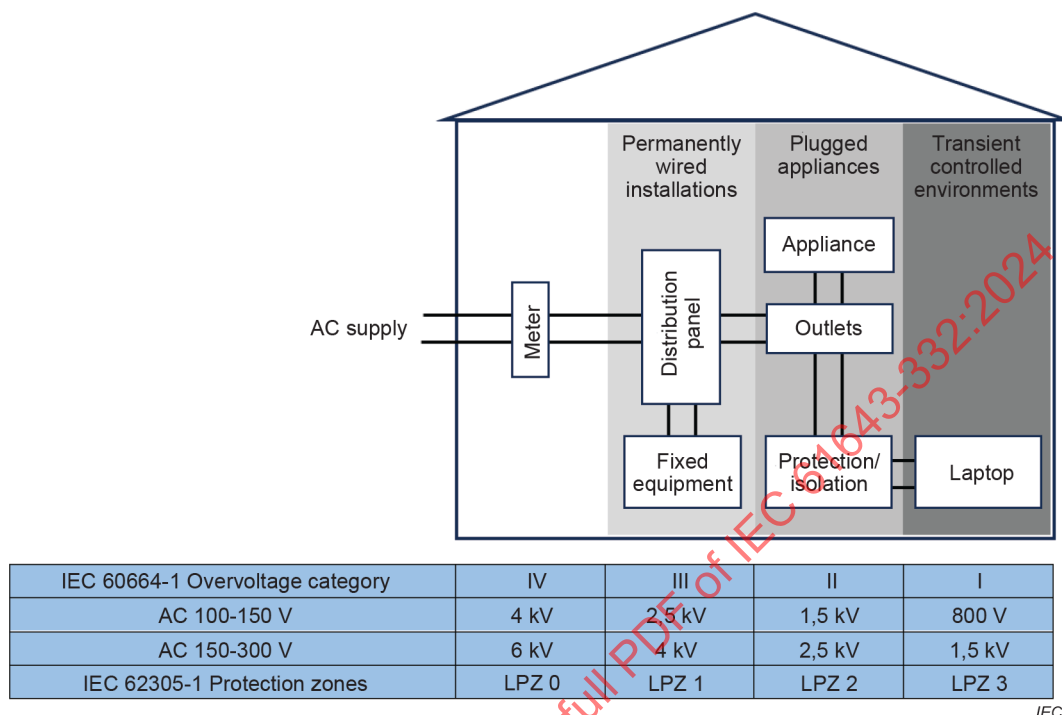


Figure 8 – Overvoltage categories

- Overvoltage category IV is for use at the origin of the installation. For AC mains >150 V and ≤ 300 V the 1,2/50 impulse withstand voltage requirement is 6 kV.

NOTE 1 Examples of such equipment are electricity meters, primary overcurrent protection means and ripple control units.

- Overvoltage category III is equipment in fixed installations and for cases where the reliability and the availability of the equipment is subject to special requirements. For AC mains >150 V and ≤ 300 V the 1,2/50 impulse withstand voltage requirement is 4 kV.

NOTE 2 Examples of such equipment are switches in the fixed installation and equipment for industrial use with permanent connection to the fixed installation.

- Overvoltage category II is energy-consuming equipment to be supplied from the fixed installation. If such equipment is subjected to special requirements with regard to reliability and availability, overvoltage category III applies. For AC mains >150 V and ≤ 300 V the 1,2/50 impulse withstand voltage requirement is 2,5 kV.

NOTE 3 Examples of such equipment are appliances, portable tools and other household and similar loads.

- Overvoltage category I is for equipment without a direct connection to a mains supply. For AC mains > 150 V and ≤ 300 V the 1,2/50 impulse withstand voltage requirement is 1,5 kV.

NOTE 4 Unless the circuits are designed to take the temporary overvoltages into account, equipment of overvoltage category I cannot be directly connected to the mains supply.

IEC 61051-2/AMD1 turns these category voltages into currents by specifying a 1,2/50 to 8/20 test generator set to the category voltage with a fictive impedance of 2 Ω. Thus, for AC mains > 150 V and ≤ 300 V.

- Category IV is 8/20 at 3 kA,
- Category III is 8/20 at 2 kA,
- Category II is 8/20 at 1,25 kA, and

- Category I is 8/20 at 750 A.

In testing with a 1,2/50 to 8/20 generator the MOV clamping voltage will reduce the peak current. For an MOV used in AC mains >150 V and ≤ 300 V the generator peak currents are

- Category IV is 8/20 at 2,5 kA,
- Category III is 8/20 at 1,5 kA,
- Category II is 8/20 at 1 kA, and
- Category I is 8/20 at 500 A.

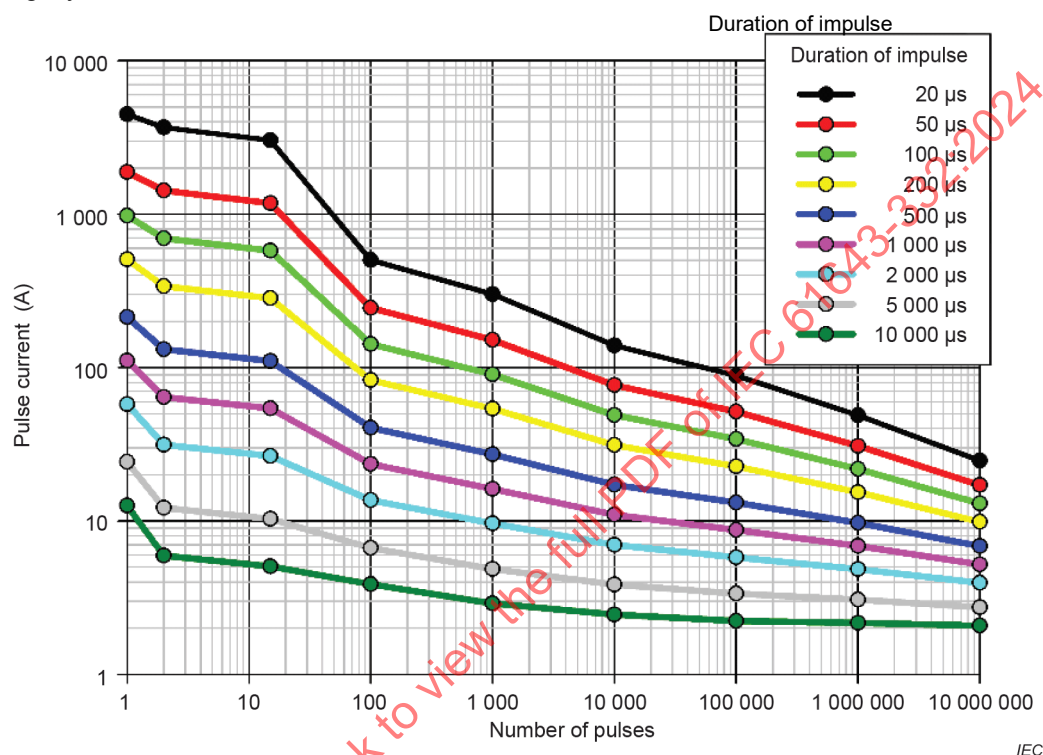


Figure 9 – Test data example of impulse current vs repetitions for 14 mm MOVs

A category transient is not a single event but can happen many times during the equipment life. The repetitive pulse graphs shown in Figure 9 as an example use rectangular pulses of current. Due to the relatively slow front time of the 8/20 current impulse its effects are similar to a 20 μs rectangular current pulse. For the same peak current, impulses, with a much greater difference between the front time and time to half value, have much higher charge and energy values than a pulse having the same duration as the half value.

The impulse current vs repetitions graph is essential in confirming that the selected MOV can withstand the anticipated number of pulses during its lifetime,

For example, let us assume the MOV will be utilized in an equipment connected to AC Mains with an Overvoltage Category of II in a 230 V supply voltage system. IEC 60664-1 requires a 1,2/50 impulse withstand rating of 2,5 kV (for voltage > 150 VAC to ≤ 300 VAC) and IEC 61051-2/AMD1 states that the MOV shall withstand a 1,2/50 to 8/20 combination pulse of 2,5 kV/1,25 kA for voltages ≤ 300 VAC. Since the duration of the current pulse is 20 μs (from the 8/20 current pulse) and the pulse current is 1,25 kA, Figure 9 indicates that the MOV would withstand about 7 to 8 pulses. If the equipment is to withstand more pulses, a different (typically larger size) MOV shall be used.

7.1.4.4 Select an MOV size to provide the required clamping voltage for the application

Having determined the maximum continuous rating and the peak 8/20 current required, the designer can now determine the size of the MOV to determine the clamping voltage of the MOV. If there is an absolute maximum clamping voltage requirement (for example downstream components such as transformer, capacitor, etc have a maximum voltage withstand rating), then increasing the MOV size will reduce the peak voltage at a given current. Figure 10 shows about a 10 % voltage reduction for each size increase.

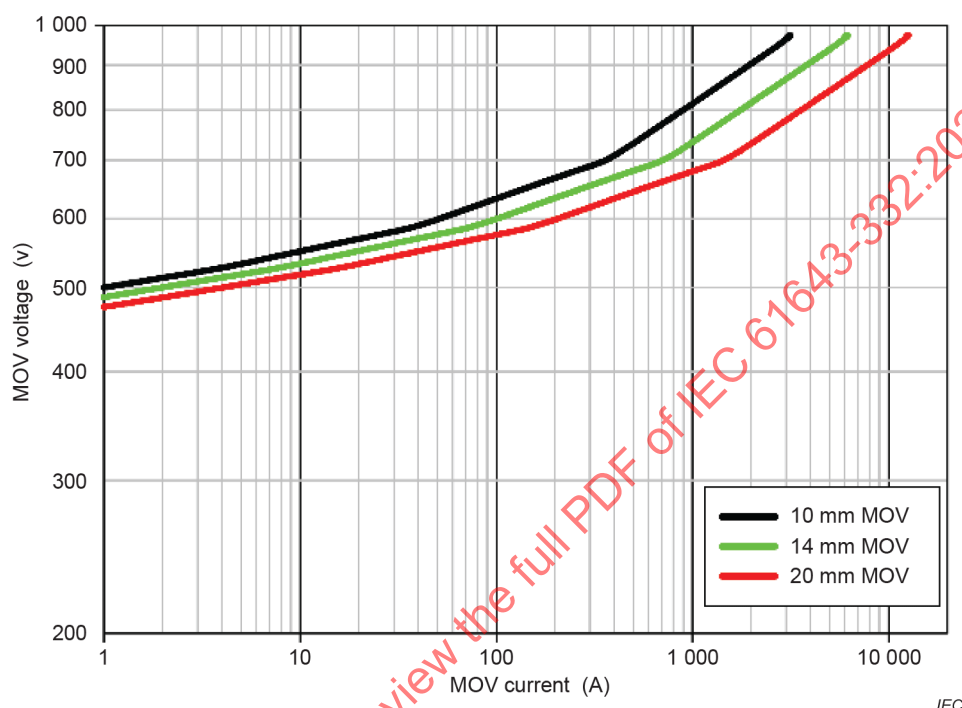


Figure 10 – Example of 10 mm, 14 mm and 20 mm MOV voltage current characteristics

Generally, the MOV size determined from the MCOV and the required peak 8/20 current is sufficient.

For example, if the downstream components cannot exceed 700 V and the maximum current impulse is 1,25 kA (from 7.1.4.3), that would result in a clamping voltage of approximately 680 V to 690 V for the 20 mm MOV while the 10 mm and 14 mm MOVs would result in a clamping voltage of roughly 750 V and 850 V, respectively. The 10 mm and 14 mm would not be suitable for the application as the let through voltage will be too high for the downstream components.

7.1.4.5 Assess MOV energy rating

In most applications, 7.1.4.2, 7.1.4.3 and 7.1.4.4 are sufficient in selecting the MOV; additionally, the rated energy of the MOV can be used to determine suitability. This is done by comparing the rated energy of the MOV versus the energy of the impulse in the end application. In IEC 61051-1, E_M is the rated energy value of the MOV and it is the maximum pulse energy that the varistor is able to withstand one time when it is exposed to a 10/1 000 current pulse or a 2 ms rectangular wave pulse at an ambient of 25 °C. The energy value of the impulse shall be equal to or less than the rated energy value of the MOV.

To determine the approximate energy absorbed by the MOV, the shape of the impulse, impulse current and clamping voltage are used as follows:

$$E = \int_0^T V_C(t) \times i(t) \times \Delta t \approx K \times V_C \times I \times \tau$$

E = energy rating of MOV, (J)

V_C = resulting clamp voltage

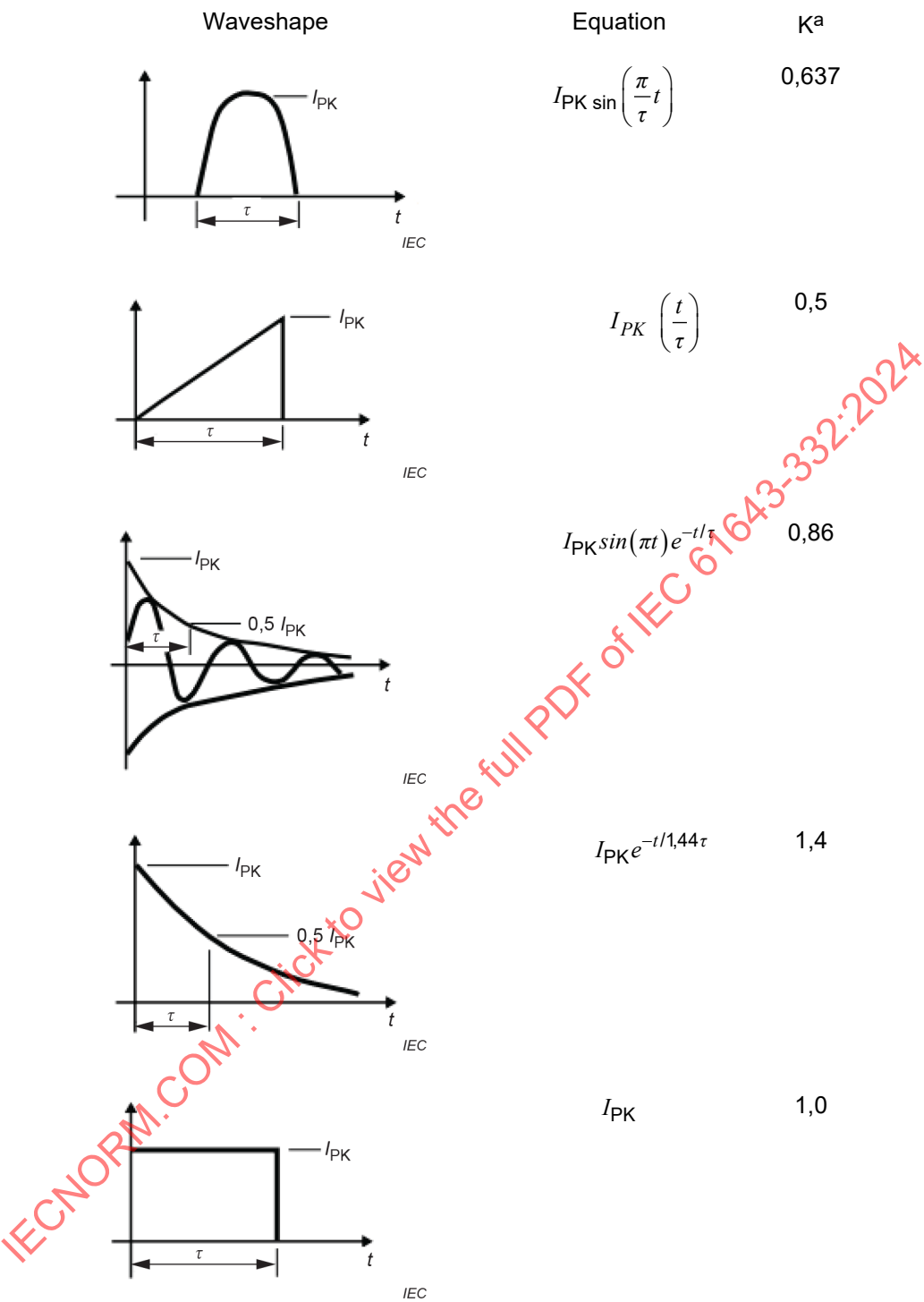
I = peak current

K = constant based on waveform

τ = pulse duration

The K value and pulse width correspond to the current waveform only, assuming the varistor voltage waveform is almost constant during the current impulse. The K value is derived for various waveforms as shown in Figure 11 and complex waveforms are divided into segments and then totalled.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024



^a Based upon alpha of 25 to 40

Figure 11 – K value for various waveforms

Let us assume that the impulse is a 100 A 5/50 exponential waveform as shown in Figure 12. The waveform is then divided into two parts: (1) for the 0 μs to 5 μs and (2) for the 5 μs to 50 μs.

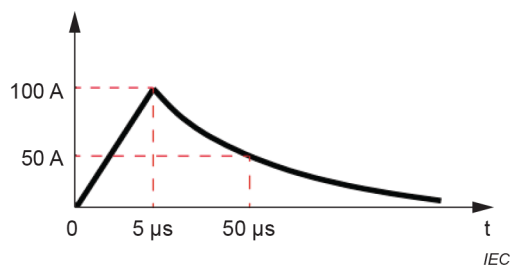


Figure 12 – 5/50 exponential waveform as an example

This would result in the following equation for the overall energy of the 5/50 waveform:

$$E_{\text{Total}} = E_{0-5\mu\text{S}} + E_{5-50\mu\text{S}}$$

$$E_{0-5\mu\text{S}} = K V_c I T = 0,5 \times V_c \times 100 \text{ A} \times 5 \mu\text{S}$$

$$E_{5-50\mu\text{S}} = K V_c I T = 1,4 \times V_c \times 50 \text{ A} \times 45 \mu\text{S}$$

Energy rating is the result of the impulse current capability of the MOV and clamping voltage. The black single impulse energy line shown in Figure 13 is reasonably constant, over a wide pulse width range, and is close to the data sheet 2 ms rated energy value. The graph in Figure 13 is typically not found in manufacturer's data sheet and is shown here for information purposes.

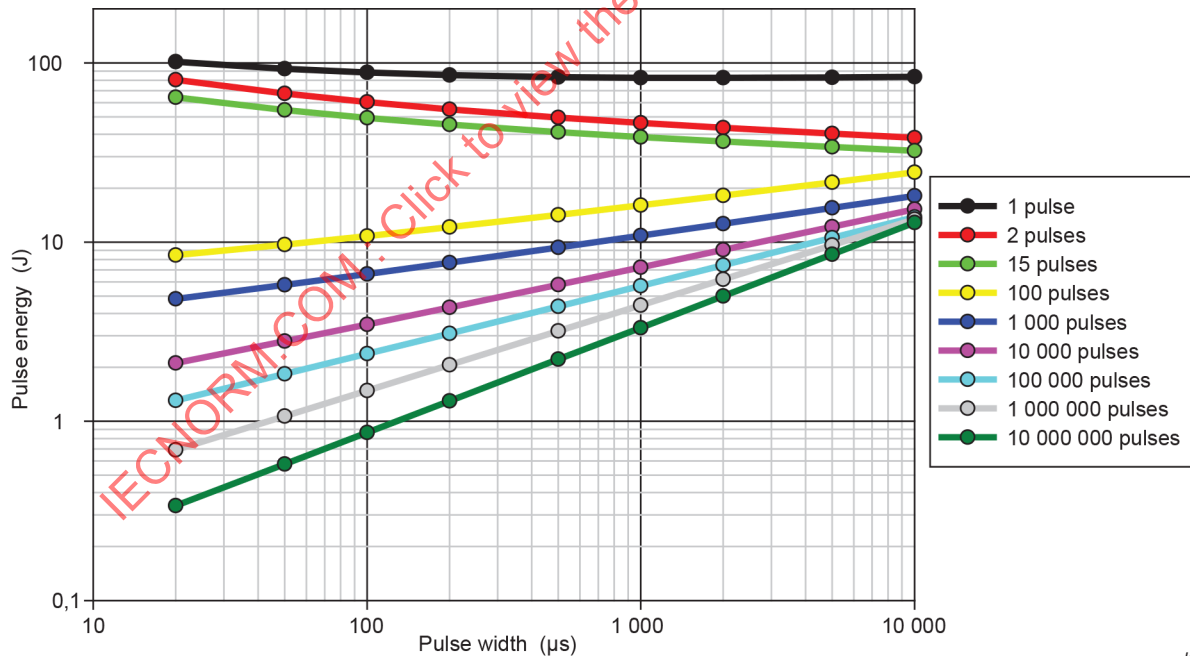


Figure 13 – MOV pulse energy versus pulse width for various pulse repetitions

7.1.4.6 Power dissipation and energy requirements and parameters

7.1.4.6.1 Requirements for impulses

The type of impulse (single or repetitive) and its duration will affect the MOV's capability to dissipate power.

For single impulses, short term events should be assessed by the MOV thermal capacity, which is related to the MOV energy rating in Joules. However, the quoted energy rating is for a single event and it shall be derated for repetitive events.

For example, with cooling in between events, the event energy rating for 10 repetitions is about 30 % of the single event rating. According to CIGRE 549 (Lightning Parameters for Engineering Applications), lightning flashes consisting of multiple strokes and continuing currents should be considered as a single event with the total energy of the constituent parts (multiple rapid events).

Repetitive impulses, with a cooling time between impulses, will have a decreasing current rating as the number of repetitions increase. As the rated current decreases so will the clamping voltage decrease. Increasing impulse duration will also decrease the current rating.

7.1.4.6.2 Requirements for temporary overvoltage

Overheating due to incorrect MOV selection, MOV degradation or a TOV event may result in a fire risk when the MOV is directly connected across a power source. A TOV condition is the result of a fault in the power distribution system that causes the supply voltage to increase above the nominal supply voltage range. IEC 60364-4-44:2007, Clause 442 lists TOV L-N, L-E and N-E ratings based on TN, TT and IT power distribution systems. IEC 61643-11:2011, Annex I, TOV Ratings adds in North American and Japanese TOV test requirements. Because of the number of variables involved there isn't a harmonised set of TOV tests. Worst case TOV voltages for AC 230 V are: nearly AC 1 500 V for 0,2 s, nearly AC 400 V for both 5 s and 120 min.

Connecting a GDT, having a DC sparkover higher than the peak power source voltage, in series with the MOV prevents any continuous MOV power dissipation. For L-E and N-E protection IEC 62368-1 requires a high voltage GDT to be connected in series with the MOV in IT equipment and this avoids the need for IEC 61643-11 TOV testing. Connecting two MOVs in series between L-N is a potential solution to the IEC 62368-1 single fault test. IEC 61643-11 compliant SPDs specify either internal or external disconnectors to open-circuit the connection to a failed SPD when excessive currents flow.

7.1.4.6.3 Parameters

In specific applications where the duration between impulses is a known parameter, the average dissipation power can be used to determine the suitability of an MOV. The actual power dissipation of an MOV is composed of the basic dissipation P_0 (power dissipation during normal operating state (leakage region of Figure 5)) caused by the operating voltage and, possibly, the average of periodic energy absorption. If MOVs are selected from the product specification in agreement with the maximum permissible operating voltages, P_0 will be negligible. Periodic energy absorption produces an average dissipation power of:

$$P = \frac{E}{T}$$

E : energy of single pulse (Joules)

T : time period between two pulses (seconds) if known in application

By solving this equation for T , it is possible to calculate the minimum time, $\tau_{\min}$, that must elapse before energy is applied again without exceeding the rated average dissipation power P_M (this parameter is typically specified by MOV manufacturer).

$$\tau_{\min} = \frac{E}{R_M}$$

Since the energy of a single pulse is affected by the maximum of the impulse current, the designer should take into consideration that the MOV cannot handle multiple impulses at currents close to its maximum capability. For example, Figure 9 indicates that if an MOV is pulsed with a 4 000 A 8/20, it cannot withstand another 4 000 A 8/20 regardless of how long the duration is between these two impulses.

It also should be noted that MOVs are not to be "operated" permanently at P_M . They are not suitable for "static" power dissipation, e.g. voltage stabilization or temporary overvoltages as this may lead to decrease lifespan of the MOVs.

For such long term events over tens of seconds other measures shall be taken to protect the MOV from getting damaged. Either the MOV voltages should be selected accordingly or a high voltage GDT should be connected in series with the MOV. For L-E and N-E protection IEC 62368-1 requires a high voltage GDT to be connected in series with the MOV in IT equipment and this removes any TOV requirements.

7.1.4.7 Thermally protected MOVs

A thermally protected MOV is the series connection of an MOV and a thermally operated link/thermal cut off (TCO), usually supplied as a single, integrated component but sometimes as separate elements. The protection performance is normally shown as a graph of current versus the series thermal link operate time. This arrangement is an open circuit mode function where an end of life MOV is disconnected and becomes an open-circuit. Disconnection of an overheated MOV results in the equipment being left unprotected. Because of this, a short circuit mode function for power SPDs is being developed. Here the SPD is shorted out causing the local fuse or the supply circuit breaker to operate. Which is in favour of the continuity of protection, but against the continuity of supply that some critical applications require. Such a shorting arrangement already exists for telecommunication Gas Discharge Tubes (GDTs) to protect the equipment in the event of a power fault occurring between power distribution and telecommunication lines.

For AC SPDs, IEC 61643-11:2011, 8.3.8.1 and 8.3.8.2 require TOV testing. IEC 62368-1 specifies using the same IEC 61643-11 TOV tests for equipment MOV components that are connected across the AC supply. Thermally protected MOVs may be used to terminate current flow during a TOV overload, but the thermally operated link shall be able to open in a harmless manner at the TOV voltage. The IEC 62368-1:2018 Varistor overload test, G.8.2.2, which applies double the AC mains voltage, is an option for thermally protected MOV use.

7.1.5 Mitigating the consequences of failure

7.1.5.1 General

Like any other electronic component, an MOV can fail when subjected to electrical over stress, generally in a short-circuit mode. The consequences of MOV short-circuit failure can vary from violent rupturing of the package to sustained overheating, depending on a number of variables, including the packaging of the MOV in its application and the fault current that flows through it after failure. The latter can depend on the source impedance in the circuit.

Generally, there are three approaches to mitigating the consequences of MOV short-circuit failure. One involves the use of overcurrent protective means that respond directly to current. Examples are fuses and resettable circuit breakers. The second involves the use of thermal protection means that respond to heat produced externally to the MOV itself. Examples are one-shot thermal cut-offs (fusible links), automatically or resettable thermostats, thermistors, etc. The third involves packaging the MOV so that the effect of overheating and/or rupturing of the MOV is contained.

With respect to overcurrent and thermal protection, there are two options for electrically connecting such means as shown in Figure 14. In option (a), the means disconnects both the MOV and the load from the supply, so that the protected equipment is not exposed to further surges. Under option (b), only the MOV is disconnected, and the equipment remains powered and able to function. Depending on the type of equipment and its use, one option may be preferable to the other. For example, in the case of option a), load current requirements can limit how low the rating of an overcurrent protection can be, whereas load current is not a factor in the rating selected for the overcurrent protection in option (b). On the other hand, in any case of option (b), the protective means (overcurrent or thermal) shall be capable of withstanding (i.e. remaining intact) transient surges that the MOV is capable of diverting. If it is not, then the means can needlessly operate, leaving the equipment operating unprotected. In addition, it should be noted that the resistance and inductance of the protective means in circuit (b) will add to the circuit's overall clamping voltage.

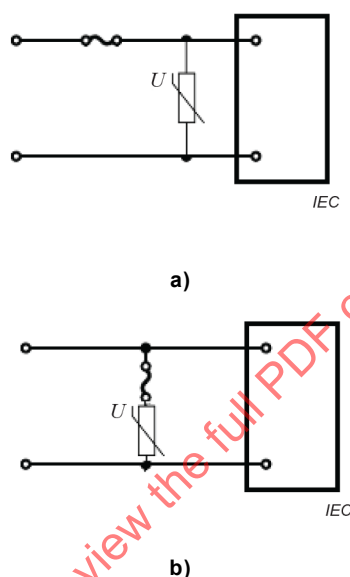


Figure 14 – Options for MOV fuse connection

From the foregoing it is clear that it is not appropriate to describe either option (a) or (b) as being necessarily better than the other. If an indicator is wanted of operation of the overcurrent or thermal protection means, then different approaches are possible.

The choice of rated trip current of an overcurrent protection means will be limited to a lower bound by such factors as load requirements (if the overcurrent protection means is in series with the load), and the need for the means to withstand (i.e., not open) in the presence of expected transient currents. These factors, can limit the usefulness of overcurrent protection means. Thermal protection means might be needed as well.

7.1.5.2 Overcurrent protection

Overcurrent protection interrupts the excessive current flow caused by the MOV developing low impedance.

Overcurrent protection is most effective in the case where the source impedance is relatively low, and therefore the current available to the MOV, if it fails in the short-circuit mode, is relatively high. In this case the overcurrent protection has the advantage of a faster response as compared to thermal protection, because the latter requires time for heat transfer to take place in order to function. It should be noted that fuses generally respond more quickly than some types of circuit breakers, especially the thermal trip type. Regardless of type, the overcurrent protection should be suitable for the fault current available in the circuit.

I^2t rating is typically used to describe the response of overcurrent protection. These ratings are usually based on time events longer than transient surge events, see Figure 15. For example, the melting curve of a 3 A fast-acting fuse shows a melting current of 46 A at 0,01 s, which corresponds to an I^2t of 21 A²s.

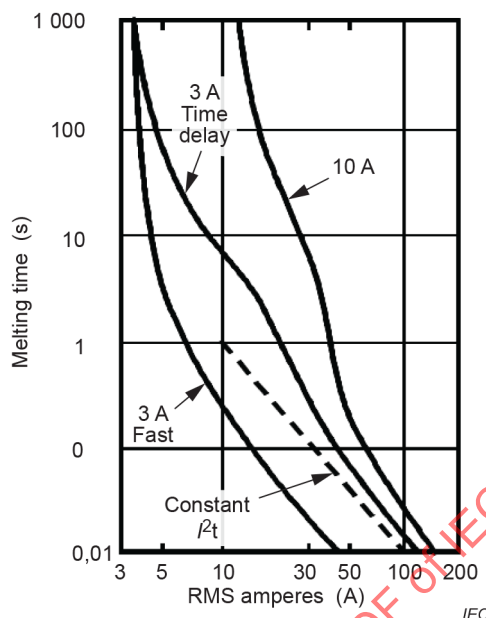


Figure 15 – Time-current characteristic of fast acting and time delay fuse

The applicability of overcurrent protection means ratings to surge currents needs to be established. For example, the standard impulse for characterizing MOVs and other surge-protective components is an 8/20 current waveshape. The I^2t integral for this impulse can be computed. For a 1 000 A crest, the I^2t value of the 8/20 impulse waveshape has been found to be close to 20 A²s.

Empirical tests have shown that the observed I^2t fuse melting current for 8/20 current waveshape can be similar to the I^2t rated value for 0,01 s duration currents. This relationship held for both fast and time delay types. However, the statistical nature of fuse melting should be recognized, and at a given current some fuses from a group of the same type will survive more surge repetitions than others. Further, to avoid premature opening of a fuse after repeated surges, the surge current should not exceed 25 % of the value corresponding to the fuse's I^2t rating. In other words, a fuse selected to withstand a few surges at 3 kA, for example, would be expected to withstand many times more surges at 750 A.

The opening of a current-limiting fuse will take place when there is sufficient fault current to melt the fuse wire. Voltage swells have the potential to overheat SPCs without causing short-circuit failure (users are cautioned against selecting components with inadequate voltage ratings). In the absence of specific requirements, it is recommended that MOVs ratings preferably should have margins of 25 % or more above nominal AC power system voltages.

7.1.5.3 Housing

The consequences of MOV failure and heating may also be mitigated by the way the MOV is encapsulated in the application, such as by isolating the MOV from flammable materials, positioning the MOV away from openings in the enclosure, and/or enclosing the MOV in a substantial non-flammable or flame resistant housing.

The choice of whether to use overcurrent protection, thermal protection, application housing or some combination of the three, as a means of mitigating the consequences of MOV failure will depend on the specific application. Generally, it is desirable to conduct tests that simulate the failure modes of concern on the complete product in order to determine the effectiveness of the means used to mitigate the consequences of MOV failure.

7.1.6 Operations to failure

7.1.6.1 General

The MOV ratings described in this document help the user to estimate the ability of a specific type to function reliably in a particular surge environment. Clearly, the estimate depends on assumptions made about the actual environment from generalized descriptions.

7.1.6.2 Matching MOVs to their surge environment

A procedure for evaluating the cumulative effect of surges on MOVs in their use environments has been devised. That method constructs a model of the surge environment as a basis a set of surges of specific amplitude. This enables calculation of an annual rate of consumption of the rated pulse life of MOVs of specified type and diameter. MOVs then can be selected such that rated life will not be consumed within some time chosen as a design goal.

The procedure was used to calculate the time to consume rated life for SPDs installed at the service entrance and also for SPDs installed in short branch circuits. SPDs at the service entrance were found subject to higher lightning currents than those downstream, because branch circuit wiring tends to limit surge voltage by flashover and to limit surge current through higher impedance. Consequently, MOVs near the service entrance need greater surge current handling capacity than those in branch circuits.

Users of the procedure should note that the expected annual rate of surge occurrence versus voltage level includes all wave shapes. When constructing a model of annual surges, it is necessary to assume a value for the fraction of surges that have the effect of 8/20 impulses. This assumption is very significant because the other surges, represented by 100 kHz wave shape, consume little of a typical MOV's rated life. Also, it is necessary to assume an exposure level, such as medium exposure. By contrast, the exposure and actual rate of surge occurrence in service can vary over a very wide range. Clearly, although the procedure is valid, the accuracy of the estimates obtained is limited by possible inaccuracy in assumptions about the environment.

The procedure is not intended as a substitute for conformance to MOV performance standards where applicable, but can be useful additional MOV selection criteria. In the absence of specific requirements, the procedure represents a reasonable and conservative approach to selecting MOV ratings for reliable operation, and to comparing MOVs of different sizes.

7.1.7 Earthing and bonding

7.1.7.1 General

SPCs may be connected between AC power circuit conductors and the equipment earthing conductor, or to accessible metal parts of the equipment that are connected to the earthing conductor. These SPCs serve to protect insulation from surge voltages. In turn, the insulation reduces the risk of electric shock to personnel under normal line voltage conditions. But, when SPDs are so connected, an increased risk of electric shock might arise as a result of the injection of surge current into paths, under the following conditions:

- a) The magnitude, duration and source impedance of a surge are such that the surge itself poses a risk of electric shock.
- b) The accessible metal parts of the equipment are not reliably or positively earthed.
- c) SPCs conduct high surge current into the earth return paths including the earthed power conductor and the equipment conductor.

- d) The earthed power conductor, neutral, does not carry enough of the surge current, and a high surge current is injected into the earthing conductor.
- e) The impedance of the combined earth return paths at the surge current frequency is sufficiently high to cause significant peak surge voltage to develop between accessible metal equipment surfaces and surrounding conductive surfaces possibly in contact with personnel.

7.1.7.2 Reliability of earthing

The reliability of earthing of accessible metal equipment surfaces can be affected by numerous factors. In general, the earthing of permanently wired equipment is more reliable than the earthing of equipment that is connected to a branch circuit outlet receptacle by cord and plug means. The latter may be adversely affected by an improperly wired or unearthed receptacle or a mis-wired attachment plug or cord. Users are cautioned to make sure that a properly earthed outlet has been provided when using cord connected equipment intended to be earthed, in which SPCs may have been effectively connected between line and accessible metal surfaces.

7.1.7.3 Earth path impedance

Although the impedance of a properly installed earthing system may be sufficiently low at AC power frequencies so as not to be of concern, the impedance may play an important role at surge pulse frequencies. The extent of its importance will be strongly influenced by the specific conditions at the installation site. Discussion of factors affecting those conditions is beyond the scope of this clause, and users should refer to appropriate sources.

7.1.8 Location of MOVs

MOVs are components intended to be installed within complete electrical or electronic equipment by the complete equipment manufacturer. Generally, MOVs are not "stand alone" type components suitable for direct installation in the field. At a minimum, a suitable housing and means for making electrical connections in the field are needed.

Consequently, the suitability of an MOV, from the standpoint of safety, in a specific application will entail an investigation of the MOV in combination with the actual end-use equipment. The safe operation of an MOV in the end-use equipment will depend upon a number of factors, including, but not limited to, the following:

- a) The intended use of the equipment
- b) The function of the MOV and its location in the equipment circuitry
- c) The equipment environment (surge environment, power frequency voltage, temperature, humidity, etc.)
- d) The enclosure of the equipment (flammability characteristics; number, location and size of openings, etc.)
- e) The presence of overcurrent and/or thermal protective means within the equipment
- f) Voltage regulation within the equipment

These and other factors are the purview of standards that cover the specific end-use equipment.

7.1.9 Applications for MOVs

There are two broad categories of end-use equipment applications for MOVs.

One category is SPDs for low-voltage AC or DC power circuits. These SPDs may contain MOVs packaged along with other components. Their intended function is to provide some measure of protection for electrical and electronic equipment against the adverse effects of transient surges. Examples of such SPDs are wall outlet receptacles, cord and plug connected power outlet strips, service panel-mounted SPDs, and outdoor mast-mounted secondary surge arresters.

The second category involves the direct installation of MOVs into the circuitry of utilization equipment, such as TV receivers, computers, and appliances. When MOVs are included in such equipment, the combination of the MOV and the equipment should be evaluated to an appropriate standard covering the specific equipment.

7.1.10 Parallel connections

MOVs in parallel can be used to increase total impulse current rating and/or reduce the clamping voltage for a given total impulse current. The ideal condition is to install MOVs that have identical varistor voltage, however, in volume production, to make products having identical characteristics is unrealistic. Figure 16 is an equivalent circuit representing MOVs connected in parallel. Though the surge current flows into both MOVs, the current divides and flows according to the resistance of the two MOVs. This is because of the difference of V - I characteristics between the MOVs.

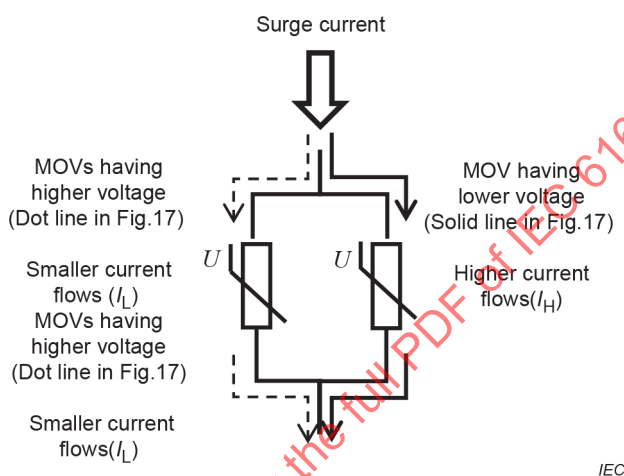


Figure 16 – Parallel connection of MOVs

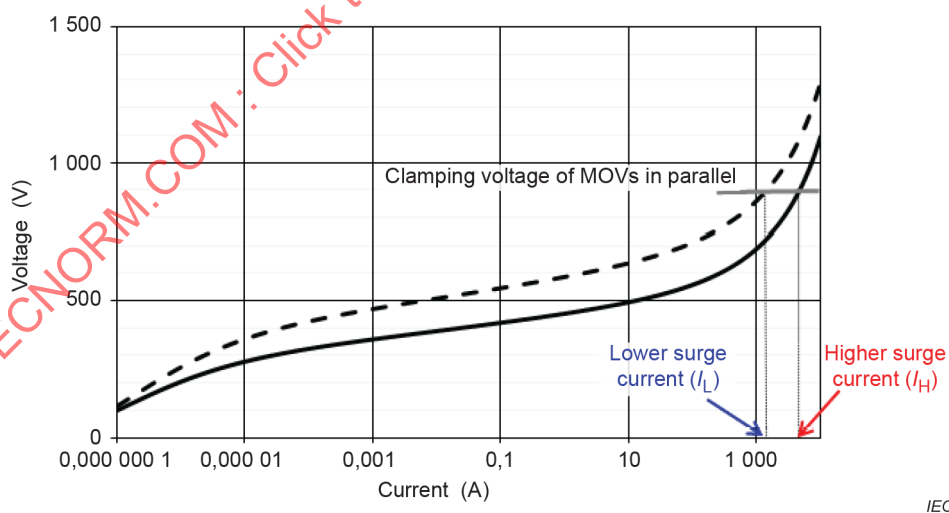


Figure 17 – Example of V - I characteristics for two parallel MOVs

Figure 17 shows that V_V for each MOV is different. This mismatch is the reason for the varied current flows through the MOVs. The length of wires connecting the MOVs influences the sharing of the current as well. So, if several MOVs are connected together in parallel, it most likely results in creating unbalanced conditions due to different impedance paths.

To estimate the maximum impulse capability of a set of two MOVs in parallel, a ratio of 0,8 may be applied as a typical value. As an example, if using two MOVs rated 10 kA maximum impulse current, the maximum impulse current capability of the paralleled set is estimated to $(10+10) \times 0,8 = 16$ kA. However, the user should confirm the impulse withstand capability by testing. For more than two parallel MOVs, no coefficient is provided.

If MOVs can be sorted to achieve a closer match of $V-I$ characteristics, alternative coefficient values may be used. This ratio may be discussed with MOV manufacturers and depends on the sorting or the manufacturing process; it will never equal 1. This ratio may be precisely determined by testing.

In consideration of the above discussion, users may achieve a parallel MOV combination that meets the requirement. To avoid using parallel MOVs, the user may employ a single MOV with a larger diameter.

7.1.11 Series connections

When MOVs are connected in series, the resultant clamping voltage is the summation of the individual MOV clamping voltages. MOVs in series decrease capacitance and also increase both energy capability and power dissipation of the whole assembly.

7.2 Thermally protected metal oxide varistor

7.2.1 Introduction

MOVs have traditionally been used to protect equipment from all types of surges. The surges are usually short in duration and an MOV can adequately clamp the voltage to a level that will not damage the equipment downstream. Surges can be generated from many different sources, including lightning, the switching of various loads and other types of switching.

Frequently however, electrical transients of a longer duration can occur. These longer duration transients are referred to in the industry as a temporary overvoltage. Temporary overvoltages can be caused by a loss of neutral or an instable line voltage. In either event, the AC line voltage can temporarily increase beyond the MCOV (AC) specified for the MOV. As a result, the MOV could be forced into a continuous clamping condition. In this state, the MOV is driven into thermal runaway and generally fails to a very low resistance. Most of the available fault current would flow through the MOV which would cause the MOV to overheat, generate smoke and possibly catch fire.

Thermally protected MOVs have a thermal link in series with the MOV so that in the event of a temporary overvoltage, the increased current through the MOV would open the thermal link and prevent the MOV from catching fire or exploding due to an excess amount of fault current flowing through the SPD. Figure 3 is the symbol of a thermally protected MOV.

Available fault currents at the power source can be anywhere between 0 and 200 000 A or more. During an abnormal overvoltage when the MOV portion is in constant clamping mode, thermally protected MOVs are designed to manage the low level currents of 10 A or less. Other types of overcurrent protection coordinated with the thermally protected MOV should be used to manage the higher levels of current beyond 10 A. Because thermally protected MOV have to manage fault currents anywhere between 0 and 10 A, the larger sized thermally protected MOVs are tested at short-circuit currents of 10 A, 5 A, 2,5 A and 0,5 A. With regards to the low level currents of 0,5 A or less, there might not be sufficient current to open the fuse. In such cases, the thermally protected MOVs should not show any visible damage. At the larger currents once the fuse opens, a dielectric test across the thermal link is performed for verification. A dielectric test is also measured between foil wrapped around the case and all of the leads tied together to ensure that there is sufficient insulation between the leads and case once the MOV is damaged.

7.2.2 Selection of thermally protected MOV

The selection of a thermally protected MOV in actual application is based on several criteria. If the thermally protected MOV is going to be used in a permanently connected application, then a 25 mm or larger thermally protected MOV is used because it will have to be capable of passing the 10 A limited current temporary overvoltage test. Also, the permanently connected application will be regarded as Type 1 or Type 2 according to UL 1449, will have to pass the 10 kA or 20 kA nominal discharge current test.

On the other hand, if the thermally protected MOV is going to be used in a cord connected application, then generally speaking, a size of 14 mm, 18 mm or 20 mm is used. These shall in turn be able to pass the 5 A limited current temporary overvoltage test and shall be able to withstand a minimum of 15 impulses at 3 kA.

These are general guidelines. However, each MOV shall be selected according to its specific application. Annex G and Annex H show MOVs and thermally protected MOVs selection flowcharts for equipment and an SPD.

7.2.3 Time to open characteristics

Figure 18 shows typical clearing times for a thermally protected MOV. The thermal disconnect takes much longer to open at the lower current levels because the heating of the disk is much slower.

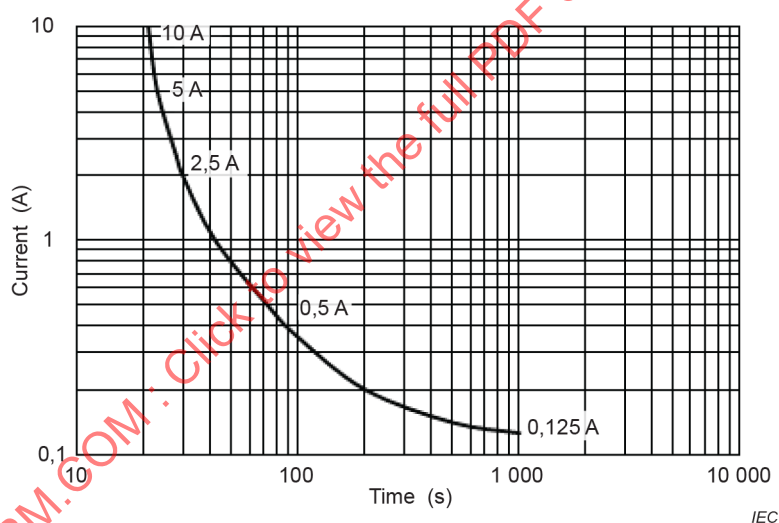


Figure 18 – Operating Time

7.3 ESD

7.3.1 Background

Electronic systems are sensitive to both internal and external sources of overvoltage transients. One source of these transients is electrostatic discharge, ESD. Typically, integrated circuits (ICs) are used as the "brains" of many pieces of equipment such as microprocessors, USB transceiver chips, IEEE 1394 controllers and video graphics chips. Generally the ICs are designed with some ESD protection built in. A common value for this built in protection is 2 000 volts at the waveform according to IEC 61000-4-2. However the end product will likely see several times this value. This means that the ESD shall be prevented from getting to the chip or other sensitive component to prevent damage. One solution to this problem is to use MOVs for ESD application.

7.3.2 Standards

While there are many ESD standards the most common is IEC 61000-4-2 which has various levels and discharge voltages. This standard has values up to 15 kV (see Table 1 of IEC 61000-4-2:2008) which is many times higher than the typical IC can withstand.

7.3.3 Application example 1

To protect a standard audio port (e.g. RCA-type jack) used in Audio/Video equipment, a single channel SPC is recommended. As shown in Figure 19, the ESD suppressor is installed between the signal line and earth shield to shunt the transient from the signal line to earth.

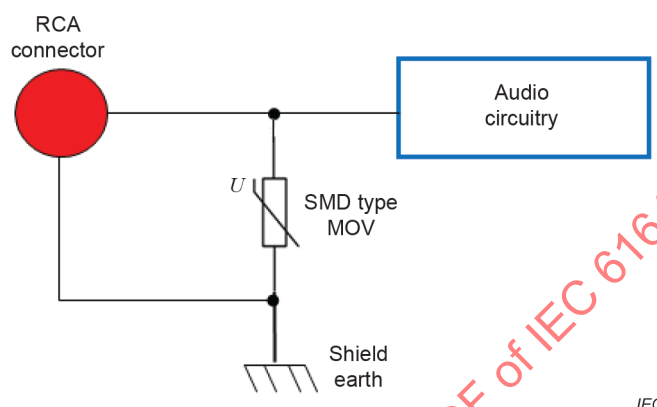


Figure 19 – Example of MOV application for ESD

7.3.4 Application example 2

To protect 4 port application covering audio in/out left and right channels. As shown in Figure 20, a single SMD type MOV may be used to protect all four channels.

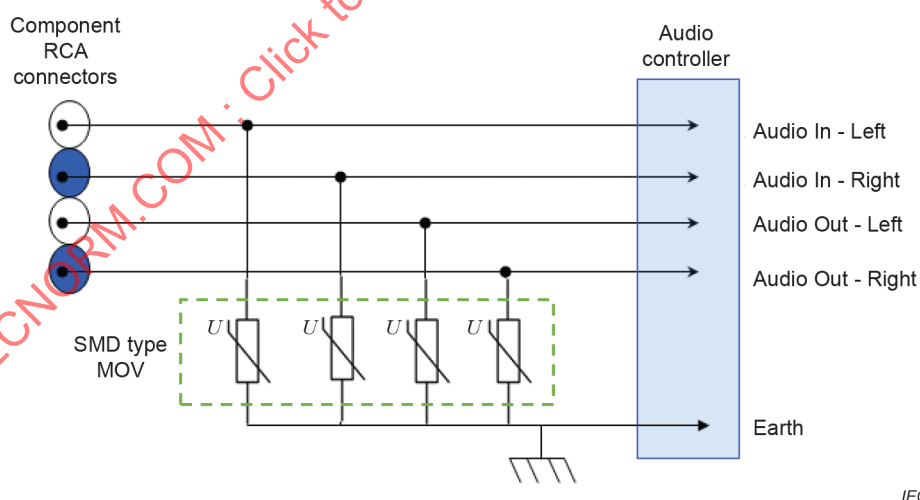


Figure 20 – Example of 4 ports application using MOVs for ESD

7.4 Consideration for TOV

7.4.1 Failure of the low-voltage power supply circuit

A fault in the low-voltage power supply circuit can produce a TOV of, for example, 330 V between the charging phase and the neutral conductor. It is assumed that this voltage is applied to the MOV for a long time. Therefore, it is necessary to select a product with V_V exceeding 480 Vdc for the MOV installed in the low-voltage power supply circuit.

7.4.2 Failure of high voltage or medium voltage power supply circuit

A voltage of 1 200 V is assumed to occur between the charging phase and ground in the event of a fault in the high and medium voltage circuits. In such a case, if the V_V is increased, it is assumed that the withstand voltage of the protected equipment will be exceeded. Therefore, consider using it in combination with GDT as shown in Figure 21. At this time, by selecting a GDT operating voltage higher than the TOV, it is possible to prevent the MOV from operating and the MOV from burning out.

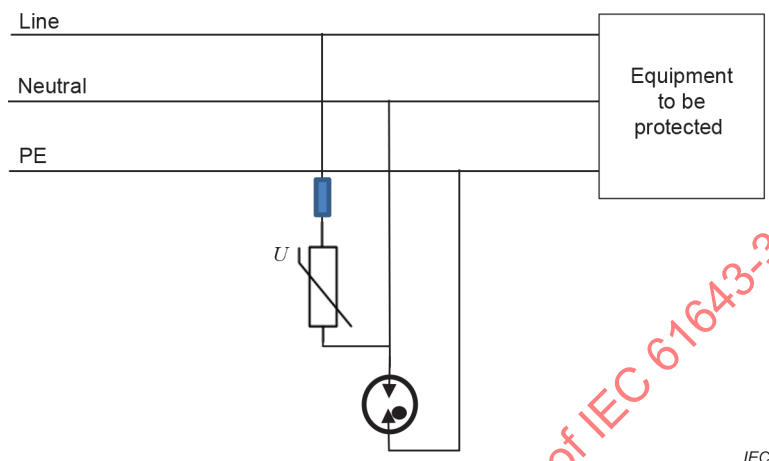


Figure 21 – Combination an MOV with a GDT

8 Safety and hazard information for MOVs

8.1 Overview

8.1.1 General

MOV users shall design the suitable circuit for MOVs based on the following precaution statement because there are fire risks and electric shock risks for human being if MOVs are used in case of abnormal situations due to the surrounding conditions (materials in final equipment design, environment, power conditions, circuit conditions or accidents of distribution system, etc.).

8.1.2 Confirmation of rated performance

MOVs shall be used within the range of rated performance (V_M , impulse withstand capability, energy withstand capability, impulse life and operating temperature)

If MOVs are used beyond the rated performance, the performance of the MOV may degrade or puncture, resulting in smoke or ignition.

8.2 Fire risks

8.2.1 General

The following measures should be taken to avoid fire risks.

8.2.2 Use between lines

Normal current fuses or circuit breakers may be used in series with MOVs. The fuses shall have the current rating appropriate for respective circuits. However, it is also necessary to consider the impulse withstand capability of the fuses or circuit breakers at the same time (refer to 7.1.)

8.2.3 Use between line and earth

Even if the MOV fails shortly, the current fuse may not operate due to earthing resistance. In this case, the resin as MOV insulation may smoke or ignite finally.

In order to prevent this risk, a leakage breaker may be installed on the power supply side from the location of the MOV. If the earth leakage circuit breaker is not installed, current fuses and thermal fuses are used in series with the MOVs.

8.2.4 Shatter-proof

Since the MOV may scatter by its punctures, use it in the case box of the set product or cover it to take measures to prevent the scattering.

8.2.5 Prevention of burning

MOVs shall not be installed near combustibles (vinyl wires, resin mouldings, etc.) because the MOVs may generate heat. In difficult cases, non-flammable covers may be used.

8.2.6 Environmental condition

MOVs shall not be used in the following environment.

- Water or salt water is directly irrigated
- Dew condensing
- Filled with corrosive gas (hydrogen sulphide, sulphurous acid, chlorine, ammonia, etc.)
- Environment that deviates from operating temperature range
- Vibration or impact exceeds the specified range

8.3 Electrical shock risks

In case that MOVs are used between live parts and metal enclosures, short failure of MOVs may cause electrical shocks. In order to avoid them, metal enclosures should connect to the earth and not touch the human being.

In addition, it is also important to reduce MOV standby currents. However, reducing of standby current may cause the increase of clamping voltage.

Using residual current operated protective devices (RCDs) is an option to prevent human beings from electrical shocks.

8.4 Typical precaution statement for the use of MOVs

8.4.1 Information related to degradation and failures of MOVs

Strictly observe the following items, as it may cause degradation of MOV performance and its puncture, resulting in smoke and fire.

- a) Do not use MOVs in temperatures exceeding the operating temperature range such as in direct sunlight or near heat generation.
- b) Do not use in places with high humidity such as direct exposure to wind and rain or where steam is generated.
- c) Do not use MOVs in a dusty place, a salty place, or an atmosphere contaminated with corrosive gas.
- d) Do not wash MOVs with a solvent (such as thinner or acetone) that dissolves or degrades the exterior resin.

- e) Do not apply strong vibration, impact (dropping, etc.) or pressure that may cause cracks in the exterior resin or sintered body to MOVs.
- f) MOVs shall not be used at the voltage exceeding the maximum allowable circuit voltage. If the DC voltage is irregular, MOVs shall not be used at the peak voltage exceeding the maximum allowable circuit voltage.
- g) A surge exceeding the energy withstand capacity shall not be applied to MOVs.
- h) If surges are applied repeatedly, MOVs shall not be used beyond the specified surge life.
- i) When surges are applied intermittently at short intervals, MOVs shall be used under the rated pulse power.
- j) MOVs shall not be used in high frequency circuits exceeding 1 kHz because the element may be punctured by heat generated by dielectric loss.
- k) When MOVs have coating insulation with resin (including mold), do not use resin that will deteriorate the MOV.
- l) MOVs shall not be installed near flammable materials.

8.4.2 Information related to scattering of MOVs

Strictly observe the following items, as MOVs may scatter and cause injury.

- a) MOVs shall not be used in circuits where a surge exceeding the specified surge current is applied.
- b) MOVs shall not be used over the maximum allowable circuit voltage.

8.4.3 Information related to equipment damage or malfunction

Strictly observe the following items because there is a risk of equipment damage or malfunction due to lack of MOV function

- a) Do not bend the lead wire more than necessary.
- b) Do not apply excessive force to the lead wire of MOVs.
- c) Do not bend the lead wire in the vicinity of the insulation coating of MOVs or apply external force to these areas.
- d) The lead wire near MOVs shall be fixed when bending or cutting lead wires
- e) The lead wire shall be connected to the external terminal in the condition kept the area clean and free from dirt and rust. It may be one of the contact failures.
- f) When soldering the lead wires, do not melt the solder and insulation coating as structures of MOVs.
- g) Molten solder or a soldering iron shall not contact to the insulation coating of the MOVs or lead wires

8.4.4 Information related to accidents caused by unexpected phenomena

Take the following measures to avoid accidents caused by unexpected phenomena.

- a) When MOVs are installed between lines, use a circuit breaker or current fuse in series with the MOVs.
- b) When MOVs are installed between line and earth, use earth leakage breakers, current fuses and thermal fuses in series with the MOVs. Also, since an excessive voltage is applied due to an earth fault, use MOVs having higher V_V than this excessive voltage.

Annex A (informative)

Terms and explanations

A.1 Single-impulse peak current I_{TM}

Rated maximum value of current which may be applied for a single impulse of specified waveform

This is the maximum impulse current, 8/20 wave shape, which an MOV is rated to withstand for a single impulse. The rating provides a means of determining an MOV's capability to withstand, without failure, a surge that might be expected in an application environment.

The energy dissipated in an MOV could instantaneously raise its internal temperature by 60 °C or more. This will tend to increase the standby current and power dissipated by the MOV, until the MOV has cooled down. However, if the V - I characteristic were sufficiently shifted downward at the low-current end, due to heating by the surge or MOV damage or both, then standby power dissipation could increase progressively causing failure due to thermal runaway. Therefore, it shall be verified for the MOV to recover from the effects of the rated current surge.

A.2 Maximum continuous voltage V_M

These are the maximum designated values of power system voltage that may be applied continuously between the terminals of the MOV. These maximum continuous voltages are based on the limitation of MOV life.

These ratings are established by an evaluation procedure taking into consideration the desired MOV life, anticipated ambient temperature, incidence of high energy pulses, and selection of the end-of-life (failure) criteria. These considerations are within the realm of the manufacturer's and user's reliability assurance function. Users also should be aware that MOV life decreases as ambient temperature increases.

Users are cautioned against selecting MOVs with inadequate voltage ratings. For example, in seeking a low clamping voltage a user, at first glance, might look for the type rated closest to the nominal voltage of the power system. However, proper allowance should be made for the possibility of MOV degradation and higher system voltages due to voltage regulation tolerances or, worse, due to temporary fault conditions such as those related to equipment failure or the effects of severe weather. Because of the high degree of nonlinearity of these SPCs, a relatively small percentage of steady-state overvoltage can result in a relatively high increase in standby current conducted through them in turn leading to overheating and premature failure. In the absence of specific requirements, it is recommended that maximum continuous voltage rating preferably should have margins of 20 % or more above nominal AC power system voltages.

A.3 Standby current I_D

A.3.1 AC Standby current

AC standby current is the current flowing through an MOV while connected to an AC power source and is resulting in AC standby power dissipation. The MOV current consists of both non-linear resistive and capacitive components. The power dissipated is the sum of the two current phasors multiplied by the applied voltage and the cosine of the phase angle between the resultant current and the applied voltage. Measurements of AC standby power shall be performed with a proper RMS wattmeter because the resultant current is not sinusoidal.

The magnitude of the power dissipated is affected by the applied voltage amplitude, the ambient temperature and the frequency of the AC voltage. Figure A.1 illustrates the standby power characteristics of a typical 20 mm diameter MOV intended for service on 120 V nominal voltage AC mains. The effects are shown of increasing or decreasing the applied voltage by 10 % from the rated value $V_{M(AC)}$, by increasing the temperature from room ambient 25 °C to 50 °C and 85 °C, and by increasing the frequency from 60 Hz to 400 Hz. The effects of voltage and temperature variations on the DC standby power are shown also for comparison.

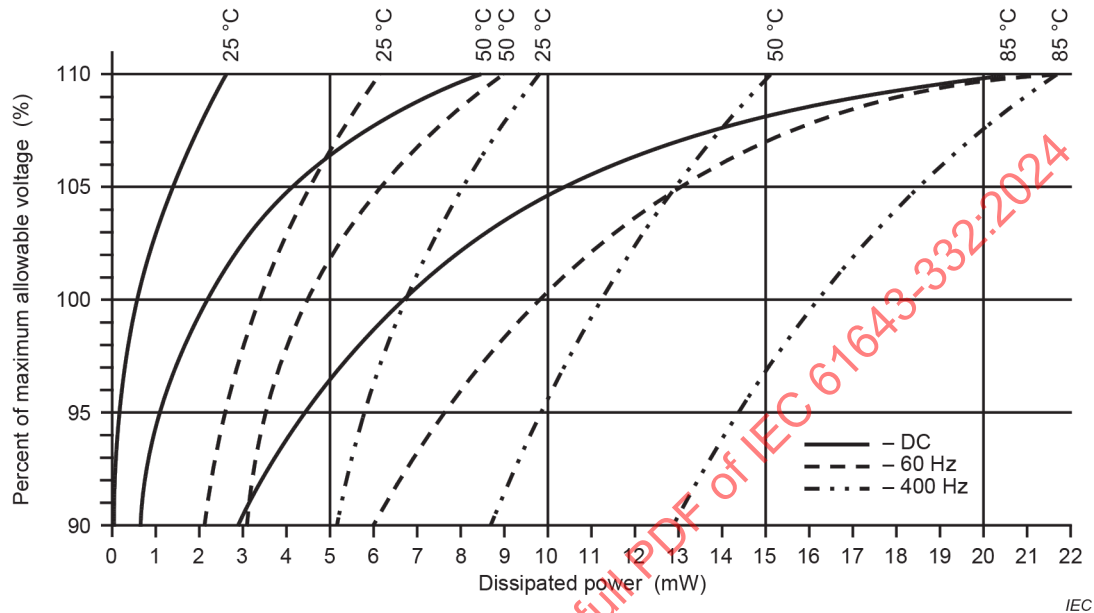


Figure A.1 – Short term effect of temperature, frequency, and voltage on standby power of a typical 20 mm MOV

Users are cautioned against selecting MOVs with inadequate voltage ratings. The V - I characteristics of MOVs are highly non-linear, and the standby power dissipation increases rapidly as voltage increases. The margin between MOV rating and the nominal power system voltage should not be compromised. In the absence of specific requirements, it is recommended that maximum continuous voltage rating preferably should have margins of 20 % or more above nominal AC power system voltages.

NOTE The current passing through the MOV at less than V_M is called leakage current.

A.3.2 DC Standby current I_{DC}

The DC standby current is the current conducted by an MOV from the power source. The important consideration is that the self-heating of the MOV should not be significant compared to its rated average dissipation power P_M . Standby current by definition is measured with rated DC voltage $V_{M(DC)}$ applied. Values of $V_{M(DC)}$ may be obtained from manufacturer's specifications, and should not be exceeded. Users should design with adequate derating margin to allow for power source voltage variations.

Users may estimate typical standby current. For example, consider an MOV with V - I characteristics as illustrated in Figure 5. If the nominal power source voltage were 140 V DC, then the current drain would be about 20 μ A. If the power source voltage increased to 154 V under high line conditions, then the typical standby current would increase to about 50 μ A. The system power drains under these two conditions would be about 2,8 mW and 7,7 mW respectively, small values compared to a rated average dissipation power P_M of about 1 W, and not enough to elevate MOV temperature.

Users may estimate the effects of temperature on standby current. Figure A.2 illustrates the typical temperature coefficient of voltage for MOVs shown in Figure 5. For the example above, V_V would be expected to decrease at a rate of about 0,15 %/°C with increasing temperature. If the ambient temperature were to increase to 60 °C above room value, V_V would shift downward by about 9,4 %. Therefore, the characteristic point, which was 154 V at 25 °C, would become about 140 V at 85 °C, and typical standby current would increase from about 20 µA to 50 µA.

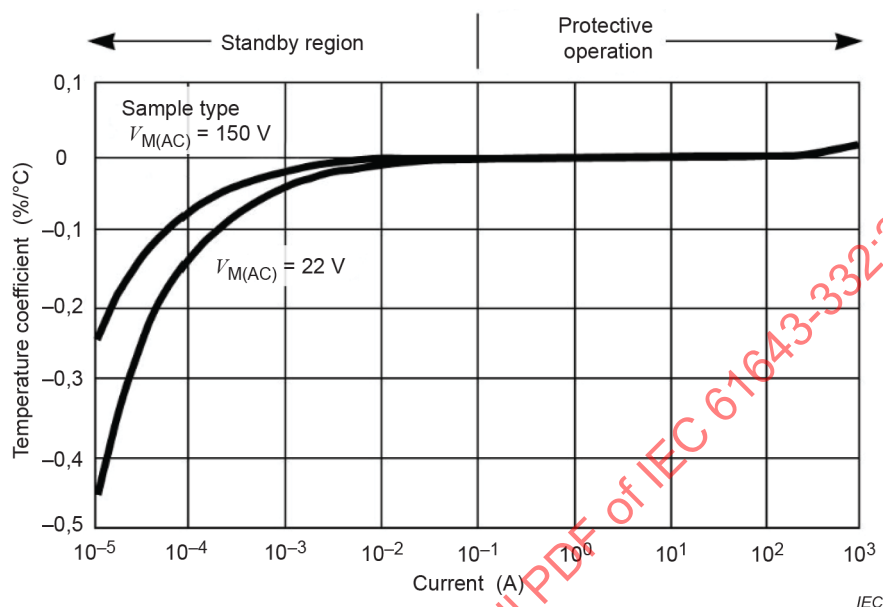


Figure A.2 – Typical temperature coefficient of voltage versus current, 14 mm size, -55 °C to 125 °C

The standby current of an MOV is subject to change over operating life. On typical specimens the measured value has been observed to be stable or even to decrease somewhat during the initial period of service. With an accumulation of stresses over time standby current may increase significantly, due to the $V-I$ characteristic shifting in the standby region similarly to the effects of increased ambient temperature. This could eventually lead to failure in the degradation mode, or to even failure by thermal runaway

However, there is no single value that can determine the standby current limit appropriate for all applications; but rather an evaluation process taking into consideration the desired MOV life, anticipated ambient temperature, incidence of high energy pulses, and selection of the end-of-life (failure) criteria. These considerations are within the realm of the manufacturer's and user's MOV engineering functions.

The relationship between standby current and non-linear exponent (α) can be described with the aid of Figure 5. In the clamping operation region where non-linear exponent (α) is high, and the $V-I$ characteristic curve is relatively flat, relatively small changes in applied voltage would result in relatively large current increasing in normal operation. However, manufacturers' specifications are designed to keep continuous operation nearer to the standby region where standby current is less sensitive to applied voltage changes. Therefore, those specifications should be adhered to.

A.4 varistor voltage V_V

The varistor voltage (V_V) is a test characteristic that is in the highly non-linear region and is close to the initial voltage of this region, and thus is commonly used to classify MOVs by type. A test current of 1 mA is the value most frequently used, although values of 0,1 mA and 10 mA also are used in some manufacturers' specifications for some types. Measuring at a lower current, like 1mA, allows for better sensitivity and resolution in determining the varistor voltage. These test currents are relatively low and are compatible with many models of commercially available automatic test equipment used by the electronics industry. Therefore, V_V fulfils the role of an MOV characteristic convenient for both manufacturers and users to measure.

As evidenced from Figure 5, the test current used for this characteristic lies in the highly non-linear region. Hence, the varistor voltage V_V is predictive of the clamping voltage of MOV of given design. Also, because the test current for this characteristic lies in the lower end of the non-linear region, it is predictive of MOV standby current, power dissipation, and ability to stand off rated voltages. Therefore, if the quality control functions of the manufacturer and the user verify that a given MOV piece has been correctly classified by type according to its V_V , then there is confidence that it can perform as intended in service.

For compatibility with automatic test equipment most manufacturers specify a DC current for V_V . To allow adequate range for normal variations in manufacturing, MOVs are typically classified into type tolerance ranges of about $\pm 10\%$.

A.5 Clamping voltage V_C

Clamping voltage, by definition, is the measured peak voltage across the MOV terminals, under standardized test conditions, when a current impulse of specified amplitude and waveshape is conducted through the MOV. It is an indication of the ability of the MOV to protect the circuit against voltage surges. To avoid waveshape dependent variations of test results an 8/20 current waveshape has been defined as the standard test impulse. See Figure A.3 for typical clamping voltage response to this impulse.

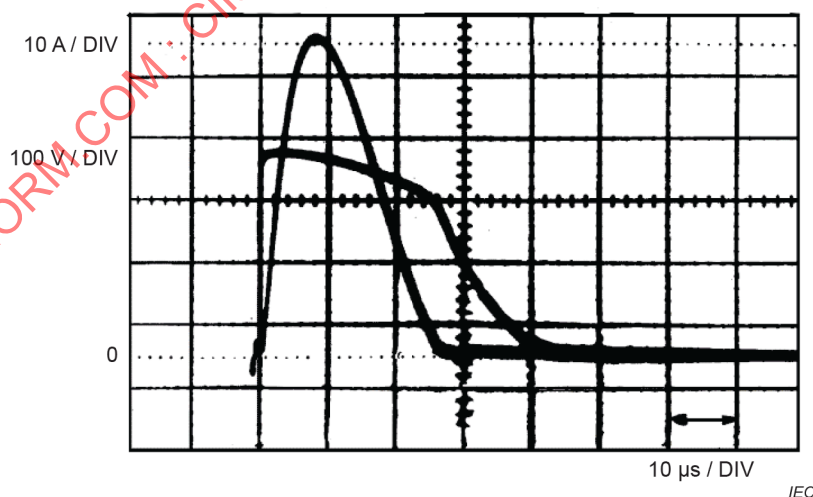
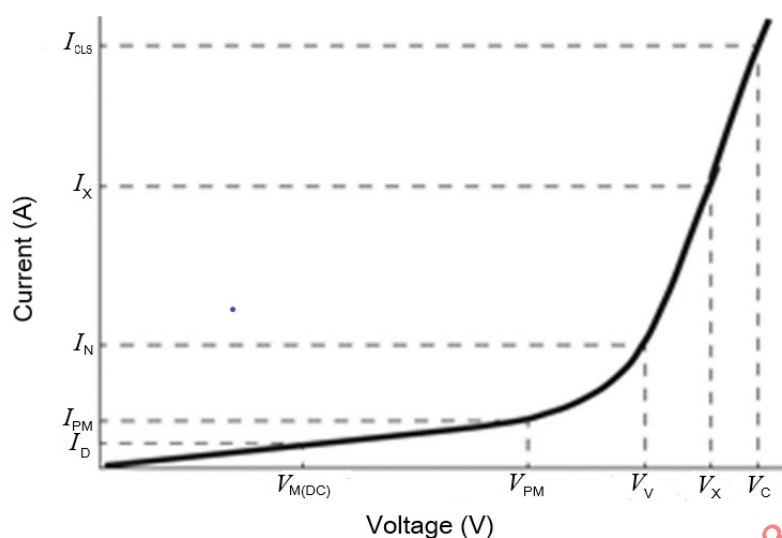


Figure A.3 – Typical clamping voltage response to 8/20 test current impulse

The V - I curve of Figure A.4 illustrates the dependence of clamping voltage on surge current for the protective operating region. Users should be cautioned that MOV specification tables typically show a clamping voltage (V_C) at only one specific test current.



V_X = varistor voltage at current, I_X

$V_{V(DC)}$ = varistor voltage at specified current, $I_{N(DC)}$

V_C = clamping voltage of MOV at peak current, I_{CLS}

V_{pm} = maximum rating of peak applied voltage for a specified waveform

$V_{M(DC)}$ = maximum rating of DC applied voltage

Figure A.4 – Illustration of static (DC) I–V characteristics on linear scale

Users should refer to the V - I characteristic curves that should be a part of an MOV's complete specification. The V - I curves allow the user to determine the clamping voltage (V_C) to expect at various peak currents.

The user should be cautioned against selecting an MOV with a clamping voltage so low that it would begin to conduct excessively during high AC or DC power line conditions. This might then interfere with normal operation of the equipment being protected, overheat the MOV and shorten its life due to extended operation above rating.

A factor that can affect the MOV's measured peak voltage is lead and circuit inductance, due to $L \times di/dt$ voltage.

Users should be aware that the clamping voltage can increase slightly, typically less than 0,01 %/°C, with increasing operating temperature. Also, clamping voltage can change after being exposed to a number of high current transients, and the amount of change could be significant depending on the application.

A.6 Capacitance C_V

When an MOV is applied to a DC circuit, the capacitance of the component is of little concern. When applied to AC circuits, however, especially higher frequency communications circuits, consideration shall be given to the potentially unwanted effects that capacitance may have on the normal circuit operation. The standby currents caused by the capacitive reactance $X_C = 1/\Omega c$ may result in undesirable circuit loading, signal degradation and phase shift.

The capacitance of a given MOV is known to decrease with frequency. Therefore, it is advisable to measure the capacitance at or close to the actual frequency of application.

When measured at a fixed frequency, the capacitance of an MOV shows little change with increasing bias voltage until the varistor voltage (V_V) is approached, at which point the capacitance suddenly decreases. The capacitance of MOVs is relatively stable with temperature and typically does not vary by more than $\pm 20\%$ from $-40\text{ }^\circ\text{C}$ to $+125\text{ }^\circ\text{C}$.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024

Annex B (informative)

MOV durability evaluation under DC bias condition

B.1 Introduction

MOVs made in a suitable manufacturing process should not degrade within an expected life-span of 20 years. However, where the material compounding ratio and manufacturing process of material are not suitable, it is known that the grain boundaries will deteriorate and the standby current will increase over time. Accelerated life testing is performed as a method of evaluating the long-term reliability of the grain boundaries.

B.2 Durability test

The most effective durability test of grain boundaries is a high temperature DC bias test because the voltage and temperature create an accelerated aging effect.

In this test, each ten sample of MOVs which made by four different manufacturers are used. Test examples are applied DC bias voltage same as voltage at 1 mADC (V_V) for 1 000 h.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024

B.3 Typical performances in MOV durability evaluation

B.3.1 Ambient temperature: 85 °C

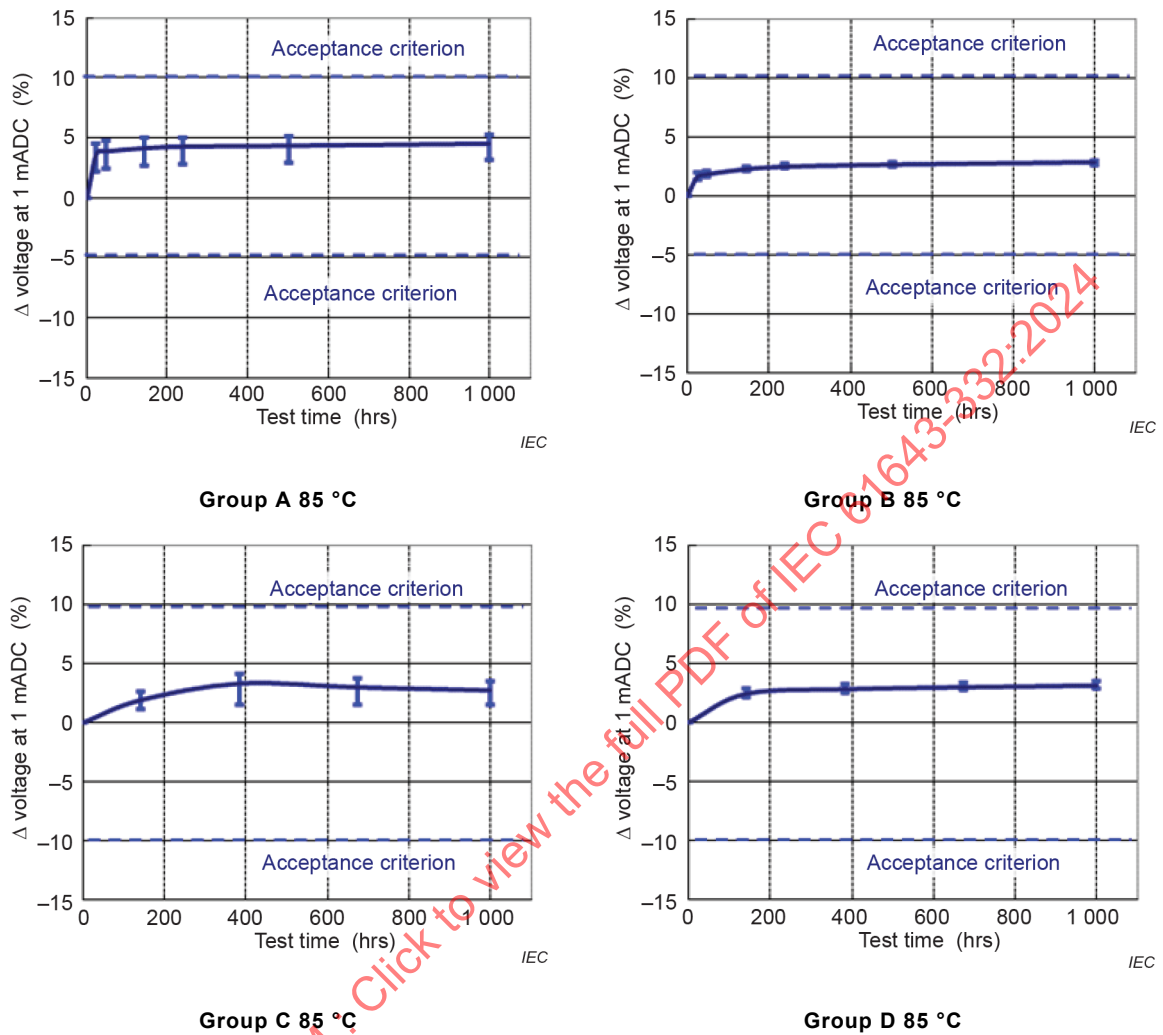


Figure B.1 – Durability test result at 85 °C

At 85 °C, there were no abnormalities in all four groups as shown in Figure B.1.

B.3.2 Ambient temperature: 105 °C

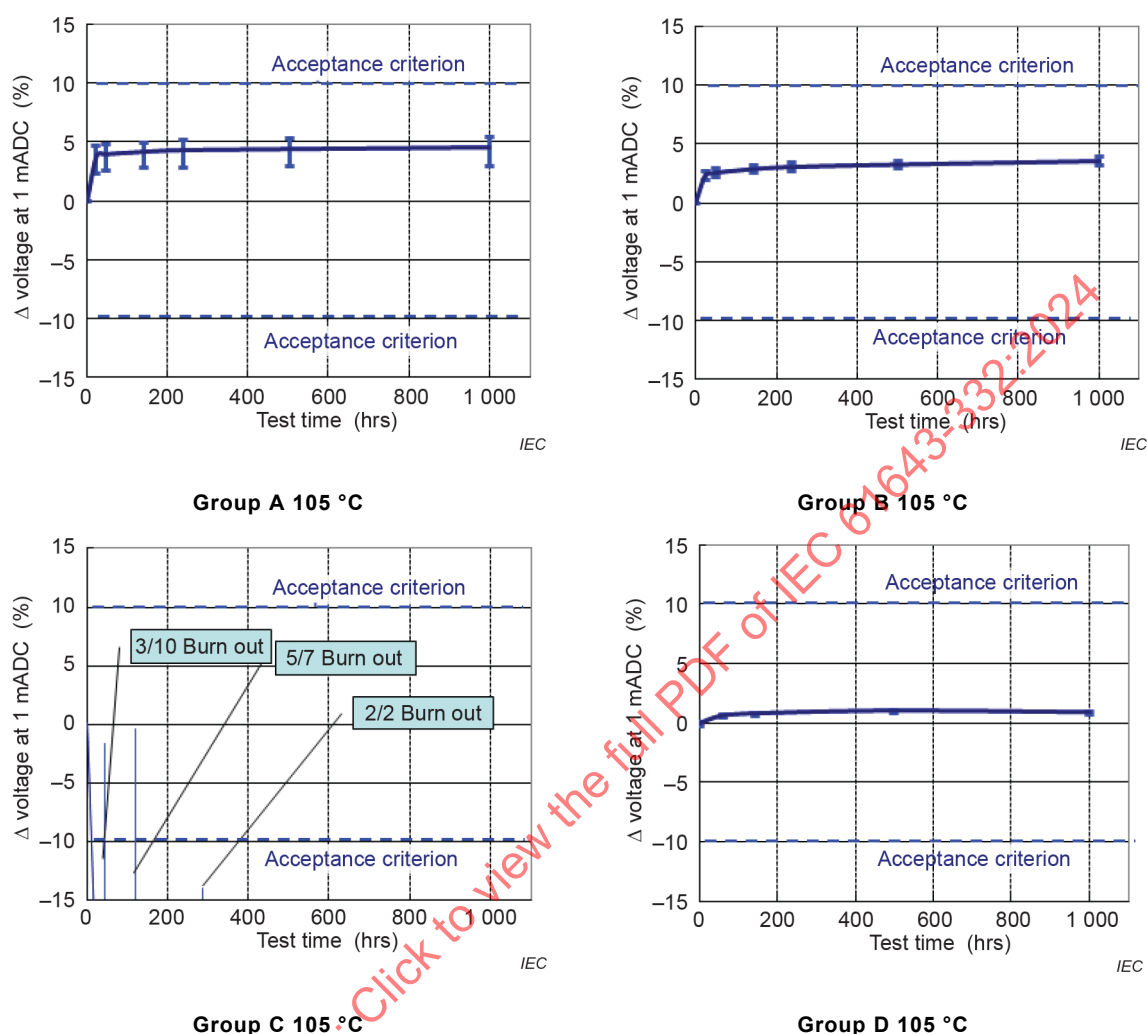


Figure B.2 – Durability test result at 105 °C

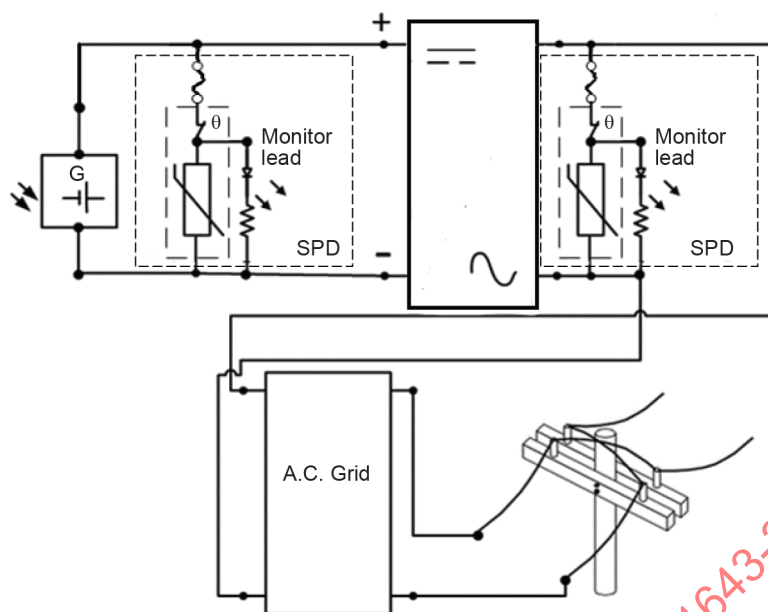
At 105 °C, there were no failures in groups A, B, and D, but samples of group C failed within 288 h as shown in Figure B.2.

B.4 Conclusion

According to the results, life test of DC bias voltage at 1 mA at 105 °C can be detected a product that may fail in the market, such as group C that were not detected in existing life test at the maximum continuous voltage at 85 °C.

Life presumption is $1,73 \times 10^5$ hours in existing test with the applied voltage ratio (applied voltage / varistor voltage) = 0,9 at 85 °C. $1,73 \times 10^5$ hours corresponding to about 20 years is the expected life time which is required in actual use. Existing test condition is a condition of actual use, not the acceleration test condition. Therefore, 1 000 hours of existing test correspond to only 1/100 (nearly equal 2 months) of the expected life time, it is not sufficient to detect the initial failure products such as burnout in the market. However, life presumption of the applied voltage ratio = 1,0 at 105 °C is $1,31 \times 10^4$ hours. 1 000 hours of this new test corresponds to 1/10 (nearly equal 2 years) of the expected life of the actual use, therefore, it is appropriate as an acceleration test to detect the initial failure of MOV.

It is suggested that the user choose a thermally protected MOV disk size of at least 25mm to be able to adequately protect the circuitry from the possibility of direct lightning strikes. Also, one point to keep in mind is that the DC output voltage is not expected to rise much, unlike the abnormal overvoltage in AC circuits discussed previously. A need to choose MCOV 20 % beyond the expected nominal voltage because of swell conditions is not a requirement in DC photovoltaic circuits.



IEC

Figure C.2 – DC Photovoltaic Application circuit

Annex D (informative)

MOV application for wind turbine systems

In Table D.1, it is clearly required that U_c of SPD should be selected so as to sustain the stress of repetitive transients superimposed on the operating voltages. At present, the easiest solution is to use an MOV with V_V larger than or equal to the peak value of the transients. Usually, there is a relation between $V_V / U_c \approx 1,6$. Then, it can be inferred that U_c of the SPD between L-PE should be not less than 1,06 kV in order to sustain the transient up to 1,7 kV. Consequently, U_p of the SPD would usually reach 4 kV.

U_c of the SPD between L-L should be not less than 1,85 kV in order to sustain the transient up to 2,95 kV. Consequently, U_p of the SPD would usually reach 6 kV.

By considering the voltage drop at leads and external disconnectors, the voltage stress on the insulation of converter and generator will be very severe. This should be considered or tested in order to achieve successful insulation coordination.

**Table D.1 – Example of characteristics of the generator
alternator excitation circuit and selected SPD**

Maximum operating voltage of the system, L-L	750 V _{rms} (±10 %)
Repetitive transients superimposed on the voltages L-Earth	1,7 kV
Repetitive transients superimposed on the operating voltages L-L	2,95 kV
dv/dt of repetitive transients superimposed on the voltages	1,4 kV/μs
Converter switching frequency	2 000 Hz
SPD1 to fit with above described generator	
U_c	Should be selected so as to sustain the stress of repetitive transients superimposed on the operating voltages
Operating frequency	Should be selected taking into account to the switching frequency of the converter
I_{imp} , (T1) per mode of protection	1,5 kA
I_n , (T2) per mode of protection	15 kA
Short-circuit current I_{SCCR}	< 20 kA, 50 to 60 Hz
Standards to comply with	IEC 61643-11

Annex E (informative)

5G powering surge protection

E.1 AC power protection

The surge current rating for SPC0 (surge protective component #0) in Figure E.1 a) and b) and SPC2 in c) needs to be total common-mode surge current.

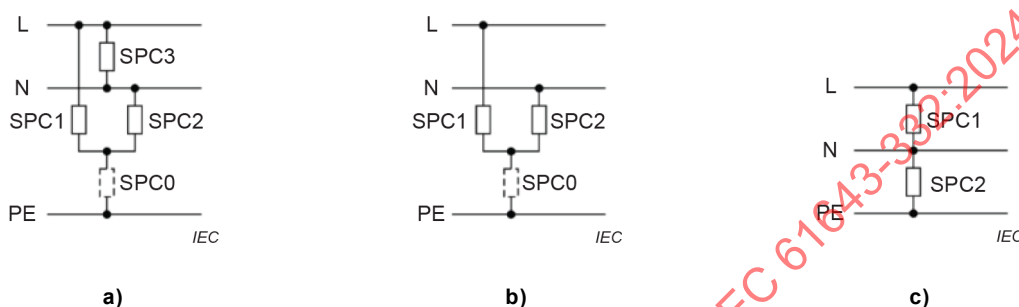


Figure E.1 – AC power feed protection according to ITU-T K.120

E.2 DC power protection

Some protection schemes use a power source that is re-entrant or shuts down when overloads occur for a fixed time or the overload time. This allows the recovery of switching SPCs that need a limited source current to switch off. Figure E.2 shows DC power feed protection according to ITU-T K.97 and Diode steering.

To function during the event outage, the base station can use a diode bridge and have a backup power source from such things as a battery or capacitor.

In mission critical applications the powering continuity is important and a "minimal disruption" design needs to be considered.

- Use of clamping SPCs for protection would avoid switching discharges.
- To effectively protect against supply overvoltages an SPC should be directly connected between the supply feed conductors.
- SPCs from the powering feed to earth need to be applied carefully as discussed next.
- Arrangements b) and c) can equally voltage limit of the power feed conductors under common-mode surge conditions, if the supply current limits.
- Arrangement a) would prevent this for negative common-mode surges but positive surges could reverse the feed voltage.
- If the polarity of the feed conductors can be guaranteed, arrangement e) maintains a constant powering voltage during common-mode surges of either polarity by using a series diode with each of the earth connected SPCs.

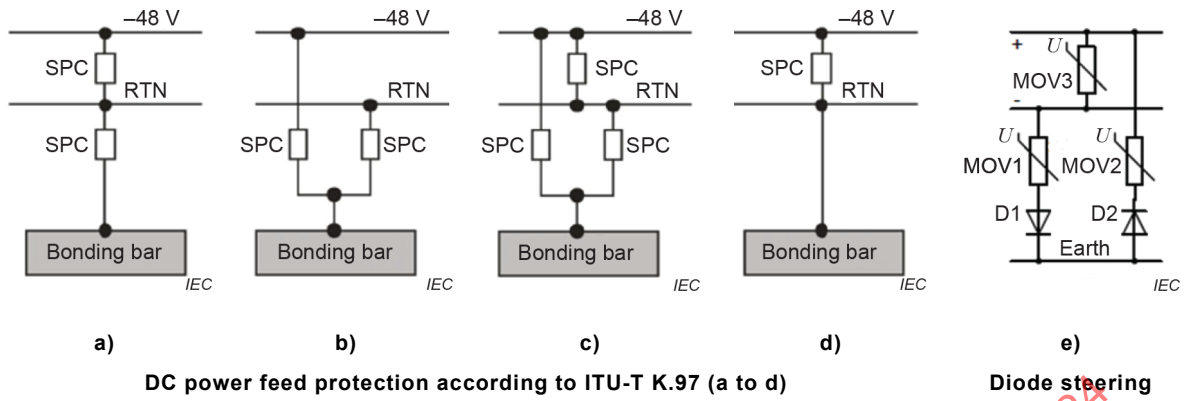


Figure E.2 – DC power feed protection according to ITU-T K.97 and Diode steering

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024

Annex F (informative)

Comparison of MOV terms with other standards

Table F.1, Table F.2 and Table F.3 show the comparison of the terms/symbols and descriptions between various standards.

**Table F.1 – Comparison of MOV terms/symbols
with other standards for MOV voltages**

MOV voltages (maximum continuous)					
Standards	Term/symbol	Application	Description/definition	Committee	Edition
IEC 62368-1	-	Equipment	Maximum continuous voltage ($V_r \times 1,25$)	TC108	3
IEC 61643-11	U_c	SPD	Maximum continuous operating voltage	SC37A	1
IEC 61643-331	$V_{M(AC)}$	SPC	maximum continuous voltage	SC37B	3
IEC 61051-1	V_{RMS}	MOV	Maximum continuous AC voltage	TC40	3
UL1449/ CSA C22.2 No. 269 Series	MCOV	MOV, component assembly and SPD	Maximum continuous operating voltage	STP1449	5

**Table F.2 – Comparison of MOV terms/symbols
with other standards for impulse current ratings**

MOV impulse current rating					
Standards	Term/symbol	Application	Description/definition	Committee	Edition
IEC 62368-1	-	Equipment	10 times 1,2/50 to 8/20 of 6 kV (or 8 kV depending on V_r)	TC108	3
IEC 61643-11	I_n , I_{max} , I_{imp}	SPD	I_n : 15 times a declared value (8/20) I_{max} : 1 time (8/20) I_{imp} : Increasing sequence (10/350)	SC37A	1
IEC 61643-331	I_{TM} , I_n	SPC	I_{TM} : single pulse peak current (given waveform) I_n : multiple-pulse peak current (Given quantity)	SC37B	3
IEC 61051-1	I_{Pm}	MOV	Maximum peak current (given quantity)	TC40	3
UL1449/ CSA C22.2 No. 269 Series	I_n	MOV, component assembly and SPD	15 times a declared value (8/20) (limited to 20 kA)	STP1449	5

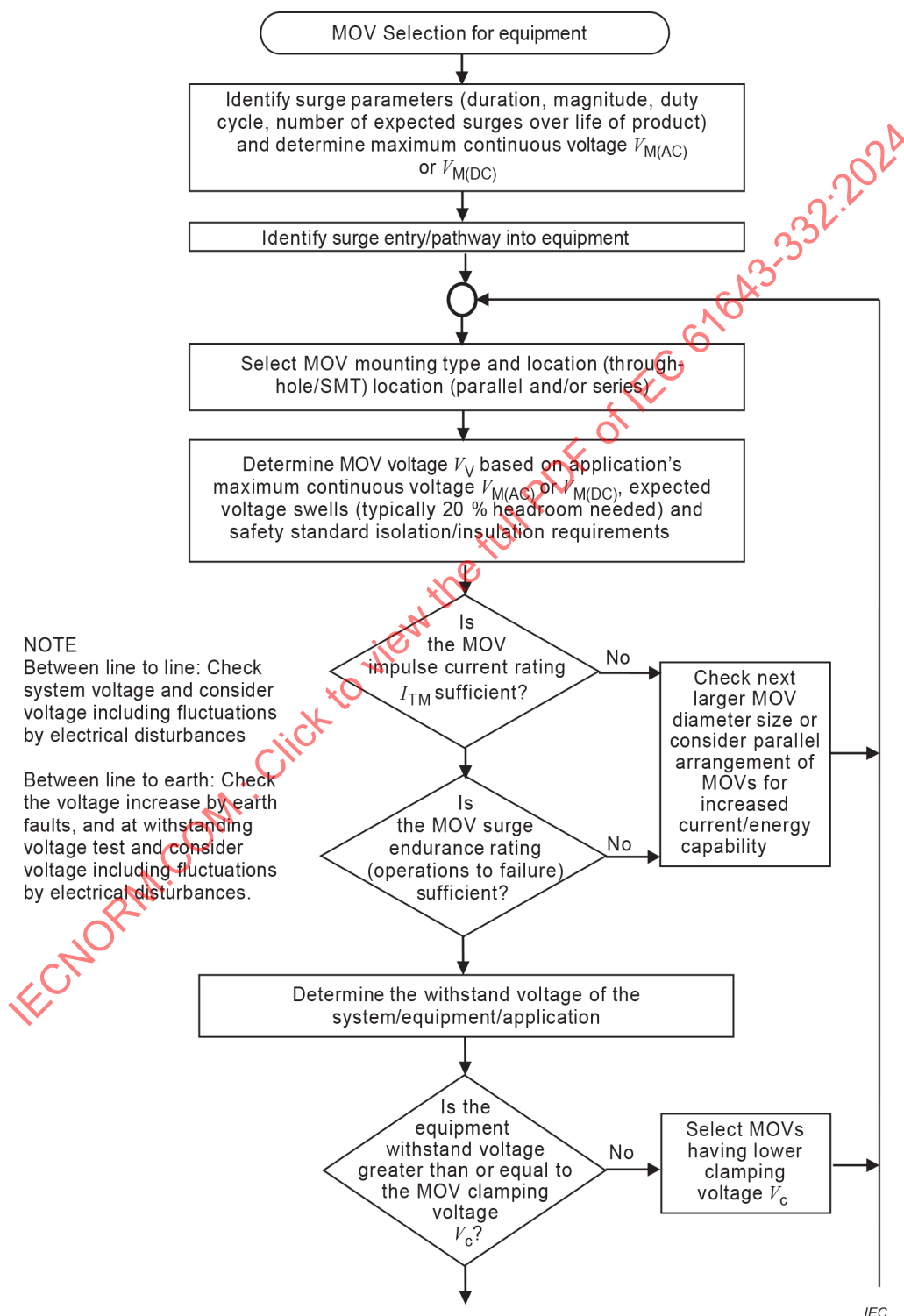
**Table F.3 – Comparison of MOV terms/symbols
with other standards for TOV and abnormal voltage testing**

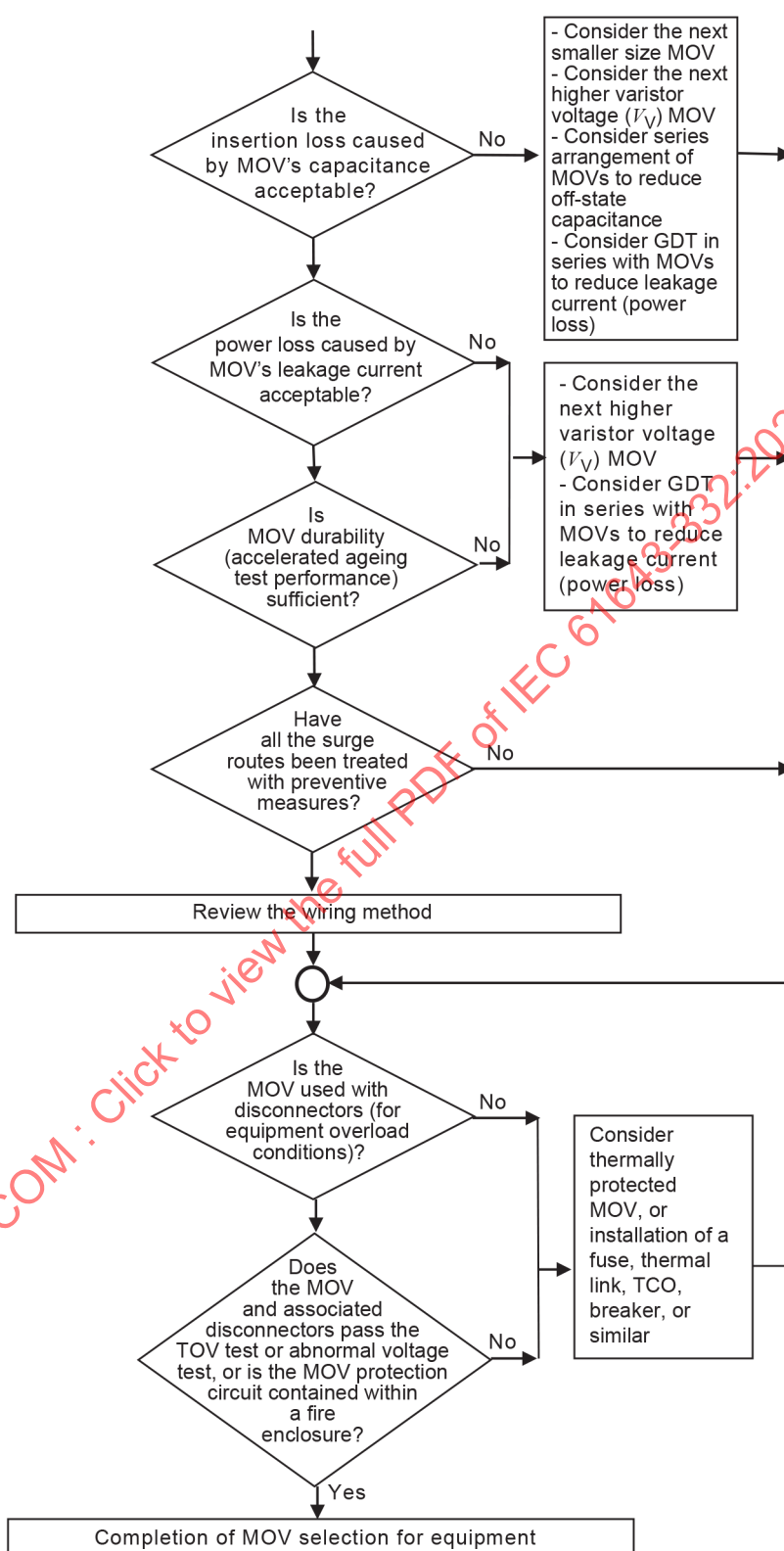
TOV testing voltage for MOVs with disconnecter				
Standards	Application	Description	Committee	Edition
IEC 62368-1	Equipment	TOV test according to Table B.1 of IEC 61643-11:2011 (N-PE and L-PE)	TC108	3
IEC 61643-11	SPD	TOV test according to Annex B (N-PE and L-PE)	SC37A	1
Abnormal voltage testing voltage for MOVs with disconnecter				
Standards	Application	Description	Committee	Edition
IEC 62368-1	Equipment	$V_r \times k = U_{\text{test}}$ $1,25 \leq k \leq 2$ $U_{\text{test}} = k \times U_r$ (All modes)	TC108	3
IEC 61643-11:2011	SPD	8.3.5 Disconnectors and safety performance of overstressed SPDs	SC37A	1
IEC 61643-331	SPC	Refer to 9.4 of IEC 61643-331:2020 (Thermally protected MOVs only)	SC37B	3
IEC 61051-1	MOV	Not Applicable.	TC40	3
UL1449/ CSA C22.2 No. 269 Series	MOV, component assembly and SPD	Refer to limited current abnormal overvoltage test	STP1449	5

Annex G (informative)

How to select MOV/thermally protected MOV for equipment

Figure G.1 is a selection guide based on MOV size and its parameters for equipment.





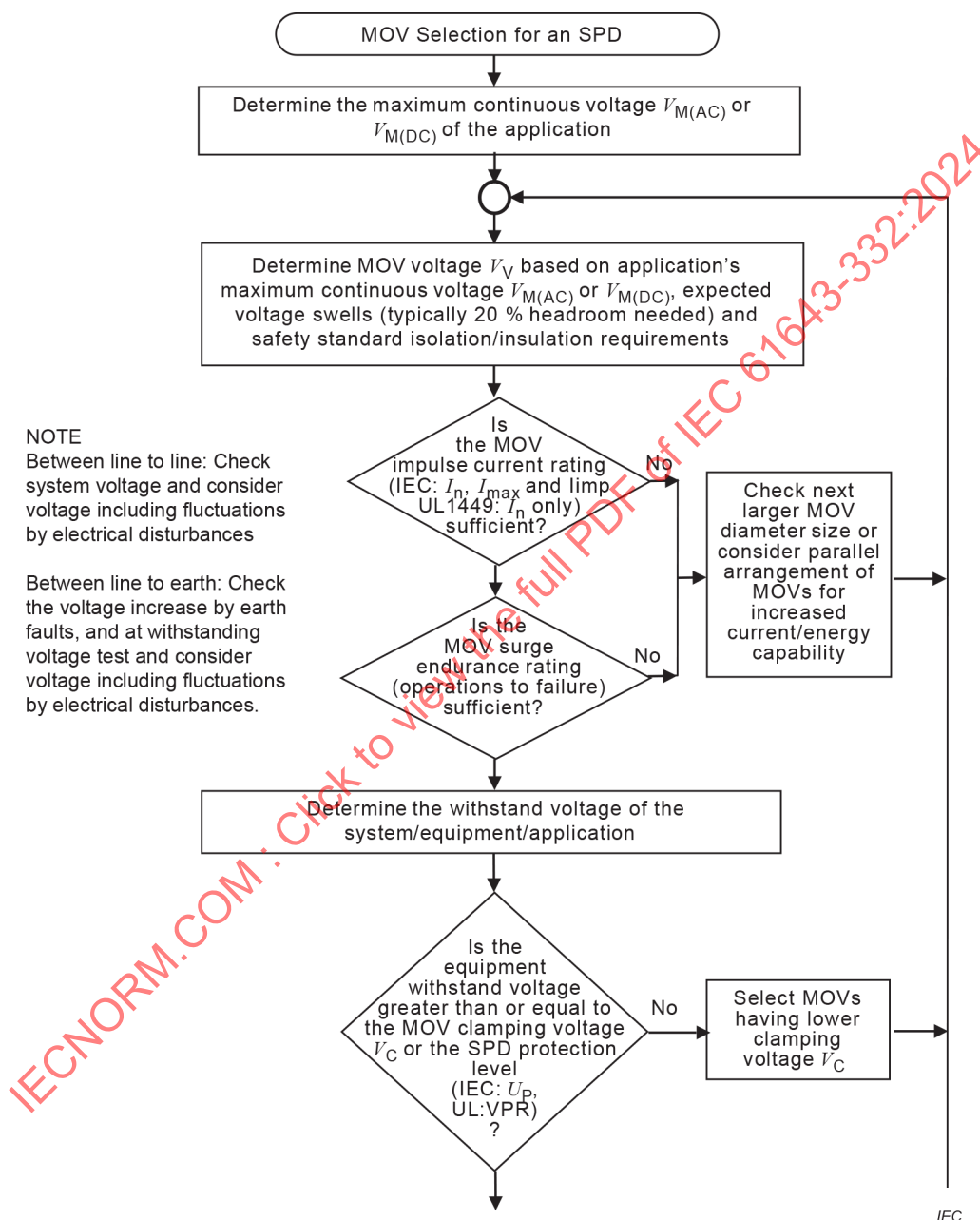
IEC

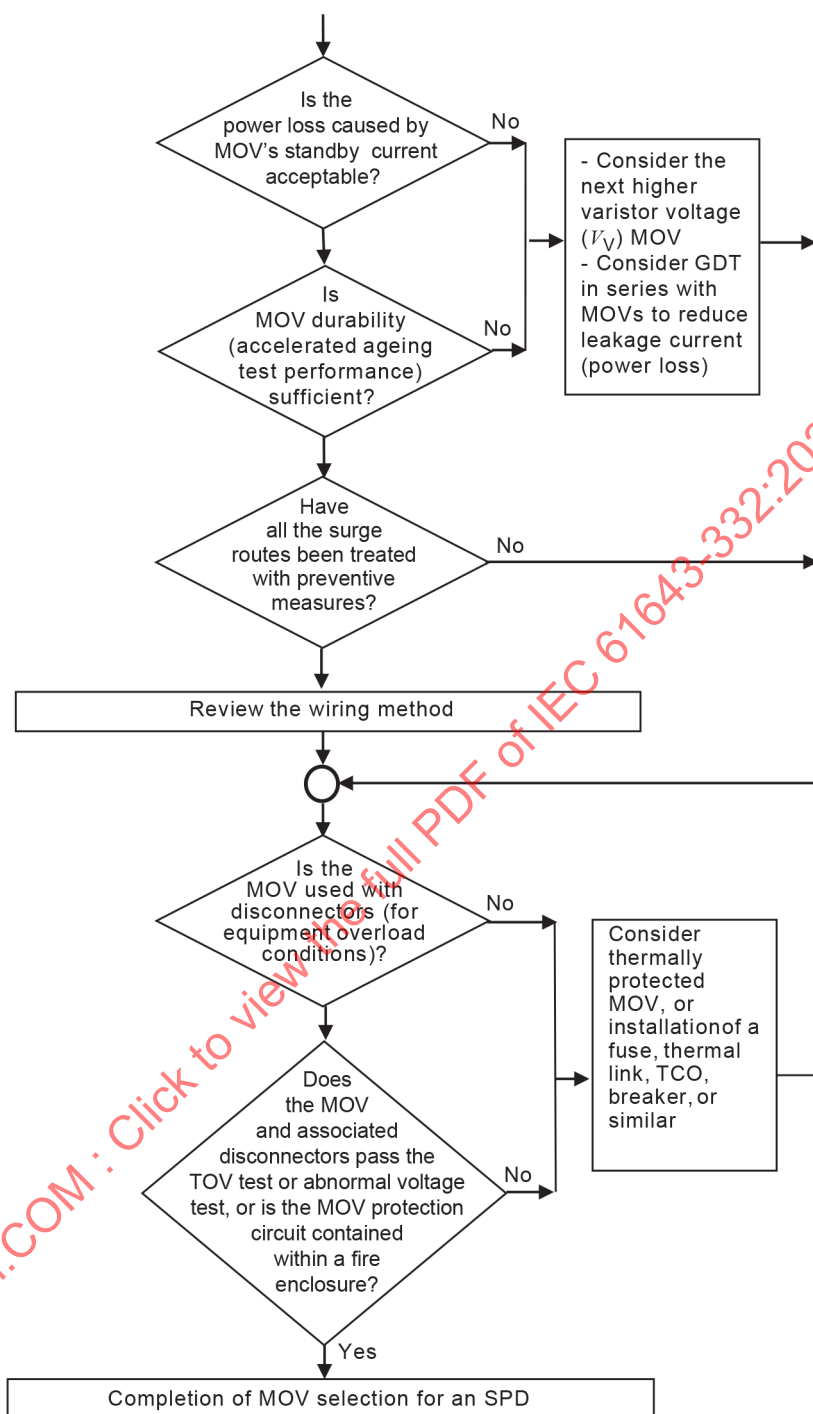
Figure G.1 – Flow chart of MOV/thermally protected MOV selection for equipment

Annex H (informative)

How to select an MOV/thermally protected MOV for an SPD

Figure H.1 is an MOV selection guide for an SPD.





IEC

Figure H.1 – Flow chart of MOV/thermally protected MOV selection for an SPD

Bibliography

IEC 60364-5-51:2005, *Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEEE C62.45, *IEEE Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage AC Power Circuits*, 2005

F. Martzloff, "Matching surge protective devices to their environment", IEEE Transaction on industry application, Vol. IA-21, No.1, January/February, 1985

DIN VDE 0845-1, *Protection of telecommunication systems against lightning, electrostatic discharges and overvoltages from electric power installations*, 1987

CIGRE 549, *Lightning Parameters for Engineering Applications*, 2013

Environmental tests

IEC 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-20:2021, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test Ta and Tb: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21:2021, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-78:2012, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60721-3-3:2019, *Classification of environmental conditions – Part 3-3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at weatherprotected locations*

MOV tests besides IEC 61643-331

IEC 61051-2:2021/AMD1:—¹, *Varistors for use in electronic equipment – Part 2: Sectional specification for surge suppression varistors*

IEEE C62.33, *IEEE Standard Test Specifications for varistor surge-protective device*, 1982

ITU-T Recommendation K.77 (01/2009), *Characteristics of metal oxide varistors for the protection of telecommunication installations*

UL1449 edition 5, *Standard for Surge Protective Devices*, 2021

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/ACD 61051-2:2021/AMD1:2024.

SPD tests

IEC 61643-21:2000, *Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods*

IEC 61643-21:2000/AMD1:2008

IEC 61643-21:2000/AMD2:2012

5G powering surge protection

ITU-T Recommendation K.97 (02/2014), *Lightning protection of distributed base stations*

ITU-T Recommendation K.120 (12/2016), *Lightning protection and earthing of a miniature base station*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	66
1 Domaine d'application	68
2 Références normatives	68
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	69
3.1 Termes et définitions	69
3.1.1 Valeurs assignées	69
3.1.2 Caractéristiques	70
3.2 Symboles et abréviations	73
3.2.1 Symboles	73
3.2.2 Abréviations	74
4 Généralités	74
5 Construction	75
6 Fonction	75
6.1 Théorie de fonctionnement	75
6.2 Protection thermique des MOV	77
6.3 Modes de défaillance	78
6.3.1 Généralités	78
6.3.2 Mode de défaillance court-circuit	78
6.3.3 Mode de défaillance dégradation	78
6.3.4 Mode de défaillance circuit ouvert avec haute tension de blocage	79
7 Application	79
7.1 Application de base des MOV	79
7.1.1 Circuit d'application	79
7.1.2 Compatibilité opérationnelle	80
7.1.3 Limitation de tension	80
7.1.4 Choix des MOV	81
7.1.5 Atténuation des conséquences d'une défaillance	91
7.1.6 Fonctionnements avant défaillance	93
7.1.7 Mise à la terre et liaison équipotentielle	94
7.1.8 Emplacement des MOV	95
7.1.9 Applications des MOV	96
7.1.10 Connexions en parallèle	96
7.1.11 Connexions en série	97
7.2 Varistance à oxyde métallique protégée thermiquement	97
7.2.1 Introduction	97
7.2.2 Choix d'une MOV protégée thermiquement	98
7.2.3 Caractéristiques de durée avant ouverture	98
7.3 DES	99
7.3.1 Contexte	99
7.3.2 Normes	99
7.3.3 Exemple d'application 1	99
7.3.4 Exemple d'application 2	100
7.4 Prise en compte des TOV	100
7.4.1 Défaillance du circuit d'alimentation à basse tension	100
7.4.2 Défaillance du circuit d'alimentation à haute tension ou moyenne tension	100

8	Informations relatives à la sécurité et aux dangers des MOV	101
8.1	Vue d'ensemble	101
8.1.1	Généralités	101
8.1.2	Confirmation des performances assignées	101
8.2	Risques d'incendies	101
8.2.1	Généralités	101
8.2.2	Utilisation entre phases	101
8.2.3	Utilisation entre phase et terre	102
8.2.4	Résistance aux chocs	102
8.2.5	Prévention des incendies	102
8.2.6	Conditions d'environnement	102
8.3	Risques de chocs électriques	102
8.4	Déclaration de précaution type pour l'utilisation des MOV	102
8.4.1	Informations relatives à la dégradation et aux défaillances des MOV	102
8.4.2	Informations relatives à la désintégration des MOV	103
8.4.3	Informations relatives à l'endommagement ou au dysfonctionnement de l'équipement	103
8.4.4	Informations relatives aux accidents causés par des phénomènes inattendus	104
Annexe A	(informative) Termes et explications	105
A.1	Courant de crête de choc simple I_{TM}	105
A.2	Tension continue maximale V_M	105
A.3	Courant de maintien I_D	106
A.3.1	Courant de maintien alternatif	106
A.3.2	Courant de maintien continu I_{DC}	107
A.4	Tension de varistance V_V	108
A.5	Tension de blocage V_C	108
A.6	Capacité C_V	110
Annexe B	(informative) Évaluation de la durabilité de la MOV en conditions de polarisation en courant continu	111
B.1	Introduction	111
B.2	Essai de durabilité	111
B.3	Performances types lors de l'évaluation de la durabilité de la MOV	112
B.3.1	Température ambiante: 85 °C	112
B.3.2	Température ambiante: 105 °C	113
B.4	Conclusion	113
Annexe C	(informative) Circuits d'application types des MOV protégées thermiquement	115
Annexe D	(informative) Application de MOV pour les systèmes d'éoliennes	117
Annexe E	(informative) Protection contre les surtensions d'alimentation de station 5G	118
E.1	Protection de l'alimentation en courant alternatif	118
E.2	Protection de l'alimentation en courant continu	118
Annexe F	(informative) Comparaison des termes relatifs aux MOV par rapport à d'autres normes	120
Annexe G	(informative) Comment choisir une MOV ou une MOV protégée thermiquement pour un équipement	122
Annexe H	(informative) Comment choisir une MOV ou une MOV protégée thermiquement pour un SPD	124

Bibliographie.....	126
Figure 1 – Caractéristique $V-I$ d'une MOV	71
Figure 2 – Symbole pour une MOV	74
Figure 3 – Symbole pour une MOV protégée thermiquement.....	74
Figure 4 – Représentation schématique d'une microstructure de MOV	75
Figure 5 – Courbe $V-I$ type d'une varistance tracée à l'échelle log-log.....	76
Figure 6 – Modèle de circuit équivalent de MOV	77
Figure 7 – Connexion possible des MOV (simplifiée)	80
Figure 8 – Catégories de surtensions.....	82
Figure 9 – Exemple de données d'essai du courant de choc en fonction des répétitions pour des MOV de 14 mm	84
Figure 10 – Exemple de caractéristiques tension-courant pour des MOV de 10 mm, 14 mm et 20 mm	85
Figure 11 – Valeur K pour différentes formes d'ondes	87
Figure 12 – Exemple de forme d'onde exponentielle 5/50	88
Figure 13 – Énergie de choc de la MOV en fonction de la largeur d'impulsion pour différentes répétitions de chocs	88
Figure 14 – Option de connexion de fusible à la MOV	91
Figure 15 – Caractéristique temps-courant de fusible à action instantanée et de fusible à action retardée.....	92
Figure 16 – Connexion en parallèle de MOV	96
Figure 17 – Exemple de caractéristiques $V-I$ pour deux MOV en parallèle.....	97
Figure 18 – Durée de fonctionnement	99
Figure 19 – Exemple d'application de MOV pour les DES	100
Figure 20 – Exemple d'application à 4 ports qui utilise des MOV pour les DES	100
Figure 21 – Combinaison d'une MOV avec un GDT.....	101
Figure A.1 – Effet à court terme de la température, de la fréquence et de la tension sur la puissance de maintien sur une MOV type de 20 mm	106
Figure A.2 – Coefficient de température type de la tension en fonction du courant, pour une taille de 14 mm, de -55 °C à 125 °C	107
Figure A.3 – Réponse en tension de blocage type à un choc de courant d'essai 8/20	109
Figure A.4 – Représentation de caractéristiques $I-V$ statiques (en courant continu) sur une échelle linéaire.....	109
Figure B.1 – Résultat de l'essai de durabilité à 85 °C	112
Figure B.2 – Résultat de l'essai de durabilité à 105 °C	113
Figure C.1 – Circuit d'application à courant alternatif	115
Figure C.2 – Circuit d'application photovoltaïque à courant continu.....	116
Figure E.1 – Protection de l'alimentation en courant alternatif selon la recommandation K.120 de l'UIT-T	118
Figure E.2 – Protection de l'alimentation en courant continu selon la recommandation K.97 de l'UIT-T et pilotage par diodes	119
Figure G.1 – Diagramme de choix d'une MOV ou d'une MOV protégée thermiquement pour un équipement	123
Figure H.1 – Diagramme de choix d'une MOV ou d'une MOV protégée thermiquement pour un SPD	125

Tableau D.1 – Exemple de caractéristiques du circuit d'excitation de l'alternateur du générateur et du SPD choisi	117
Tableau F.1 – Comparaison des termes/symboles relatifs aux MOV par rapport à d'autres normes pour les tensions de MOV	120
Tableau F.2 – Comparaison des termes/symboles relatifs aux MOV par rapport à d'autres normes pour les valeurs assignées du courant de choc	120
Tableau F.3 – Comparaison des termes/symboles relatifs aux MOV par rapport à d'autres normes pour les essais de TOV et de tension anormale	121

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPOSANTS POUR PARAFODRES BASSE TENSION –

**Partie 332: Choix et principes d'application
des varistances à oxyde métallique (MOV)**

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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de brevet.

L'IEC 61643 a été établie par le sous-comité 37B: Composants pour parafoudres basse tension, du comité d'études 37 de l'IEC: Parafoudres. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
37B/243/FDIS	37B/245/RVD

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61643, publiées sous le titre général *Composants pour parafoudres basse tension*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

COMPOSANTS POUR PARAFODRES BASSE TENSION –

Partie 332: Choix et principes d'application des varistances à oxyde métallique (MOV)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61643 décrit la théorie de fonctionnement, ainsi que les principes relatifs au choix et à l'application des varistances à oxyde métallique (MOV, *Metal Oxide Varistors*) destinées à être connectées à des lignes électriques ou à des circuits de télécommunication ou de signalisation, jusqu'à 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu. Ces composants de parafoudres (SPC, *Surge Protective Components*) sont conçus pour protéger l'appareillage et/ou le personnel contre les hautes tensions transitoires.

Le présent document s'applique aux MOV qui possèdent deux électrodes et des éléments variables, avec ou sans déconnecteurs. Il ne s'applique pas aux ensembles qui comportent des MOV ni à leur influence sur les caractéristiques des MOV.

La présente norme traite spécifiquement des MOV de type oxyde de zinc.

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 60664-1:2020, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 61051-1:2018, *Varistances utilisées dans les équipements électroniques – Partie 1: Spécification générique*

IEC 61051-2:2021, *Varistances utilisées dans les équipements électroniques – Partie 2: Spécification intermédiaire pour varistances pour limitations de surtensions transitoires*

IEC 61643-11:2011, *Parafoudres basse tension – Partie 11: Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai*

IEC 61643-331:2020, *Composants pour parafoudres basse tension – Partie 331: Exigences de performance et méthodes d'essai pour les varistances à oxyde métallique (MOV)*

IEC 62368-1:2023, *Équipements des technologies de l'audio/vidéo, de l'information et de la communication – Partie 1: Exigences de sécurité*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

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 <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1 Termes et définitions

3.1.1 Valeurs assignées

3.1.1.1

valeur assignée

capacité de limitation ou condition de limitation au-dessus de laquelle la MOV peut être endommagée

Note 1 à l'article: Une condition de limitation peut être une valeur minimale ou maximale.

3.1.1.2

courant maximal [transitoire] de choc simple

I_{TM}

valeur maximale assignée du courant qui peut être appliquée pour un choc simple de la forme d'onde spécifiée

Note 1 à l'article: Pour les SPD de distribution d'énergie (voir IEC 61643-11), le courant maximal de décharge I_{max} est utilisé.

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.2]

3.1.1.3

courant nominal de décharge

I_n

valeur de crête du courant aux bornes de la MOV avec une forme d'onde de courant de 8/20

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.3]

3.1.1.4

tension continue maximale

V_M

tension maximale qui peut être appliquée continuellement à une température spécifiée

Note 1 à l'article: Peut également être appelée U_C ou tension maximale de régime permanent (MCOV, *Maximum Continuous Operating Voltage*).

Note 2 à l'article: Voir la Figure 1.

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.7, modifié (ajout de ", *Maximum Continuous Operating Voltage*" à la Note 1 à l'article)]

3.1.1.5**tension continue maximale en courant alternatif** $V_{M(AC)}$

valeur efficace maximale de la tension à la fréquence industrielle (inférieure à 5 % de la distorsion harmonique totale) qui peut être appliquée continuellement à une température spécifiée

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.8]

3.1.1.6**tension continue maximale en courant continu** $V_{M(DC)}$

valeur maximale de la tension en courant continu qui peut être appliquée continuellement à une température spécifiée

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.1.9]

3.1.1.7**courant maximal de décharge** I_{max}

valeur de crête d'un courant de forme d'onde 8/20 s'écoulant dans le parafoudre et d'une amplitude conforme à la spécification du constructeur

Note 1 à l'article: I_{max} est supérieur ou égal à I_n .

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.48]

3.1.1.8**courant de choc de décharge pour l'essai de classe I** I_{imp}

valeur de crête d'un courant de décharge traversant le parafoudre ayant un transfert de charge spécifié Q et une énergie spécifiée W/R pendant une durée spécifiée

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.10]

3.1.1.9**puissance de dissipation moyenne assignée** P_M

puissance de dissipation moyenne maximale des impulsions répétitives pouvant être appliquées aux varistances à une température ambiante de 25 °C

[SOURCE: IEC 61051-1:2018, 3.23]

3.1.2 Caractéristiques**3.1.2.1****caractéristiques**

propriétés inhérentes et mesurables d'une MOV

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.1]

3.1.2.2**courant de maintien** I_D courant traversant la MOV à la tension continue maximale V_M

Note 1 à l'article: Le courant traversant la MOV à moins de V_M est appelé courant de fuite.

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.2]

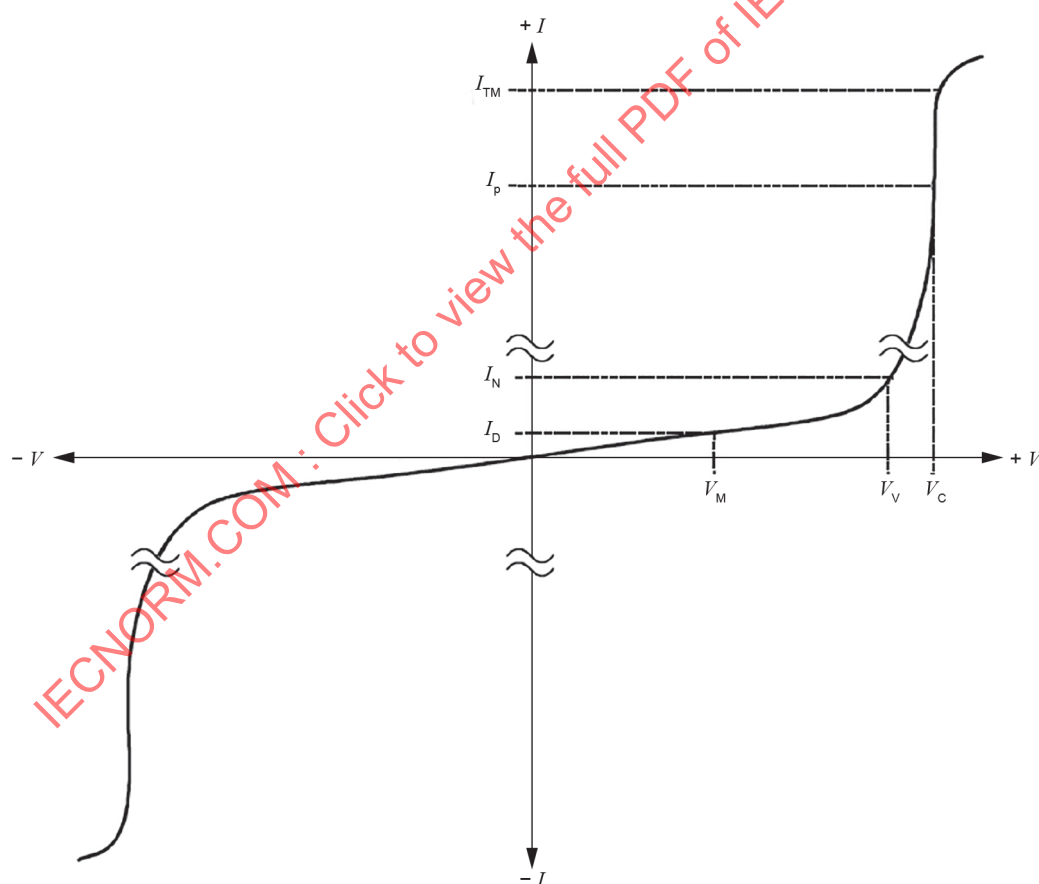
3.1.2.3**tension de varistance** V_V

tension aux bornes de la MOV, mesurée à un courant spécifié (habituellement 1 mA) pendant une durée spécifique

Note 1 à l'article: Le fabricant de la MOV spécifie le courant. À défaut, une valeur de 1 mA en courant continu pour une durée de 20 ms à 100 ms est normalement utilisée.

Note 2 à l'article: Voir la Figure 1.

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.3]



IEC

Figure 1 – Caractéristique V - I d'une MOV

3.1.2.4**Tension de blocage** V_C

tension de crête mesurée aux bornes de la MOV dans les conditions d'un courant de classe (I_{CLS}) et d'une forme d'onde spécifiée

3.1.2.5

courant de classe

I_{CLS}

valeur de crête du courant, soit 1/10 du courant maximal de crête pour 100 impulsions pour une impulsion de courant de forme d'onde 8/20 avec un intervalle de temps de 30 s

[SOURCE: IEC 61051-1:2018, 3.21]

3.1.2.6

Capacité

C_V

capacité aux bornes de la MOV mesurée à une fréquence, une tension et un moment spécifiés

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.6]

3.1.2.7

SPD

dispositif incluant au moins un composant non linéaire destiné à limiter les surtensions et à écouler les courants de foudre

Note 1 à l'article: L'abréviation "SPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "surge protective device".

[SOURCE: IEC 61643-11, 3.1.1]

3.1.2.8

SPC

composant distinct dont la fonction primaire est de dévier ou limiter les tensions et courants de choc excessifs dans le but de protéger les équipements et circuits sensibles contre d'éventuels dommages. Les MOV, les tubes à décharge dans le gaz (GDT, *Gas Discharge Tubes*), les transformateurs d'isolement contre les surtensions (SIT, *Surge Isolation Transformers*), les diodes à avalanche (ABD, *Avalanche Breakdown Diodes*) et les thyristors sont des exemples de SPC.

Note 1 à l'article: L'abréviation "SPC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "surge protective component".

3.1.2.9

varistance à oxyde métallique (MOV)

résistance variable constituée d'un mélange fritté d'oxydes métalliques dont la conductance, à une température donnée, augmente rapidement à mesure que la tension augmente

Note 1 à l'article: Ce composant est également connu sous le nom de résistance variable (VDR, *Voltage Dependant Resistor*).

Note 2 à l'article: L'abréviation "MOV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "metal oxide varistor".

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.7]

3.1.2.10

varistance à oxyde métallique protégée thermiquement

varistance qui inclut un élément non réarmable en série qui déconnecte la MOV en cas de surchauffe due à une dissipation excessive

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.8]

3.1.2.11**coefficient de non-linéarité d'intensité** β

en partant de la Formule (1) du 3.3, il est défini selon la formule

$$\beta = \frac{I}{U} \times \frac{dU}{dI} \quad (1)$$

Note 1 à l'article: Pour faciliter le calcul, la formule suivante peut être utilisée:

$$\beta = \frac{\log_{10}(U_1/U_2)}{\log_{10}(I_1/I_2)} \quad (2)$$

β est toujours inférieur à 1.

[SOURCE: IEC 61051-1:2018, 3.4]

3.1.2.12**coefficient de non-linéarité de tension** γ

réciproque du coefficient de non-linéarité d'intensité β

Note 1 à l'article: γ est toujours supérieur à 1.

Note 2 à l'article: Dans le secteur des varistances et les ouvrages de référence associés, le coefficient de non-linéarité de tension est généralement désigné par α plutôt que par γ .

[SOURCE: IEC 61051-1:2018, 3.5]

3.1.2.13**courant de maintien alternatif** I_{AC}

courant traversant la MOV à la tension continue maximale $V_{M(AC)}$

3.1.2.14**courant de maintien continu** I_{DC}

courant traversant la MOV à la tension continue maximale $V_{M(DC)}$

[SOURCE: IEC 61643-331:2020, 3.1.2.9]

3.2 Symboles et abréviations**3.2.1 Symboles**

La Figure 2 et la Figure 3 représentent respectivement les symboles pour une MOV et pour une MOV protégée thermiquement.

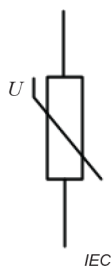


Figure 2 – Symbole pour une MOV

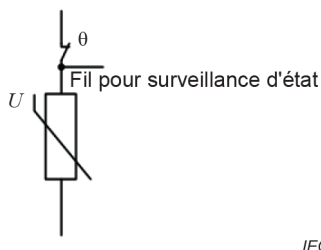


Figure 3 – Symbole pour une MOV protégée thermiquement

NOTE L'IEC 60027 recommande les lettres V et v uniquement comme des symboles de réserve pour la tension. Cependant, dans le domaine des composants MOV, elles sont si largement utilisées que dans la présente publication elles ont été privilégiées par rapport à U et u .

3.2.2 Abréviations

DES	Décharge électrostatique
GDT (Gas Discharge Tube)	Tube à décharge dans le gaz
IC (Integrated Circuit)	Circuit intégré
IT (Information Technology)	Technologie de l'information
IT	Isole-Terre
MCOV (Maximum Continuous Operating Voltage)	Tension maximale de régime permanent
MOV (Metal Oxide Varistor)	Varistance à oxyde métallique
CMS	Composant pour montage en surface
SPC (Surge Protective Component)	Composant de parafoudre
SPD (Surge Protective Device)	Parafoudre
TCO (Thermal Cut Off)	Coupe-circuit thermique
TOV (Temporary Overvoltage)	Surtension temporaire
TN	Terre-Neutre
TT	Terre-Terre

4 Généralités

En raison de la grande complexité des céramiques sur lesquelles repose le fonctionnement des MOV, les performances de la MOV dépendent de la technologie et des processus utilisés. Par conséquent, les propriétés et caractéristiques électriques (tolérances, capacité de tenue aux chocs, etc.) peuvent varier selon les fabricants. Les explications des termes relatifs aux propriétés et caractéristiques électriques sont données à l'Annexe A.

5 Construction

En général, les MOV sont constituées d'un corps rond en forme de disque composé d'oxyde de zinc fritté avec des additifs appropriés. Les autres types utilisés comprennent les formes rectangulaires et tubulaires et les structures multicouches. Les MOV possèdent des électrodes à particules métalliques en alliage d'argent ou autre métal. Les électrodes peuvent avoir été appliquées au corps par sérigraphie et cuisson ou par d'autres processus en fonction du métal utilisé. Les MOV présentent aussi souvent des fils conducteurs ou d'autres types de sorties qui peuvent avoir été soudés à l'électrode.

Le mécanisme de conduction de base des MOV est obtenu par des barrières semiconductrices à la limite des grains d'oxyde de zinc formés lors d'un processus de frittage. Une MOV peut être considérée comme un composant à barrières multiples dont les nombreux grains agissent en combinaison série-parallèle entre les bornes. Une vue en coupe schématique d'une MOV type est représentée sur la Figure 4.

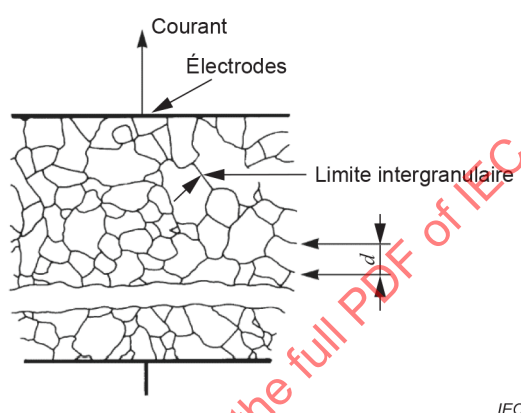


Figure 4 – Représentation schématique d'une microstructure de MOV

6 Fonction

6.1 Théorie de fonctionnement

Les MOV ont la propriété de maintenir une variation de tension relativement faible entre leurs bornes tandis que le courant de choc qui les traverse varie sur plusieurs décades. Cette action non linéaire leur permet de dévier le courant d'une tension de choc lorsqu'elles sont connectées en dérivation sur la ligne, et de maintenir la tension sur la ligne à des valeurs qui protègent l'équipement connecté à cette ligne. Comme la tension aux bornes de la MOV est maintenue à un niveau supérieur à la tension normale du circuit (mais en conservant la protection) alors le courant de choc circule, de l'énergie dissipée est présente dans la MOV lors de sa fonction de déviation de la tension de choc.

Le matériau des MOV est constitué de grains d'oxyde de zinc séparés par un matériau intergranulaire fin. De l'oxyde de bismuth et d'autres oxydes métalliques englobent la limite entre les grains, et forment des barrières semiconductrices avec les grains. Une propriété fondamentale du matériau est que la chute de tension au niveau d'une interface unique entre les grains est pratiquement constante, et est indépendante de la taille des grains. La Figure 5 représente une caractéristique $V-I$ type d'une MOV dans une direction de conduction, la direction opposée étant similaire.

Les valeurs de tension et de courant de la courbe de la Figure 5 ont été mesurées en utilisant un courant continu lorsque le courant est inférieur à 10^{-2} A, ou en utilisant un courant 8/20 lorsque le courant est supérieur à 100 A.

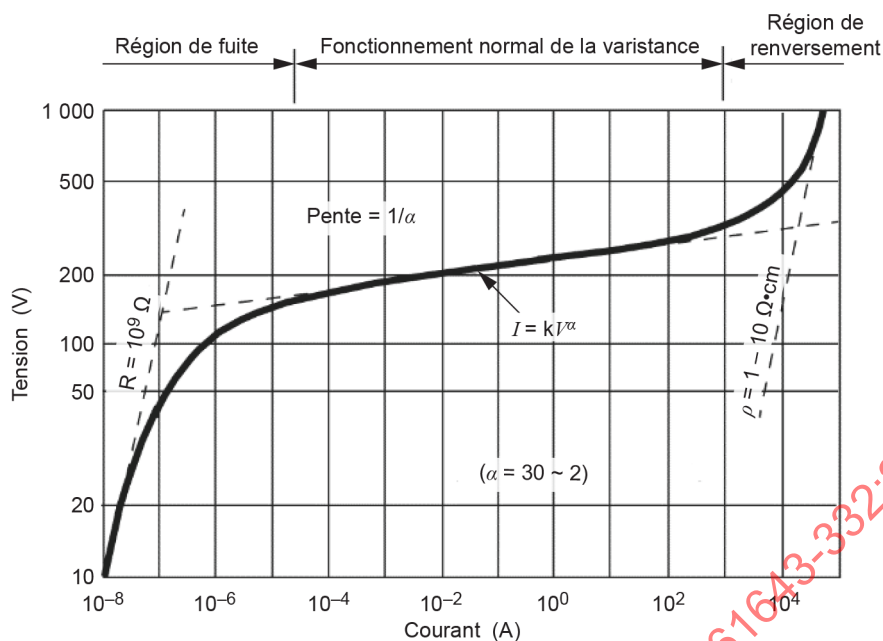
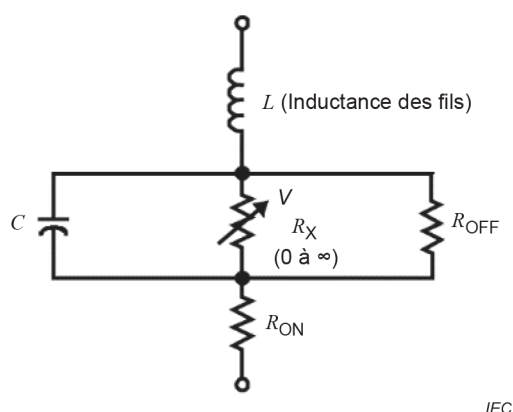


Figure 5 – Courbe V - I type d'une varistance tracée à l'échelle log-log

Le comportement électrique d'une MOV peut être compris en se référant à la caractéristique V - I de la Figure 5 et aux composants du circuit équivalent de la Figure 6, comme suit:

- 1) région de fuite: Lorsque la tension aux bornes de la MOV est inférieure à sa tension de varistance (V_V), la résistance variable R_x approche un état ohmique élevé et peut être négligée; la résistance parallèle R_{off} est donc le composant qui prévaut. Dans l'exemple de la Figure 6, R_{off} a une valeur tellement élevée que la MOV se trouve essentiellement dans un état proche du circuit ouvert;
- 2) région de fonctionnement normal de la varistance: La résistance variable R_x devient si faible qu'elle est nettement inférieure à la résistance de fuite linéaire R_{off} , de sorte que R_{off} est ignorée, mais R_x reste supérieure à R_{on} . La résistance variable R_x prend des valeurs continuellement décroissantes, selon la loi de puissance qui relie le courant et la tension. Dans cette région, le courant augmente de plusieurs ordres de grandeur tandis que V_V reste plutôt constante;
- 3) région de renversement: À des courants élevés, la résistance-série R_{on} devient une part importante de la résistance totale du dispositif, ce qui provoque un renversement avec la valeur de R_{on} comme asymptote. La MOV se trouve essentiellement dans un état de circuit ouvert dans cette région.

Les valeurs paramétriques indiquées sur la Figure 5 et la Figure 6 sont données à titre d'exemples uniquement.



IEC

Figure 6 – Modèle de circuit équivalent de MOV

En conditions de fonctionnement en courant continu ou de signalisation ainsi qu'en conditions de surtension, les composantes réactives (L et C) de la Figure 6 peuvent avoir une influence significative sur le comportement de la MOV. La capacité parallèle C peut faire circuler un courant qui peut être supérieur au courant de maintien continu. L'inductance en série L issue des conducteurs peut augmenter la tension qui apparaît aux bornes des composants lorsqu'elle fait circuler des courants de choc à fronts d'onde raides. Cette chute de tension inductive peut apparaître comme un dépassement sur la forme d'onde de la tension et se traduire par un retard dans la réponse de la MOV.

La température ambiante, et/ou l'échauffement qui se produit dans la MOV du fait des conditions de fonctionnement ou d'une tension de choc, a peu d'effet sur la tension de blocage. Cependant, le courant de maintien augmente à mesure que la température augmente. Par conséquent, si les conditions entraînent des températures qui peuvent dépasser la valeur assignée du composant, la conception thermique doit être prise en compte dans l'application.

6.2 Protection thermique des MOV

La protection thermique peut être efficace lorsque le courant qui traverse une MOV peut être si faible qu'il n'entraîne pas le déclenchement de la protection contre les surintensités, et lorsque les courants peuvent être assez élevés pour que la MOV atteigne des températures extrêmement hautes, suffisantes pour provoquer une surchauffe extrême. Les exemples suivants décrivent la manière dont des moyens de protection thermique peuvent être appliqués pour déconnecter la MOV:

- 1) si une surtension à fréquence industrielle se produit, la puissance de maintien dissipée en courant alternatif augmente. Cela peut provoquer l'échauffement d'une MOV;
- 2) si une MOV est exposée à des contraintes qui dépassent sa valeur assignée, elle peut faire l'objet d'un mode de défaillance dégradation. En cas de dégradation sévère d'une MOV, la puissance de maintien dissipée peut augmenter suffisamment pour provoquer un échauffement;
- 3) si l'impédance de la source de puissance est relativement haute et si le courant de défaut disponible est trop faible pour déclencher un moyen de protection contre les surintensités, une MOV défaillante en mode court-circuit peut provoquer un échauffement.

Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour évaluer l'effet des transitoires de choc sur les caractéristiques de fonctionnement des protections thermiques.

6.3 Modes de défaillance

6.3.1 Généralités

Le cas où des surtensions à fréquence industrielle ou des valeurs extrêmes de tension de choc peuvent se produire, dépassant les prédictions des statistiques établies à partir de données en quantité limitée, et où une énergie excessive peut être dissipée dans la MOV doit être étudié. Comme tout autre composant soumis de cette manière à des contraintes excessives, une MOV est sujette aux défaillances. Le mode de défaillance dépend du type et du degré de contrainte. Les modes de défaillance traités dans le présent paragraphe sont le court-circuit, la dégradation, et le circuit ouvert avec haute tension de blocage.

L'utilisation de l'expression "mode de défaillance en sécurité" pour décrire un mode de défaillance d'une MOV est déconseillée, car les conséquences d'une défaillance, si elles ne sont pas atténuées, peuvent présenter un danger pour l'équipement ou le personnel. Certains utilisateurs peuvent considérer que la condition la plus souhaitable de défaillance d'une MOV est une faible résistance, où la fonction de protection est maintenue. D'autres peuvent privilégier une défaillance en condition de résistance élevée, de sorte que la MOV défaillante ne provoque pas un court-circuit. Dans la mesure où l'expression "mode de défaillance en sécurité" a une signification opposée pour différents utilisateurs, la pratique recommandée consiste à décrire la défaillance de la MOV uniquement par les termes indiqués au 6.3.2, au 6.3.3 et au 6.3.4.

La circulation d'un courant élevé dans une MOV défaillante peut faire fondre les connexions soudées ou briser le composant. Ces modes de défaillance ultimes n'étant généralement pas souhaitables, la pratique courante consiste à fournir un moyen de protection thermique et/ou un moyen de protection contre les surintensités, afin de déconnecter la MOV et d'éliminer le défaut du circuit.

6.3.2 Mode de défaillance court-circuit

Dans ce mode de défaillance, une MOV peut présenter un endommagement mécanique dû à une surchauffe par un courant électrique. L'élément de la MOV peut présenter un trou débouchant entre les électrodes, et une partie du matériau d'oxyde de zinc peut avoir été réduit sous forme métallique. En dehors de la région endommagée, la MOV peut présenter des caractéristiques $V-I$ normales. Ainsi, en ce qui concerne le circuit électrique équivalent de la Figure 6, le composant de résistance parallèle R_{off} a une valeur significativement plus faible dans les MOV défaillantes. Lorsque la MOV défaillante est mesurée à l'extérieur de son circuit et à température ambiante, l'exposant variable est compris entre 1 et 2. Des valeurs types peuvent être de l'ordre de 10 Ω ou plus. La valeur peut être inférieure lorsque la température est plus élevée au moment de la défaillance.

6.3.3 Mode de défaillance dégradation

Les contraintes de surtensions qui n'entraînent pas de défaillance fonctionnelle peuvent néanmoins provoquer une variation observable des caractéristiques $V-I$. Dans le mode de défaillance dégradation, une MOV présente une valeur V_V inférieure à 90 % de la valeur initiale.

Une dégradation de V_V est susceptible d'être associée à une augmentation du courant de maintien continu et de la puissance de maintien dissipée en courant alternatif de la MOV. Une dégradation continue peut entraîner une surchauffe et une défaillance prématurée. Pour référence, les variations de V_V lors de l'évaluation de la durabilité de la MOV en conditions de polarisation en courant continu sont décrites à l'Annexe B. Par conséquent, les utilisateurs veillent à ne pas choisir des MOV avec des valeurs assignées de tension inappropriées.

La dégradation peut s'expliquer comme la conséquence d'une réduction de la valeur de la résistance parallèle R_{off} dans le circuit équivalent de la Figure 6. Il est important de noter qu'une telle variation n'a d'influence que sur l'extrémité à faible courant des caractéristiques $V-I$, et que la MOV continue d'assurer sa fonction de protection contre les surtensions.

Le résultat de l'évaluation de ce mode de défaillance est sensible à la densité de courant à laquelle l'essai est effectué. En particulier, si le courant choisi est trop faible, des MOV aptes à l'emploi peuvent être inutilement rejetées. En général, un courant d'essai de 1 mA est appliqué à toutes les MOV, quelle que soit leur taille. Cependant, il convient d'établir une valeur plus idéale en s'appuyant sur la densité de courant plutôt que sur le courant. Il convient de noter que la valeur V_V peut augmenter, sans que cela implique que la tension de blocage ait augmenté en corrélation. Il convient plutôt de mesurer la tension de blocage indépendamment.

6.3.4 Mode de défaillance circuit ouvert avec haute tension de blocage

Les caractéristiques $V-I$ des MOV utilisées dans les applications avec alimentation secteur en courant alternatif sont en général très stable dans la région de fonctionnement de la protection. Cependant, si les électrodes, les conducteurs, la soudure ou d'autres connexions sont endommagés, ou si la MOV est brisée, la MOV peut passer en circuit ouvert en raison d'une augmentation de la valeur effective de la résistance-série R_{on} dans le circuit équivalent de la Figure 6. Un endommagement mécanique externe est évident dans ce mode de défaillance de manière pratiquement invariable, et une condition de tension en circuit ouvert peut être identifiée en position par examen visuel. La définition recommandée de la défaillance est: 1) la tension de blocage dépasse 120 % de la valeur initiale, ou 2) condition de tension en circuit ouvert.

7 Application

7.1 Application de base des MOV

7.1.1 Circuit d'application

L'application de MOV pour limiter la tension aux bornes des équipements électroniques et électriques exige de choisir une MOV avec des caractéristiques appropriées, puis d'installer de manière adéquate la MOV dans le circuit électrique. Par ailleurs, les caractéristiques assignées des composants électriques situés en aval de la MOV doivent être cohérentes avec la tension de blocage fournie par la MOV. En général, une MOV de tension de blocage appropriée est choisie en fonction des limites de tension acceptables des composants en aval.

Les configurations électriques des applications les plus courantes dans les réseaux en courant alternatif à basse tension sont représentées sur la Figure 7. Si une seule MOV est employée, la connexion habituelle est la connexion phase-neutre (voir (1) sur la Figure 7) afin de limiter les surtensions dans ce mode. Des surtensions peuvent également se produire entre neutre et terre (voir (3) sur la Figure 7) et entre phase et terre (voir (2) sur la Figure 7), de façon conjointe ou indépendante. Dans certaines applications, des MOV peuvent être installées entre les trois conducteurs, comme cela est représenté sur la figure ci-dessous. Il convient d'ajouter des moyens de protection contre les surintensités et/ou des moyens de protection thermique, selon le cas.

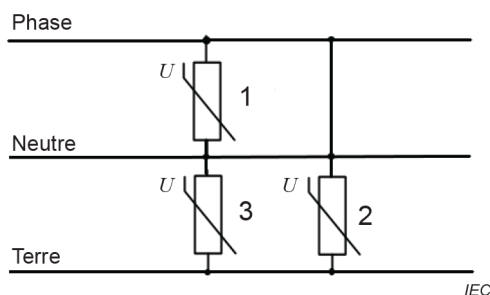


Figure 7 – Connexion possible des MOV (simplifiée)

NOTE Les moyens de protection contre les surintensités et/ou les moyens de protection thermique qui ne sont pas représentés sur les figures peuvent être utilisés.

Des exemples de spécifications de MOV et de leur circuit dans des applications particulières sont donnés à l'Annexe C, à l'Annexe D et à l'Annexe E.

7.1.2 Compatibilité opérationnelle

Des MOV peuvent être connectées entre le conducteur de phase en courant alternatif non mis à la terre et le conducteur de mise à la terre, le chemin de mise à la terre ou des parties métalliques mises à la terre. L'objectif est de protéger l'isolation contre les dommages liés aux surtensions ou d'empêcher un contournement au travers des distances d'isolement. Cependant, des questions de sécurité relatives aux chemins de fuite à travers la MOV doivent être prises en compte pour l'application particulière. L'une de ces questions concerne le courant de maintien.

Du fait de la capacité associée aux barrières semiconductrices internes d'une MOV, ainsi que de sa résistance interne, une MOV contribue au courant de maintien décrit ci-dessus. Dans les circuits à courant continu, la partie résistive contribue au courant de maintien. Dans les circuits à courant alternatif, la capacité et la résistance internes contribuent toutes deux. Le courant de maintien varie en fonction de la température, et est également lié à la taille et à la capacité de tenue en énergie de la MOV.

Le courant de maintien qui traverse les MOV ainsi que les autres courants de maintien présents dans le système peuvent augmenter le risque de choc électrique, ou le risque de dommages corporels lié aux niveaux d'intensité du courant électrique, selon les niveaux de courant de maintien et d'autres conditions relatives à l'application de MOV particulière.

L'IEC 61643-331 décrit les procédures d'essai pour mesurer le courant de maintien qui traverse la MOV.

7.1.3 Limitation de tension

La tension de blocage prévue des MOV peut être déterminée en établissant un graphique $V-I$ similaire à la Figure 1. Les lignes de charge peuvent être tracées pour représenter toutes les combinaisons de sorties possibles d'un générateur de surtension d'essai dans les conditions de cet exemple, à savoir tension de 6 kV en circuit ouvert, et courants de court-circuit de 0,5 kA et 3 kA. Les courbes de tension de blocage maximale des MOV peuvent être obtenues dans les spécifications du fabricant. Les intersections des lignes de charge et des courbes de blocage représentent les prédictions des points de fonctionnement de crête pour chaque combinaison de condition d'essai et de taille de MOV. Il convient de vérifier les valeurs prédites par des essais.

Au même courant spécifié et à la même valeur assignée de tension, les MOV de diamètre supérieur limitent généralement la tension à des valeurs inférieures à celles de plus petit diamètre. Il convient que l'utilisateur choisisse la taille qui correspond le mieux à l'espace et aux objectifs de performance de l'application.

7.1.4 Choix des MOV

7.1.4.1 Généralités

Les MOV sont choisies selon un éventail de critères de performance tels que la tension d'alimentation maximale du système, la valeur assignée du courant de choc, la température de fonctionnement et la tension de blocage. L'Annexe F décrit les caractéristiques des MOV définies par différentes normes.

Pour la plupart des applications, le choix s'effectue en six étapes:

- a) 7.1.4.2: Déterminer la tension continue maximale exigée de la MOV;
- b) 7.1.4.3: Déterminer le courant transitoire de crête pour l'application;
- c) 7.1.4.4: Choisir une taille de MOV qui fournit la tension de blocage exigée pour l'application;
- d) 7.1.4.5: Évaluer la valeur assignée de l'énergie de la MOV – si nécessaire;
- e) 7.1.4.6: Déterminer la puissance dissipée – si nécessaire;
- f) 7.1.4.7: Déterminer si un déconnecteur thermique est exigé pour l'application

Le choix d'une MOV pour une application particulière exige la mise en balance de plusieurs facteurs décisifs. Choisir une MOV avec une valeur V_V trop élevée peut entraîner une tension de blocage susceptible d'endommager l'équipement en aval. Choisir une MOV avec une valeur V_V trop faible peut entraîner une augmentation du niveau de puissance dissipée, qui provoque une augmentation du courant de maintien et réduit la durée de vie de la MOV. Il convient de prendre aussi en compte la tolérance sur la tension du réseau d'alimentation et les conditions de surtension.

Il convient que l'utilisateur veille à ne pas choisir une MOV dont la tension de blocage est si faible qu'elle devienne excessivement conductrice dans des conditions de courant alternatif ou continu élevé sur une ligne électrique. Cela peut alors interférer avec le fonctionnement normal de l'équipement protégé, provoquer une surchauffe de la MOV et réduire sa durée de vie du fait du fonctionnement prolongé au-dessus de sa valeur assignée.

De manière générale, les MOV équipées d'une protection thermique sont utilisées pour les applications dans lesquelles des conditions de surtension temporaire (TOV) peuvent exister, et il convient de prendre également en compte les performances de ces MOV protégées thermiquement.

Outre ce qui précède, le 7.1.4.2, le 7.1.4.3, le 7.1.4.4, le 7.1.4.5, le 7.1.4.6 et le 7.1.4.7 fournissent des lignes directrices générales et des exemples; ce sont toutefois des lignes directrices générales.

Il convient de choisir chaque MOV selon son application particulière et les recommandations du fabricant. L'Annexe G et l'Annexe H contiennent des diagrammes de choix de MOV pour un équipement et pour un SPD, respectivement.

7.1.4.2 Déterminer la tension maximale de régime permanent exigée de la MOV

Le premier paramètre à étudier lors du choix d'une MOV appropriée est sa tension continue maximale V_M (qui peut aussi être appelée U_C ou MCOV). Ce paramètre repose en grande partie sur la tension d'alimentation du système dans lequel la MOV est utilisée. Afin de s'assurer que la MOV ne se trouve pas dans la région de fonctionnement normal de la varistance (voir la Figure 5) lors de fluctuations normales de la tension, la MOV choisie doit avoir une tension continue maximale supérieure à la tension d'alimentation normale du système. En général, une valeur V_M de 20 % supérieure à la tension d'alimentation normale du système constitue une approche de conception raisonnable. Toutefois, d'autres exigences de tension issues des normes industrielles et de sécurité peuvent imposer une valeur V_M plus élevée.

Les normes de sécurité peuvent imposer la tension continue exigée des MOV connectées aux bornes de l'alimentation en courant alternatif. Par exemple, l'IEC 62368-1:2018, G.8.1 exige que la MOV ait une valeur V_M au moins égale à 1,25 fois (125 %) la tension assignée de l'équipement. Par exemple, pour le choix de la MOV pour un équipement destiné à être connecté sur un réseau TT (réseau électrique à neutre mis à la terre, où le neutre est mis à la terre au niveau de la source et où la mise à la terre de protection de l'équipement électrique est locale au niveau de l'équipement) de 220 V en courant alternatif, les normes de sécurité exigent une MOV de valeur assignée au moins égale à 230 V en courant alternatif $\times 125 \% = 287,5$ V en courant alternatif. Lorsque l'équipement dispose d'une plage de tensions en courant alternatif, la valeur V_M doit être au moins égale à 1,25 fois la tension supérieure de la plage assignée de tensions. Par exemple, si l'équipement porte le marquage d'une plage de tension comprise entre 90 V et 250 V en courant alternatif, la tension continue maximale est de 250 V en courant alternatif $\times 125 \% \approx 313$ V en courant alternatif.

Un point important à relever pour les équipements IT conçus conformément à l'IEC 62368-1 est que la tension continue maximale est fondée sur l'étiquette de tension de l'équipement. Par exemple, étudier la différence de V_M entre un équipement qui porte le marquage 120 V/230 V et un équipement qui porte le marquage d'une plage de tensions comprise entre 100 V et 240 V. Pour le matériel qui porte les tensions de fonctionnement en courant alternatif 120 V/230 V, V_M est égale à 230 V en courant alternatif $\times 125 \% \approx 288$ V en courant alternatif. Pour le matériel qui porte la plage de tensions de 100 V à 240 V en courant alternatif, V_M est égale à 240 V en courant alternatif $\times 125 \% \approx 300$ V en courant alternatif. Ainsi, il est important de savoir comment la tension de service de l'équipement est exprimée. Cela est d'autant plus compliqué si la plage de tensions indiquée comprend les fluctuations de tension habituelles de 10 %. Par exemple, si l'équipement IT indique 90 V en courant alternatif à 264 V en courant alternatif, alors la valeur V_M doit être fondée sur 125 % de la tension de 264 V en courant alternatif.

7.1.4.3 Déterminer le courant transitoire de crête pour l'application

Pour les équipements alimentés directement par le réseau d'alimentation en courant alternatif, l'IEC 60664-1 classe les tensions transitoires de la manière décrite à la Figure 8:

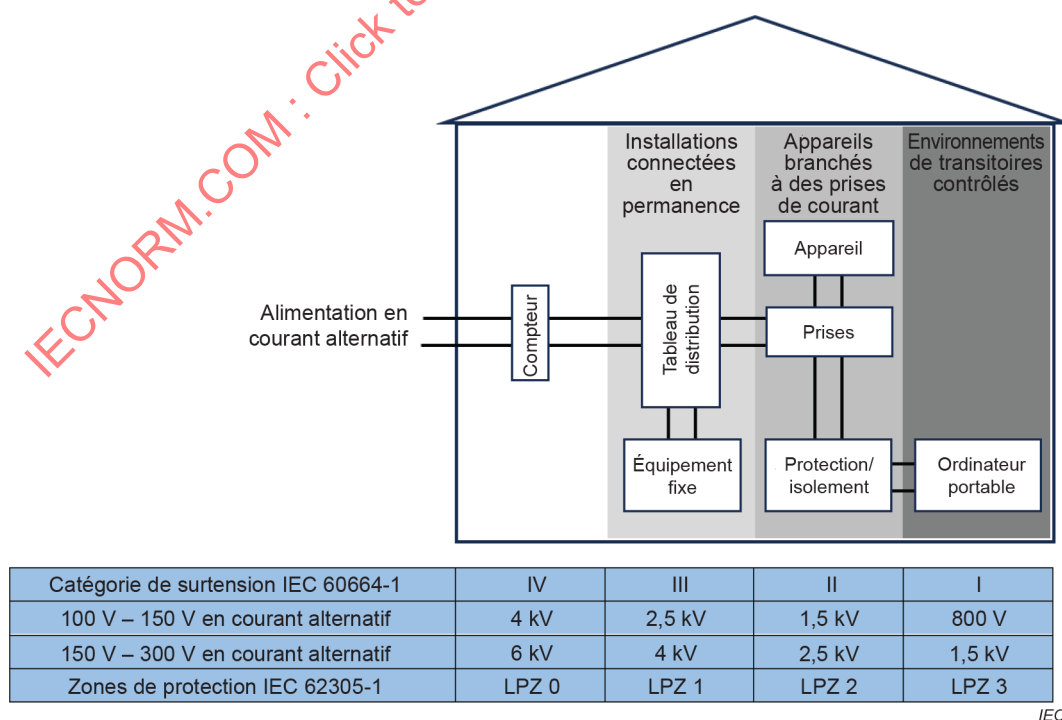


Figure 8 – Catégories de surtensions

- la catégorie de surtension IV est destinée à être utilisée à l'origine de l'installation. Pour le réseau en courant alternatif $> 150 \text{ V}$ et $\leq 300 \text{ V}$, la tension de tenue aux chocs 1,2/50 exigée est de 6 kV;

NOTE 1 Les compteurs d'électricité, les moyens de protection contre les surintensités primaires et les unités de lissage de charge sont des exemples de tels équipements.

- la catégorie de surtension III correspond aux équipements dans les installations fixes et aux cas où la fiabilité et la disponibilité de l'équipement sont soumises à des exigences particulières. Pour le réseau en courant alternatif $> 150 \text{ V}$ et $\leq 300 \text{ V}$, la tension de tenue aux chocs 1,2/50 exigée est de 4 kV;

NOTE 2 Les interrupteurs dans les installations fixes et les équipements à usage industriel connectés en permanence à l'installation fixe sont des exemples de tels équipements.

- la catégorie de surtension II correspond aux équipements énergivores qui doivent être alimentés par l'installation fixe. Si un tel équipement est soumis à des exigences particulières en ce qui concerne la fiabilité et la disponibilité, la catégorie de surtension III s'applique. Pour le réseau en courant alternatif $> 150 \text{ V}$ et $\leq 300 \text{ V}$, la tension de tenue aux chocs 1,2/50 exigée est de 2,5 kV;

NOTE 3 Les appareils, les outils portables et autres charges domestiques et analogues sont des exemples de tels équipements.

- la catégorie de surtension I correspond aux équipements sans connexion directe à un réseau d'alimentation. Pour le réseau en courant alternatif $> 150 \text{ V}$ et $\leq 300 \text{ V}$, la tension de tenue aux chocs 1,2/50 exigée est de 1,5 kV;

NOTE 4 À moins que les circuits soient conçus pour prendre en compte les surtensions temporaires, les équipements de la catégorie de surtension I ne peuvent pas être directement connectés au réseau d'alimentation.

L'IEC 61051-2/AMD1 transforme ces tensions de catégorie en courants en spécifiant un générateur d'essai 1,2/50 à 8/20 réglé sur la tension de la catégorie avec une impédance fictive de 2Ω . Ainsi, pour le réseau en courant alternatif $> 150 \text{ V}$ et $\leq 300 \text{ V}$:

- la catégorie de surtension IV correspond à 8/20 à 3 kA;
- la catégorie de surtension III correspond à 8/20 à 2 kA;
- la catégorie de surtension II correspond à 8/20 à 1,25 kA; et
- la catégorie de surtension I correspond à 8/20 à 750 A.

En cas d'essais avec un générateur 1,2/50 à 8/20, la tension de blocage de la MOV réduit le courant de crête. Pour une MOV utilisée dans un réseau en courant alternatif $> 150 \text{ V}$ et $\leq 300 \text{ V}$, les courants de crête du générateur sont les suivants:

- la catégorie de surtension IV correspond à 8/20 à 2,5 kA;
- la catégorie de surtension III correspond à 8/20 à 1,5 kA;
- la catégorie de surtension II correspond à 8/20 à 1 kA; et
- la catégorie de surtension I correspond à 8/20 à 500 A.

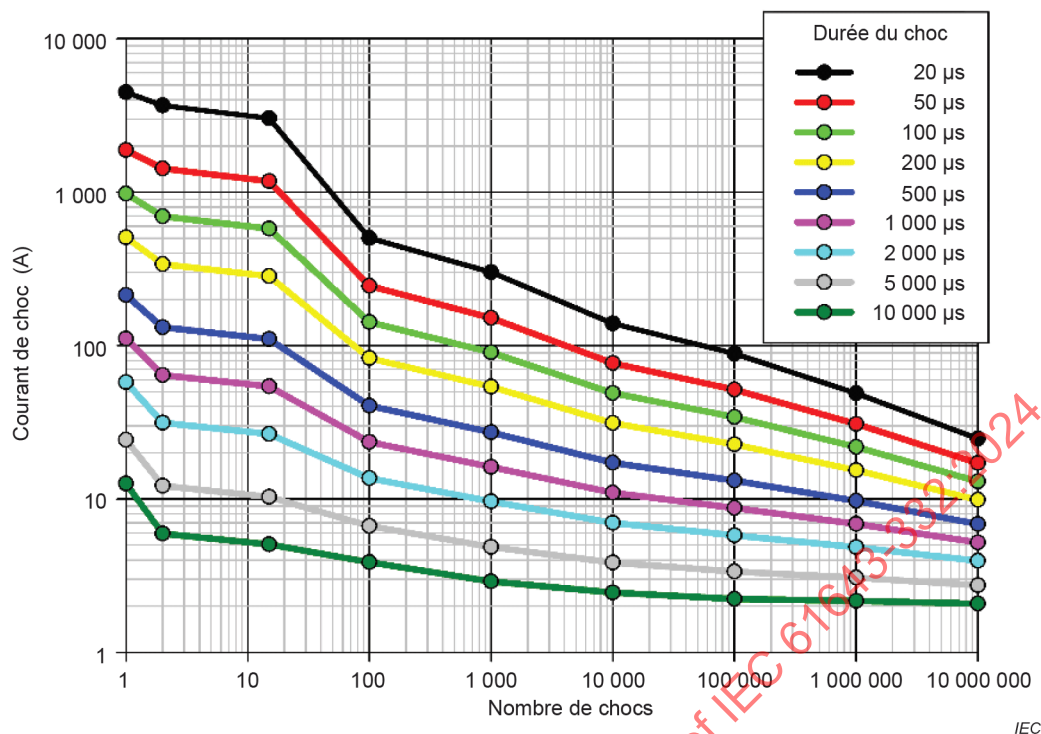


Figure 9 – Exemple de données d'essai du courant de choc en fonction des répétitions pour des MOV de 14 mm

Un transitoire de catégorie n'est pas un événement unique, mais peut se produire à de nombreuses reprises pendant la durée de vie de l'équipement. Les graphiques de chocs répétitifs donnés comme exemple sur la Figure 9 utilisent des chocs de courant de forme rectangulaire. En raison de la durée du front relativement lent du choc de courant 8/20, ses effets sont similaires à un choc de courant rectangulaire de 20 µs. Pour un même courant de crête, les chocs, qui présentent une différence plus significative entre la durée du front et la durée jusqu'à mi-valeur, présentent des valeurs de charge et d'énergie nettement supérieures à celles d'un choc de même durée que la mi-valeur.

La représentation graphique du courant de choc en fonction des répétitions est essentielle pour confirmer que la MOV choisie peut supporter le nombre de chocs prévu pendant sa durée de vie.

Par exemple, prendre pour hypothèse une MOV utilisée dans un équipement connecté au réseau d'alimentation en courant alternatif avec une catégorie de surtension II dans un système dont la tension d'alimentation est de 230 V. L'IEC 60664-1 exige une valeur assignée de tenue aux chocs 1,2/50 de 2,5 kV (pour une tension > 150 V en courant alternatif à ≤ 300 V en courant alternatif) et l'IEC 61051-2/AMD1 établit que la MOV doit supporter un choc combiné 1,2/50 à 8/20 de 2,5 kV/1,25 kA pour les tensions ≤ 300 V en courant alternatif. Comme la durée du choc de courant est de 20 µs (d'après le choc de courant 8/20) et que le courant de choc est de 1,25 kA, la Figure 9 indique que la MOV supporte environ 7 à 8 chocs. Si l'équipement doit supporter plus de chocs, une MOV différente (en général de plus grande taille) doit être utilisée.

7.1.4.4 Choisir une taille de MOV qui fournit la tension de blocage exigée pour l'application

Après avoir déterminé la valeur assignée continue maximale et le courant de crête 8/20 exigé, le concepteur peut maintenant déterminer la taille de la MOV afin de déterminer la tension de blocage de la MOV. S'il existe une exigence de tension de blocage maximale absolue (par exemple, les composants en aval tels qu'un transformateur, un condensateur, etc. ont une valeur maximale assignée de tenue à la tension), alors augmenter la taille de la MOV réduit la tension de crête à un courant donné. La Figure 10 montre une réduction de tension d'environ 10 % pour chaque augmentation de taille.

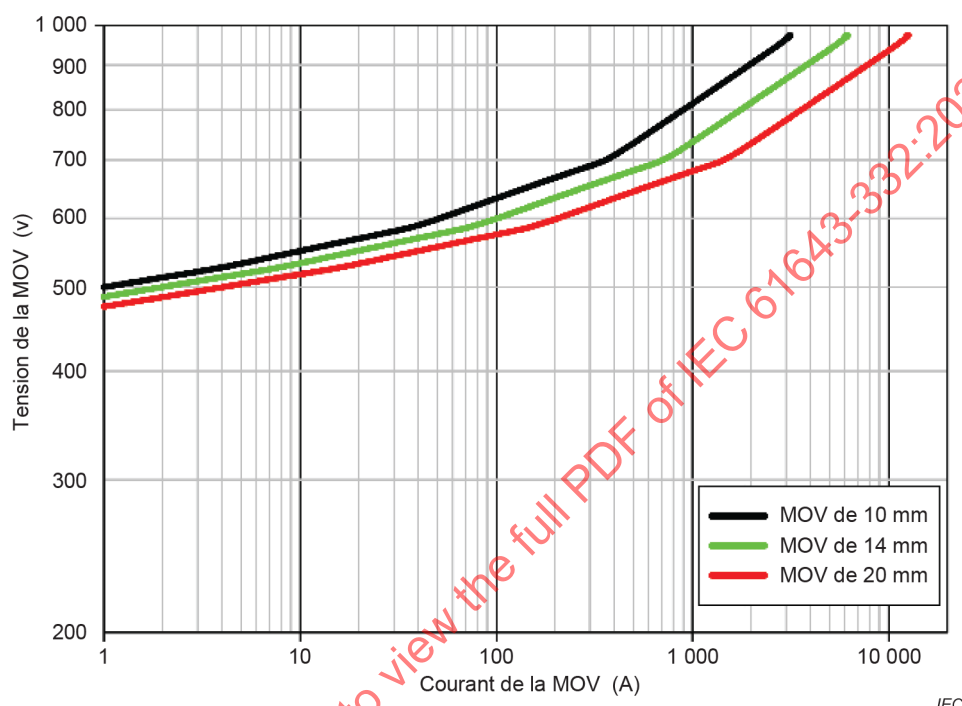


Figure 10 – Exemple de caractéristiques tension-courant pour des MOV de 10 mm, 14 mm et 20 mm

En général, la taille de MOV déterminée à partir de la MCOV et du courant de crête 8/20 exigé est suffisante.

Par exemple, si les composants en aval ne peuvent pas dépasser 700 V et que le choc de courant maximal est de 1,25 kA (selon le 7.1.4.3), cela donne une tension de blocage d'environ 680 V à 690 V pour la MOV de 20 mm, tandis que les MOV de 10 mm et 14 mm donnent respectivement une tension de blocage approximative de 750 V et de 850 V. Les MOV de 10 mm et 14 mm ne sont pas adaptées à l'application dans la mesure où la tension résiduelle est trop élevée pour les composants en aval.

7.1.4.5 Évaluer la valeur assignée de l'énergie de la MOV

Dans la plupart des applications, le 7.1.4.2, le 7.1.4.3 et le 7.1.4.4 suffisent pour choisir la MOV. En outre, l'énergie assignée de la MOV peut être utilisée pour déterminer sa pertinence. Cela est réalisé en comparant l'énergie assignée de la MOV à l'énergie du choc dans l'application finale. Dans l'IEC 61051-1, E_M est la valeur d'énergie assignée de la MOV et correspond à l'énergie de choc maximale que la varistance est capable de supporter une fois lorsqu'elle est exposée à un choc de courant 10/1 000 ou à un choc d'onde rectangulaire de 2 ms à une température ambiante de 25 °C. La valeur d'énergie du choc doit être inférieure ou égale à la valeur d'énergie assignée de la MOV.

Pour déterminer l'énergie approximative absorbée par la MOV, la forme du choc, le courant de choc et la tension de blocage sont utilisés comme suit:

$$E = \int_0^T V_C c(t) \times i(t) \times \Delta t \approx K \times V_C \times I \times \tau$$

E = valeur assignée de l'énergie de la MOV, (J) V_c = tension de blocage résultante

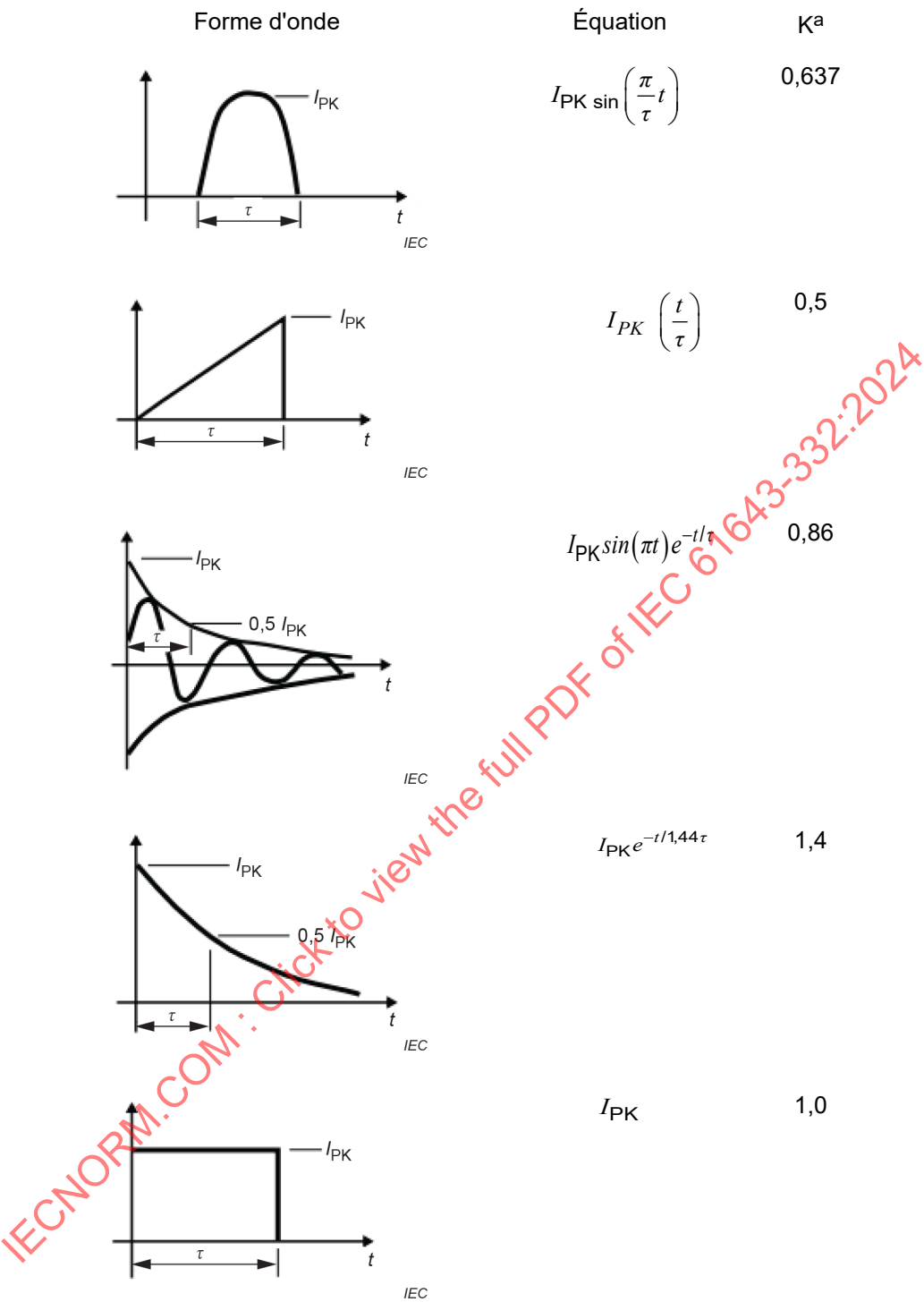
I = courant de crête

K = constante fondée sur la forme d'onde

τ = durée du choc

La valeur K et la largeur d'impulsion correspondent uniquement à la forme d'onde du courant, en prenant pour hypothèse que la forme d'onde de la tension de varistance est pratiquement constante durant le choc de courant. La valeur K est obtenue pour différentes formes d'ondes représentées sur la Figure 11, et les formes d'ondes complexes sont divisées en segments puis additionnées.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-332:2024



^a Pour une valeur alpha comprise entre 25 et 40

Figure 11 – Valeur K pour différentes formes d'ondes

Prendre pour hypothèse que le choc présente une forme d'onde exponentielle 5/50 de 100 A, comme cela est représenté sur la Figure 12. La forme d'onde est alors divisée en deux parties: (1) de 0 µs à 5 µs et (2) de 5 µs à 50 µs.

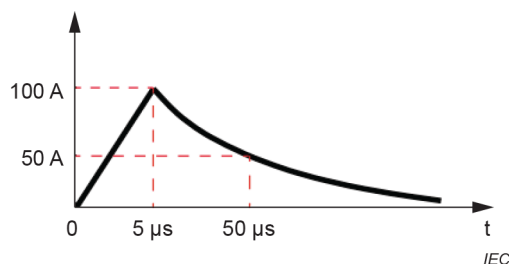


Figure 12 – Exemple de forme d'onde exponentielle 5/50

Cela donne l'équation suivante pour l'énergie globale de la forme d'onde 5/50:

$$E_{\text{Total}} = E_{0-5 \mu\text{S}} + E_{5-50 \mu\text{S}}$$

$$E_{0-5 \mu\text{S}} = K V_c I T = 0,5 \times V_c \times 100 \text{ A} \times 5 \mu\text{S}$$

$$E_{5-50 \mu\text{S}} = K V_c I T = 1,4 \times V_c \times 50 \text{ A} \times 45 \mu\text{S}$$

La valeur assignée de l'énergie est le résultat de la capacité de courant de choc de la MOV et de la tension de blocage. La ligne noire qui représente l'énergie d'un seul choc à la Figure 13 est relativement constante, sur une large plage de largeurs d'impulsion, et est proche de la valeur d'énergie assignée de 2 ms de la fiche technique. Le graphique de la Figure 13 n'est généralement pas disponible dans la fiche technique du fabricant et est donné ici à titre d'information.

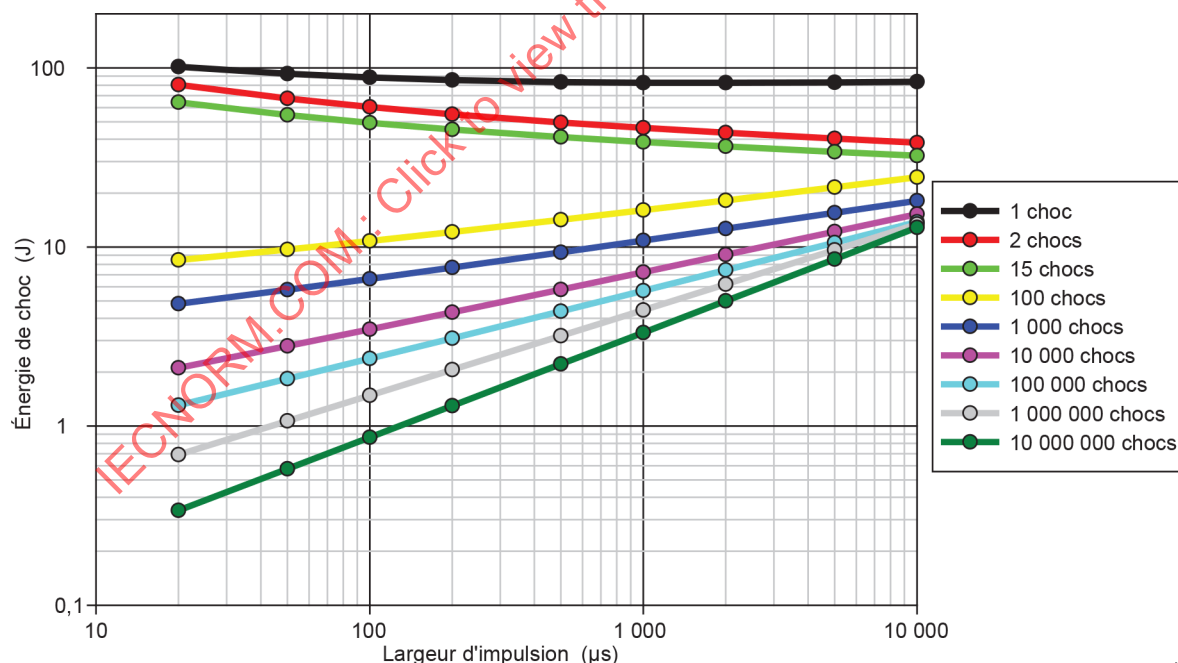


Figure 13 – Énergie de choc de la MOV en fonction de la largeur d'impulsion pour différentes répétitions de chocs

7.1.4.6 Exigences relatives à la puissance dissipée et à l'énergie et paramètres

7.1.4.6.1 Exigences relatives aux chocs

Le type de choc (unique ou répétitif) et sa durée ont une incidence sur la capacité de la MOV à dissiper la puissance.

Pour les chocs uniques, il convient que les événements à court terme soient couverts par la capacité thermique de la MOV, qui est liée à la valeur assignée de l'énergie de la MOV en Joules. Cependant, la valeur assignée de l'énergie mentionnée correspond à un choc unique et doit être déclassée en cas d'événements répétitifs.

Par exemple, avec un refroidissement entre les événements, la valeur assignée de l'énergie de l'événement pour 10 répétitions est d'environ 30 % de la valeur assignée de l'événement unique. Selon le document CIGRÉ 549 (Lightning Parameters for Engineering Applications), il convient de considérer les coups de foudre constitués de plusieurs chocs et les courants persistants comme un événement unique par rapport à l'énergie totale des parties constitutives (plusieurs événements répétés).

Les chocs répétitifs, avec un refroidissement entre les chocs, présentent une valeur assignée du courant qui décroît à mesure que le nombre de répétitions augmente. Comme le courant assigné décroît, la tension de blocage décroît également. L'augmentation de la durée du choc entraîne également une diminution de la valeur assignée du courant.

7.1.4.6.2 Exigences relatives aux surtensions temporaires

Une surchauffe due à un mauvais choix de MOV, une dégradation de la MOV ou un événement de TOV peut engendrer un risque d'incendie lorsque la MOV est directement connectée aux bornes d'une source d'alimentation. Une condition de TOV est le résultat d'un défaut dans le réseau de distribution qui provoque une augmentation de tension d'alimentation au-dessus de la plage nominale de tensions d'alimentation. L'Article 442 de l'IEC 60364-4-44:2007 répertorie les valeurs assignées de TOV phase-neutre, phase-terre et neutre-terre selon les réseaux de distribution TN, TT et IT. L'Annexe I de l'IEC 61643-11:2011, Valeurs assignées de TOV, ajoute des exigences d'essai de TOV pour l'Amérique du Nord et le Japon. En raison du nombre de variables impliquées, il n'existe pas d'ensemble harmonisé d'essais de TOV. Les tensions TOV les plus défavorables pour 230 V en courant alternatif sont: près de 1 500 V en courant alternatif pendant 0,2 s, près de 400 V en courant alternatif pendant 5 s et pendant 120 min.

La connexion d'un GDT, avec un amorçage en courant continu supérieur à la tension de crête de la source d'alimentation, en série avec la MOV empêche toute dissipation de puissance continue dans la MOV. Pour la protection phase-terre et neutre-terre, l'IEC 62368-1 exige la connexion d'un GDT à haute tension en série avec la MOV dans les équipements IT, ce qui permet d'éviter la nécessité des essais de TOV de l'IEC 61643-11. La connexion de deux MOV en série entre phase et neutre est une solution possible pour l'essai de défaut unique de l'IEC 62368-1. Les SPD conformes à l'IEC 61643-11 spécifient des déconnecteurs internes ou externes pour mettre en circuit ouvert la connexion à un SPD défaillant lorsque des courants trop élevés circulent.

7.1.4.6.3 Paramètres

Dans des applications particulières où la durée entre les chocs est un paramètre connu, la puissance de dissipation moyenne peut être utilisée pour déterminer la pertinence d'une MOV. La puissance réelle dissipée d'une MOV comprend la puissance dissipée de base P_0 (puissance dissipée à l'état de fonctionnement normal (région de fuite de la Figure 5)) due à la tension de fonctionnement et, éventuellement, la valeur moyenne de l'énergie absorbée périodiquement. Si les MOV sont choisies d'après la spécification du produit conformément aux tensions de fonctionnement maximales admissibles, P_0 est négligeable. L'énergie absorbée périodiquement produit une puissance de dissipation moyenne de:

$$P = \frac{E}{T}$$

E : énergie d'un choc unique (Joules)

T : durée entre deux chocs (secondes) si ce paramètre est connu dans l'application

En résolvant cette équation pour T , il est possible de calculer la durée minimale $\tau_{\min}$ qui doit s'écouler avant d'appliquer à nouveau l'énergie sans dépasser la puissance de dissipation moyenne assignée P_M (ce paramètre est généralement spécifié par le fabricant de la MOV).

$$\tau_{\min} = \frac{E}{P_M}$$

Dans la mesure où l'énergie d'un choc unique est influencée par la valeur maximale du courant de choc, il convient que le concepteur tienne compte du fait que la MOV ne peut pas supporter plusieurs chocs à des courants proches de sa capacité maximale. Par exemple, la Figure 9 indique que si une MOV subit un choc 8/20 de 4 000 A, elle ne peut pas supporter un autre choc 8/20 de 4 000 A, quelle que soit la durée entre ces deux chocs.

Il convient également de noter que les MOV ne doivent pas "fonctionner" en permanence à P_M . Elles ne sont pas adaptées pour une dissipation de puissance "statique", par exemple une stabilisation de tension ou des surtensions temporaires, car cela peut réduire la durée de vie des MOV.

Pour les événements à long terme de plusieurs dizaines de secondes, d'autres mesures doivent être prises pour protéger la MOV contre les dommages. Il convient soit de choisir les tensions de la MOV en conséquence soit de connecter un GDT à haute tension en série avec la MOV. Pour la protection phase-terre et neutre-terre, l'IEC 62368-1 exige la connexion d'un GDT à haute tension en série avec la MOV dans les équipements IT, ce qui élimine toutes les exigences de TOV.

7.1.4.7 MOV protégées thermiquement

Une MOV protégée thermiquement correspond à la connexion en série d'une MOV et d'une liaison à fonctionnement thermique/d'un coupe-circuit thermique (TCO), généralement alimentés comme un seul composant intégré, mais parfois comme des éléments séparés. Les performances de la protection sont normalement représentées sur un graphique du courant en fonction du temps de fonctionnement de la liaison thermique en série. Cette disposition est une fonction de mode circuit ouvert, où une MOV en fin de vie est déconnectée et passe en circuit ouvert. La déconnexion d'une MOV surchauffée se traduit par l'absence de protection de l'équipement. Pour cette raison, une fonction de mode court-circuit pour les SPD est en cours de développement. Ici, le SPD est mis en court-circuit, ce qui provoque l'ouverture du fusible local ou le déclenchement du disjoncteur de l'alimentation. Cette fonction est avantageuse pour assurer la continuité de la protection, mais pas pour la continuité de l'alimentation électrique exigée dans certaines applications essentielles. Une telle disposition de court-circuit existe déjà dans les tubes à décharge dans le gaz (GDT) de télécommunication pour protéger l'équipement en cas de défaut d'alimentation entre les lignes de distribution et de télécommunication.

Pour les SPD à courant alternatif, les 8.3.8.1 et 8.3.8.2 de l'IEC 61643-11:2011 exigent des essais de TOV. L'IEC 62368-1 spécifie, en utilisant cette même IEC 61643-11, des essais de TOV pour les composants de MOV de l'équipement qui sont connectés aux bornes de l'alimentation en courant alternatif. Les MOV protégées thermiquement peuvent être utilisées pour interrompre la circulation du courant en cas de surcharge de TOV, mais la liaison à fonctionnement thermique doit être capable de s'ouvrir sans danger à la tension TOV. Le G.8.2.2 de l'IEC 62368-1:2018, Essai de surcharge de varistance, qui applique le double de la tension d'alimentation en courant alternatif, est une option d'utilisation des MOV protégées thermiquement.

7.1.5 Atténuation des conséquences d'une défaillance

7.1.5.1 Généralités

Comme tout autre composant électronique, une MOV peut présenter une défaillance lorsqu'elle est soumise à une contrainte électrique excessive, généralement en mode court-circuit. Les conséquences d'une défaillance de court-circuit d'une MOV peuvent varier d'une violente rupture de l'ensemble à une surchauffe prolongée, en fonction de plusieurs variables, y compris l'enveloppe de la MOV dans le cadre de son application et le courant de défaut qui la parcourt après la défaillance. Ce dernier dépend de l'impédance de la source dans le circuit.

En général, il existe trois approches pour atténuer les conséquences d'une défaillance de court-circuit d'une MOV. La première implique l'utilisation de moyens de protection contre les surintensités qui répondent directement au courant. Les fusibles et les disjoncteurs réarmables constituent des exemples. La deuxième implique l'utilisation de moyens de protection thermique qui répondent à la chaleur produite à l'extérieur de la MOV elle-même. Les coupe-circuit thermiques à action unique (liaisons fusibles), les thermostats automatiques ou réarmables, les thermistances, etc. constituent des exemples. La troisième implique l'enveloppe de la MOV, de manière à contenir l'effet de surchauffe et/ou de rupture de la MOV.

En ce qui concerne la protection thermique et la protection contre les surintensités, il existe deux options de connexion électrique pour ces moyens, comme cela est représenté sur la Figure 14. Dans l'option (a), le moyen déconnecte à la fois la MOV et la charge de l'alimentation, de manière à ne pas exposer l'équipement protégé à davantage de chocs. Dans l'option (b), seule la MOV est déconnectée, et l'équipement reste alimenté et en mesure de fonctionner. Selon le type d'équipement et son utilisation, une option peut être privilégiée à l'autre. Par exemple, dans le cas de l'option (a), les exigences de courant de charge peuvent limiter la valeur assignée basse d'une protection contre les surintensités, tandis que le courant de charge n'est pas un facteur de la valeur assignée choisie pour la protection contre les surintensités dans l'option (b). D'autre part, dans tous cas de l'option (b), le moyen de protection (protection thermique ou protection contre les surintensités) doit être capable de supporter (c'est-à-dire de rester intact) les surtensions transitoires que la MOV est capable de dévier. Dans le cas contraire, le moyen peut alors fonctionner inutilement, en laissant l'équipement fonctionner sans protection. De plus, il convient de noter que la résistance et l'inductance du moyen de protection dans le circuit (b) s'ajoutent à la tension de blocage globale du circuit.

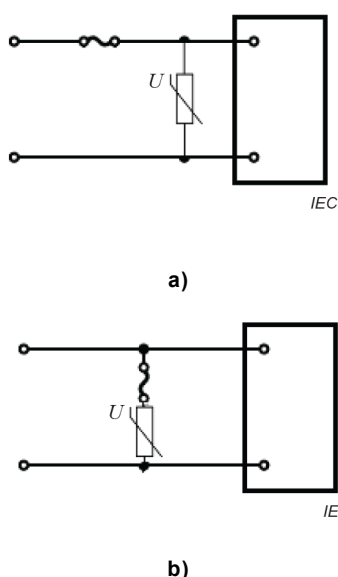


Figure 14 – Option de connexion de fusible à la MOV

D'après ce qui précède, il apparaît clairement qu'il n'est pas approprié de décrire l'option (a) ou l'option (b) comme nécessairement meilleure que l'autre. Si un indicateur de fonctionnement du moyen de protection thermique ou du moyen de protection contre les surintensités est souhaité, alors différentes approches sont possibles.

Le choix du courant de déclenchement assigné d'un moyen de protection contre les surintensités est restreint à une limite basse par des facteurs tels que les exigences de charge (si le moyen de protection contre les surintensités est en série avec la charge) et la nécessité pour le moyen de supporter (c'est-à-dire de ne pas ouvrir) en présence des courants transitoires attendus. Ces facteurs peuvent limiter l'utilité du moyen de protection contre les surintensités. Un moyen de protection thermique peut également être nécessaire.

7.1.5.2 Protection contre les surintensités

La protection contre les surintensités interrompt la circulation d'un courant excessif provoqué par le développement d'une faible impédance dans la MOV.

La protection contre les surintensités est plus efficace lorsque l'impédance de la source est relativement faible et que, par conséquent, le courant disponible dans la MOV, en cas de défaillance en mode court-circuit, est relativement élevé. Dans ce cas, la protection contre les surintensités présente l'avantage d'une réponse rapide en comparaison à la protection thermique, car le fonctionnement de cette dernière exige un temps de transfert de chaleur. Il convient de noter que les fusibles répondent en général plus rapidement que certains types de disjoncteurs, en particulier ceux du type à déclenchement thermique. Indépendamment du type, il convient que la protection contre les surintensités soit adaptée au courant de défaut disponible dans le circuit.

La valeur assignée de I^2t est habituellement utilisée pour décrire la réponse de la protection contre les surintensités. Ces valeurs assignées sont généralement fondées sur des événements temporels plus longs que les événements de surtensions transitoires (voir la Figure 15). Par exemple, la courbe de fusion d'un fusible à action instantanée de 3 A montre un courant de fusion de 46 A à 0,01 s, ce qui correspond à un I^2t de 21 A²s.

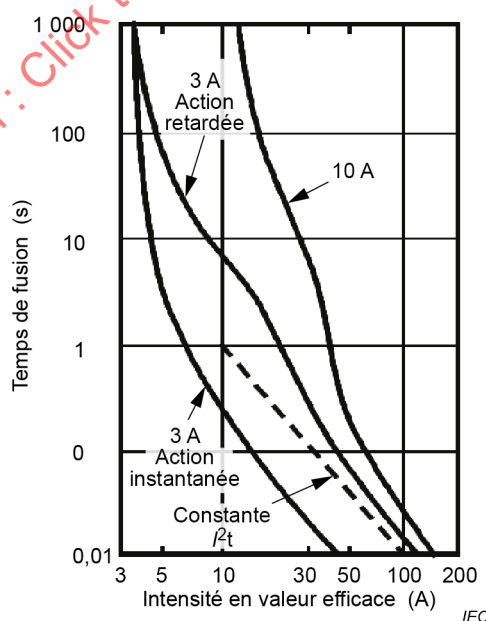


Figure 15 – Caractéristique temps-courant de fusible à action instantanée et de fusible à action retardée

Il est nécessaire d'établir l'applicabilité des valeurs assignées du moyen de protection contre les surintensités aux courants de choc. Par exemple, le choc normalisé pour caractériser les MOV et autres composants de protection contre les surtensions est une forme d'onde de courant 8/20. L'intégrale I^2t de ce choc peut être calculée. Pour un courant de crête de 1 000 A, la valeur I^2t de la forme d'onde de choc 8/20 a été établie comme étant proche de 20 A²s.

Des essais empiriques ont démontré que le courant de fusion de fusible I^2t observé pour une forme d'onde de courant 8/20 peut être similaire à la valeur assignée de I^2t pour des courants d'une durée de 0,01 s. Cette relation vaut pour les types à action instantanée et à action retardée. Cependant, il convient de reconnaître la nature statistique de la fusion de fusible, et pour un courant donné, certains fusibles d'un groupe du même type résistent à plus de répétitions de chocs que d'autres. En outre, afin d'éviter l'ouverture prématurée d'un fusible après des chocs répétés, il convient que le courant de choc ne dépasse pas 25 % de la valeur qui correspond à la valeur assignée I^2t du fusible. Autrement dit, un fusible choisi pour supporter quelques chocs à 3 kA, par exemple, est présumé supporter un nombre de chocs nettement supérieur à 750 A.

L'ouverture d'un fusible à limitation de courant se produit en présence d'un courant de défaut suffisant pour faire fondre le fil fusible. Les surtensions ont la capacité de surchauffer les SPC sans provoquer de défaillance de court-circuit (les utilisateurs veillent à ne pas choisir des composants avec des valeurs assignées de tension inappropriées). En l'absence d'exigences spécifiques, il convient que les valeurs assignées des MOV présentent préférentiellement des marges de 25 % ou plus au-dessus des tensions nominales du réseau en courant alternatif.

7.1.5.3 Enveloppe

Les conséquences d'une défaillance de la MOV et d'une surchauffe peuvent également être atténuées par la façon dont la MOV est enveloppée dans le cadre de l'application, par exemple en isolant la MOV des matériaux inflammables, en plaçant la MOV à distance des ouvertures de l'enveloppe, et/ou en enfermant la MOV dans une enveloppe non inflammable ou ignifuge de taille conséquente.

Le choix d'utiliser une protection contre les surintensités, une protection thermique, une enveloppe pour l'application ou une combinaison des trois pour atténuer les conséquences d'une défaillance de la MOV dépend de l'application particulière. En général, il est souhaitable de réaliser des essais qui simulent les modes de défaillance concernés sur le produit complet afin de déterminer l'efficacité des moyens utilisés pour atténuer les conséquences d'une défaillance de la MOV.

7.1.6 Fonctionnements avant défaillance

7.1.6.1 Généralités

Les valeurs assignées de la MOV décrites dans le présent document aident l'utilisateur à estimer l'aptitude d'un type particulier à fonctionner de manière fiable dans un environnement de chocs de tension donné. En clair, l'estimation dépend des hypothèses formulées concernant l'environnement réel à partir de descriptions généralisées.

7.1.6.2 MOV adaptées à leur environnement de chocs de tension

Une procédure d'évaluation de l'effet cumulé des chocs de tension sur les MOV dans leurs environnements d'utilisation a été élaborée. Cette méthode établit un modèle d'environnement de chocs de tension à partir d'un ensemble de chocs de tension d'amplitude spécifique. Cela permet de calculer un taux de consommation annuel de la durée assignée de tenue aux chocs de tension de MOV d'un type et d'un diamètre spécifiés. Les MOV peuvent être choisies de manière que leur durée de vie assignée ne soit pas consommée avant un certain temps déterminé comme objectif de conception.

La procédure a été utilisée pour calculer le temps nécessaire pour consommer la durée de vie assignée de SPD installés à l'entrée du service ainsi que de SPD installés dans de courts circuits de dérivation. La procédure a montré que les SPD à l'entrée du service avaient été soumis à des courants de foudre plus élevés par rapport à ceux en aval, car le câblage du circuit de dérivation limite généralement les surtensions par contournement et les courants de choc par le biais d'une plus haute impédance. Par conséquent, les MOV à proximité de l'entrée du service nécessitent une plus grande capacité de tenue aux courants de choc que celles dans les circuits de dérivation.

Il convient que les utilisateurs de la procédure notent que le taux annuel d'occurrence de chocs de tension en fonction du niveau de tension comprend toutes les formes d'ondes. Lors de l'établissement d'un modèle de chocs de tension annuels, il est nécessaire de prendre pour hypothèse une valeur pour la part des chocs de tension qui ont l'effet de chocs 8/20. Cette hypothèse est très importante, car les autres chocs de tension, représentés par une forme d'onde de 100 kHz, consomment peu de la durée de vie assignée d'une MOV type. Il est également nécessaire de prendre pour hypothèse un niveau d'exposition, par exemple une exposition moyenne. En revanche, l'exposition et le taux réel d'occurrence de chocs de tension en service peuvent varier sur une très grande plage. En clair, même si la procédure est valide, l'exactitude des estimations obtenues est limitée par une possible inexactitude des hypothèses relatives à l'environnement.

La procédure n'est pas destinée à se substituer à la conformité aux normes de performance des MOV, le cas échéant, mais peut constituer un critère supplémentaire utile pour le choix des MOV. En l'absence d'exigences spécifiques, la procédure constitue une approche prudente et raisonnable pour choisir les valeurs assignées des MOV en vue d'un fonctionnement fiable et pour comparer des MOV de différentes tailles.

7.1.7 Mise à la terre et liaison équipotentielle

7.1.7.1 Généralités

Des SPC peuvent être connectés entre les conducteurs du circuit d'alimentation en courant alternatif et le conducteur de mise à la terre de l'équipement, ou aux parties métalliques accessibles de l'équipement qui sont reliées au conducteur de mise à la terre. Ces SPC servent à protéger l'isolation contre les surtensions. À son tour, l'isolation réduit le risque de choc électrique pour le personnel en conditions normales de tension de ligne. Cependant, lorsque des SPD sont connectés, un risque accru de choc électrique peut apparaître en raison de l'injection d'un courant de choc sur les chemins, dans les conditions suivantes:

- a) l'amplitude, la durée et l'impédance de la source d'une tension de choc sont telles que la tension de choc elle-même présente un risque de choc électrique;
- b) les parties métalliques accessibles de l'équipement ne sont pas mises à la terre de manière fiable ou positive;
- c) les SPC conduisent un courant de choc élevé dans les chemins de retour par la terre, y compris le conducteur de puissance mis à la terre et le conducteur de l'équipement;
- d) le conducteur de puissance mis à la terre, neutre, ne transporte pas une partie suffisante du courant, et un courant de choc élevé est injecté dans le conducteur de mise à la terre;
- e) l'impédance des chemins de retour par la terre combinés, à la fréquence du courant de choc, est suffisamment élevée pour provoquer l'apparition de surtensions de crête significatives entre les surfaces métalliques accessibles de l'équipement et les surfaces conductrices environnantes éventuellement en contact avec le personnel.

7.1.7.2 Fiabilité de la mise à la terre

La fiabilité de la mise à la terre des surfaces métalliques accessibles de l'équipement peut être influencée par plusieurs facteurs. En général, la mise à la terre d'un équipement relié en permanence est plus fiable que la mise à la terre d'un équipement connecté à la prise de distribution d'un circuit de dérivation par un câble et une fiche. Cette dernière mise à la terre peut être compromise par une prise non mise à la terre ou reliée de manière incorrecte ou par une fiche ou un câble de fixation mal relié. Les utilisateurs s'assurent qu'une prise correctement mise à la terre est disponible lorsqu'ils utilisent un équipement connecté par câble prévu pour être mis à la terre, dans lequel des SPC peuvent être efficacement connectés entre la phase et les surfaces métalliques accessibles.

7.1.7.3 Impédance du chemin de terre

Même si l'impédance d'un système de mise à la terre correctement installé peut être suffisamment faible aux fréquences industrielles en courant alternatif pour ne pas être prise en compte, l'impédance peut jouer un rôle important aux fréquences d'impulsion de choc. Le degré de cette importance est fortement influencé par les conditions spécifiques au site d'installation. Le traitement des facteurs qui influencent ces conditions n'entre pas dans le domaine d'application du présent paragraphe, et il convient que les utilisateurs consultent les sources appropriées.

7.1.8 Emplacement des MOV

Les MOV sont des composants prévus pour être installés dans des équipements électriques ou électroniques complets, par le fabricant de l'équipement complet. En général, les MOV ne sont pas des composants de type "indépendant" adaptés à une installation directe sur le terrain. Au minimum, une enveloppe appropriée et des moyens pour réaliser les connexions électriques sur le terrain sont nécessaires.

Par conséquent, la pertinence d'une MOV du point de vue de la sécurité, dans une application spécifique implique une étude de la MOV en combinaison avec l'équipement d'utilisation finale réel. Le fonctionnement en toute sécurité d'une MOV dans l'équipement d'utilisation finale dépend de plusieurs facteurs, notamment:

- a) l'utilisation prévue de l'équipement;
- b) la fonction de la MOV et son emplacement dans les circuits de l'équipement;
- c) l'environnement de l'équipement (environnement de chocs de tension, tension à la fréquence industrielle, température, humidité, etc.);
- d) l'enveloppe de l'équipement (caractéristiques d'inflammabilité; nombre, emplacement et taille des ouvertures, etc.);
- e) la présence de moyens de protection thermique et/ou de moyens de protection contre les surintensités dans l'équipement;
- f) la régulation de la tension dans l'équipement.

Ces facteurs ainsi que d'autres relèvent du domaine d'application des normes qui couvrent les équipements d'utilisation finale spécifiques.

7.1.9 Applications des MOV

Il existe deux importantes catégories d'applications d'équipements d'utilisation finale pour les MOV.

Une catégorie est celle des SPD pour circuit d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu à basse tension. Ces SPD peuvent contenir des MOV enveloppées avec d'autres composants. Leur fonction prévue est de procurer aux équipements électriques et électroniques une mesure de protection contre les effets néfastes des surtensions transitoires. Les prises murales, les prises multiples reliées par câble et fiche, les SPD montés sur tableau de service et les parafoudres extérieurs secondaires montés sur mât sont des exemples de tels SPD.

La deuxième catégorie implique l'installation directe de MOV dans les circuits des équipements d'utilisation (récepteurs de télévision, ordinateurs et appareils, par exemple). Lorsque des MOV sont incluses dans ces équipements, il convient d'évaluer la combinaison de la MOV et de l'équipement selon une norme appropriée qui couvre l'équipement spécifique.

7.1.10 Connexions en parallèle

Des MOV en parallèle peuvent être utilisées pour augmenter la valeur assignée du courant de choc total et/ou réduire la tension de blocage pour un courant de choc total donné. La condition idéale consiste à installer des MOV qui ont une tension de varistance identique. Cependant, en production en série, il n'est pas techniquement possible d'obtenir des produits avec des caractéristiques identiques. La Figure 16 décrit un circuit équivalent qui représente des MOV connectées en parallèle. Même si le courant de choc circule dans les deux MOV, le courant se divise et circule selon la résistance des deux MOV. Cela s'explique par la différence des caractéristiques $V-I$ entre les MOV.

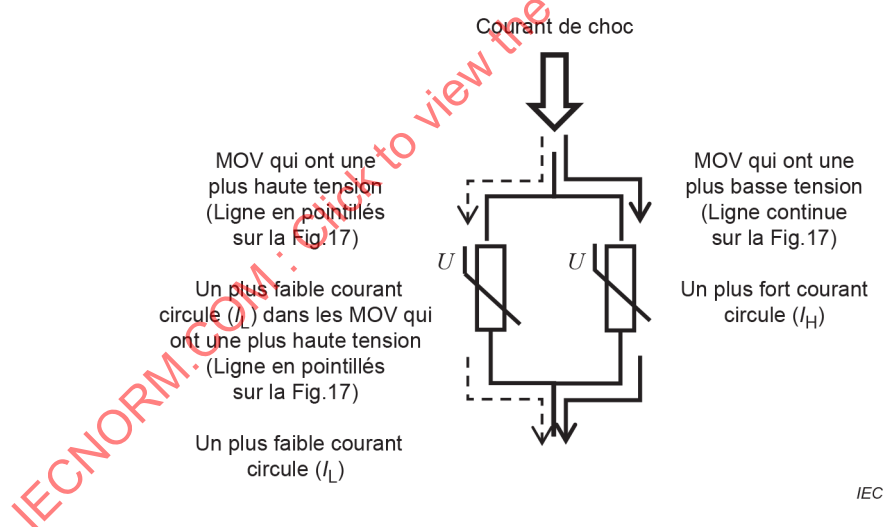


Figure 16 – Connexion en parallèle de MOV

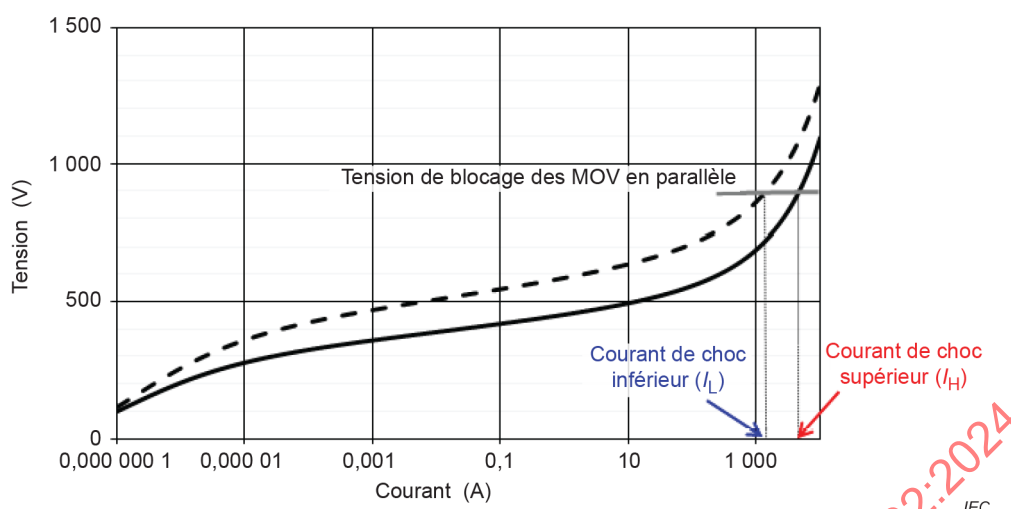


Figure 17 – Exemple de caractéristiques V - I pour deux MOV en parallèle

La Figure 17 montre que V_V est différente pour chaque MOV. Cette différence est à l'origine de la variation du courant qui circule dans les MOV. La longueur des fils qui relient les MOV a également une influence sur le partage du courant. Aussi, si plusieurs MOV sont connectées en parallèle, cela crée très probablement des conditions de déséquilibre en raison des chemins d'impédance différente.

Pour estimer la capacité maximale de tenue aux chocs d'un ensemble de deux MOV en parallèle, un rapport de 0,8 peut être utilisé comme valeur type. Par exemple, en utilisant deux MOV avec un courant de choc maximal assigné de 10 kA, la capacité maximale de courant de choc de l'ensemble en parallèle est estimée à $(10 + 10) \times 0,8 = 16$ kA. Cependant, il convient que l'utilisateur confirme la capacité de tenue aux chocs par des essais. Pour plus de deux MOV en parallèle, aucun coefficient n'est donné.

Si les MOV peuvent être triées pour obtenir une meilleure correspondance des caractéristiques V - I , d'autres valeurs de coefficient peuvent être utilisées. Le rapport peut être établi avec les fabricants de MOV et dépend du classement ou du processus de fabrication; il n'est jamais égal à 1. Ce rapport peut être déterminé précisément par des essais.

Compte tenu de ce qui précède, les utilisateurs peuvent obtenir une combinaison de MOV en parallèle qui satisfait à l'exigence. Pour éviter d'utiliser des MOV en parallèle, l'utilisateur peut utiliser une seule MOV de plus grand diamètre.

7.1.11 Connexions en série

Lorsque les MOV sont connectées en série, la tension de blocage résultante est la somme des différentes tensions de blocage des MOV. Les MOV en série réduisent la capacité tout en augmentant à la fois la tenue énergétique et la puissance dissipée de l'ensemble complet.

7.2 Varistance à oxyde métallique protégée thermiquement

7.2.1 Introduction

Par le passé, des MOV ont été utilisées pour protéger les équipements contre tous les types de chocs de tension. Les chocs de tension sont habituellement de courte durée, et une MOV peut limiter efficacement la tension à un niveau qui n'endommage pas l'équipement en aval. Les chocs de tension peuvent être générés par de nombreuses sources, y compris la foudre, la commutation de différentes charges et d'autres types de commutations.

Souvent, toutefois, des transitoires électriques de plus longue durée peuvent se produire. Ces transitoires de plus longue durée sont désignés par le terme "surtension temporaire" dans l'industrie. Les surtensions temporaires peuvent être provoquées par une perte du neutre ou par une tension de ligne instable. Dans un cas comme dans l'autre, la tension de ligne en courant alternatif peut temporairement augmenter au-dessus de la MCOV (en courant alternatif) spécifiée pour la MOV. En conséquence, la MOV peut être contrainte à un état de blocage continu. Dans cet état, la MOV entre en emballement thermique et subit généralement une défaillance jusqu'à une très faible résistance. La majeure partie du courant de défaut disponible traverse alors la MOV, après quoi la MOV surchauffe, dégage de la fumée et prend éventuellement feu.

Les MOV protégées thermiquement présentent une liaison thermique en série avec la MOV de sorte qu'en cas de surtension temporaire, l'augmentation du courant qui traverse la MOV ouvre la liaison thermique et empêche la MOV de prendre feu ou d'exploser en raison d'un excès de courant de défaut circulant dans le SPD. La Figure 3 représente le symbole d'une MOV protégée thermiquement.

Les courants de défaut disponibles à la source d'alimentation peuvent avoir toute valeur comprise entre 0 A et 200 000 A ou plus. Lors d'une surtension anormale, où la MOV est en mode blocage constant, les MOV protégées thermiquement sont conçues pour gérer les faibles courants de 10 A ou moins. Il convient d'utiliser d'autres types de protections contre les surintensités coordonnées avec la MOV protégée thermiquement pour gérer les niveaux de courant plus élevés, au-dessus de 10 A. Étant donné que les MOV protégées thermiquement doivent gérer des courants de défaut compris entre 0 A et 10 A, les MOV protégées thermiquement de plus grande taille sont soumises à l'essai à des courants de court-circuit de 10 A, 5 A, 2,5 A et 0,5 A. En ce qui concerne les faibles courants de 0,5 A ou moins, le courant peut ne pas être suffisant pour ouvrir le fusible. Dans ce cas, il convient que les MOV protégées thermiquement ne présentent aucun dommage visible. Aux courants plus élevés, lorsque le fusible s'ouvre, un essai diélectrique aux bornes de la liaison thermique est effectué à titre de vérification. Un essai diélectrique est également réalisé entre une feuille enroulée autour de l'enveloppe et tous les conducteurs reliés ensemble pour s'assurer que l'isolation entre les conducteurs et l'enveloppe est suffisante lorsque la MOV est endommagée.

7.2.2 Choix d'une MOV protégée thermiquement

Le choix d'une MOV protégée thermiquement dans une application réelle repose sur plusieurs critères. Si la MOV protégée thermiquement est destinée à être utilisée dans une application connectée en permanence, alors une MOV protégée thermiquement de 25 mm ou plus est utilisée, car elle doit être capable de réussir l'essai de surtension temporaire à un courant limité de 10 A. En outre, l'application connectée en permanence est considérée comme étant du type 1 ou du type 2 selon l'UL 1449, et doit réussir l'essai de courant nominal de décharge de 10 kA ou 20 kA.

D'autre part, si la MOV protégée thermiquement est destinée à être utilisée dans une application connectée par câble, alors en règle générale, une taille de 14 mm, 18 mm ou 20 mm est utilisée. Ces tailles doivent à leur tour être capables de réussir l'essai de surtension temporaire à un courant limité de 5 A et doivent être capables de supporter un nombre minimal de 15 chocs à 3 kA.

Il s'agit là de lignes directrices générales. Cependant, chaque MOV doit être choisie en fonction de son application spécifique. L'Annexe G et l'Annexe H contiennent des diagrammes de choix de MOV et de MOV protégées thermiquement pour un équipement et pour un SPD.

7.2.3 Caractéristiques de durée avant ouverture

La Figure 18 représente des durées de coupure types pour une MOV protégée thermiquement. Le déconnecteur thermique met plus de temps à s'ouvrir en présence de faibles niveaux de courant, car l'échauffement du disque est nettement plus lent.

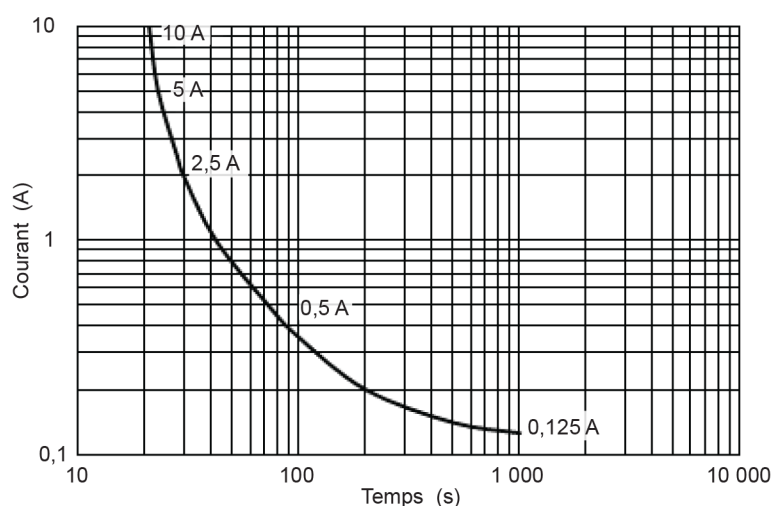


Figure 18 – Durée de fonctionnement

7.3 DES

7.3.1 Contexte

Les systèmes électroniques sont sensibles aux sources de transitoires de surtension internes et externes. Les décharges électrostatiques (DES) sont une source de ces transitoires. Habituellement, des circuits intégrés (IC) sont utilisés en tant que "cerveaux" de nombreux équipements tels que les microprocesseurs, les puces émetteur-récepteur USB, les contrôleurs IEEE 1394 et les puces vidéographiques. En général, les IC sont conçus avec une protection contre les DES intégrée. Une valeur courante pour cette protection intégrée est de 2 000 V à la forme d'onde conformément à l'IEC 61000-4-2. Cependant, le produit fini est susceptible de rencontrer plusieurs fois cette valeur. Cela signifie que les DES doivent être empêchées d'atteindre la puce ou autre composant sensible afin de prévenir tout dommage. Une solution à ce problème consiste à utiliser des MOV pour les DES.

7.3.2 Normes

Alors qu'il existe de nombreuses normes relatives aux DES, la plus courante est l'IEC 61000-4-2, qui décrit différents niveaux et différentes tensions de décharge. Cette norme définit des tensions jusqu'à 15 kV (voir le Tableau A.1 de l'IEC 61000-4-2:2008), une valeur plusieurs fois supérieure à ce qu'un IC type peut supporter.

7.3.3 Exemple d'application 1

Pour protéger un connecteur audio normalisé (jack de type RCA, par exemple) utilisé dans un équipement audio/vidéo, un SPC monocanal est recommandé. Comme cela est représenté sur la Figure 19, le supprimeur de DES est installé entre la ligne de signal et l'écran mis à la terre pour dériver le transitoire de la ligne de signal à la terre.

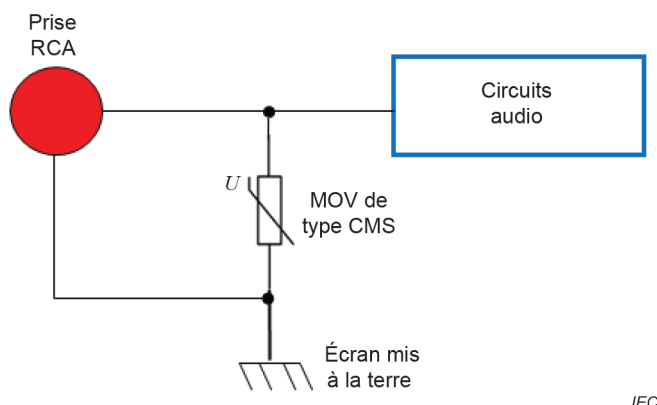


Figure 19 – Exemple d'application de MOV pour les DES

7.3.4 Exemple d'application 2

Protéger une application à 4 ports qui couvre les canaux d'entrée et de sortie audio à gauche et à droite. Comme cela est représenté sur la Figure 20, une seule MOV de type CMS peut être utilisée pour protéger les 4 canaux.

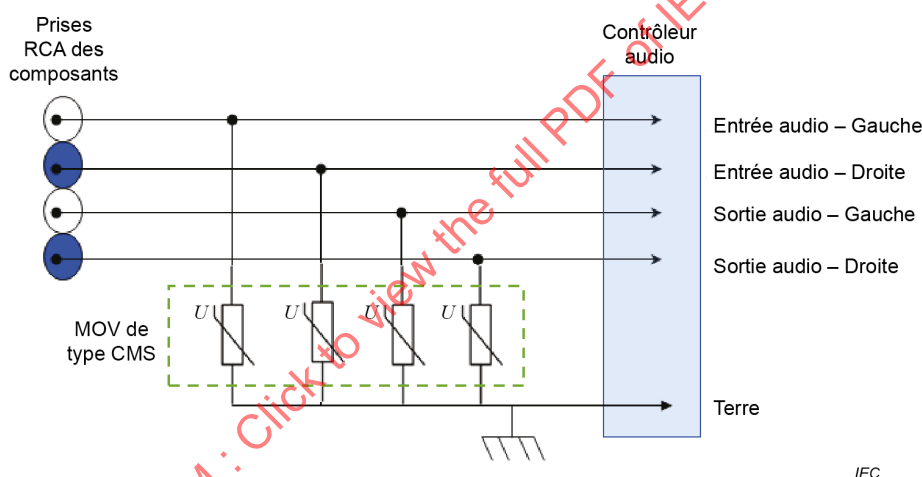


Figure 20 – Exemple d'application à 4 ports qui utilise des MOV pour les DES

7.4 Prise en compte des TOV

7.4.1 Défaillance du circuit d'alimentation à basse tension

Un défaut dans le circuit d'alimentation à basse tension peut produire une TOV de 330 V, par exemple, entre la phase en charge et le conducteur neutre. Il est admis par hypothèse que cette tension est appliquée à la MOV pendant une longue durée. Par conséquent, il est nécessaire de choisir un produit avec une valeur V_V supérieure à 480 V en courant continu pour la MOV installée dans un circuit d'alimentation à basse tension.

7.4.2 Défaillance du circuit d'alimentation à haute tension ou moyenne tension

Une tension de 1 200 V se produit généralement entre la phase en charge et la terre en cas de défaut dans les circuits à haute tension et moyenne tension. Dans ce cas, si la valeur V_V est augmentée, il est admis par hypothèse que la tension de tenue de l'équipement protégé est dépassée. Par conséquent, envisager une utilisation en combinaison avec un GDT, comme cela est représenté sur la Figure 21. À ce moment, en choisissant une tension de fonctionnement du GDT supérieure à la TOV, il est possible d'empêcher la MOV de fonctionner et de brûler.

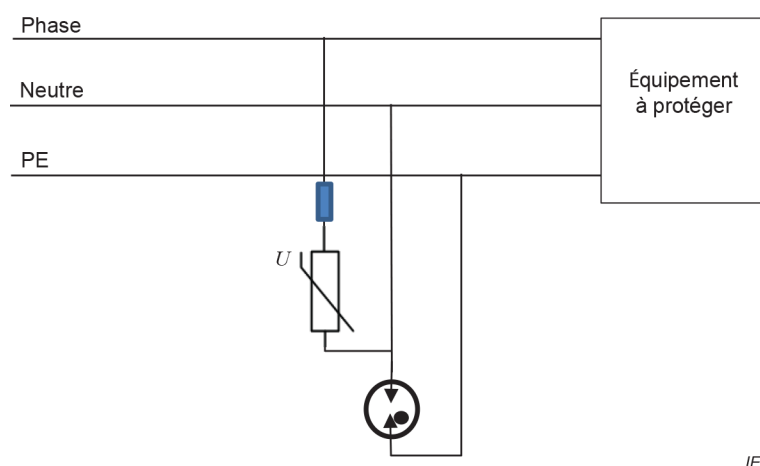


Figure 21 – Combinaison d'une MOV avec un GDT

8 Informations relatives à la sécurité et aux dangers des MOV

8.1 Vue d'ensemble

8.1.1 Généralités

Les utilisateurs de MOV doivent concevoir le circuit approprié pour les MOV en fonction de la déclaration de précaution suivante, car il existe des risques d'incendies et des risques de chocs électriques pour les êtres humains si les MOV sont utilisées dans des situations anormales dues aux conditions environnantes (matériaux de conception de l'équipement final, environnement, conditions d'alimentation, conditions du circuit ou accidents du réseau de distribution, etc.).

8.1.2 Confirmation des performances assignées

Les MOV doivent être utilisées dans la plage des performances assignées (V_M , capacité de tenue aux chocs, tenue énergétique, durée de tenue aux chocs et température de fonctionnement).

Si les MOV sont utilisées au-dessus des performances assignées, les performances de la MOV peuvent se détériorer ou entraîner une perforation; la MOV peut produire de la fumée ou s'enflammer.

8.2 Risques d'incendies

8.2.1 Généralités

Il convient de prendre les mesures suivantes pour éviter les risques d'incendies.

8.2.2 Utilisation entre phases

Des fusibles ou des disjoncteurs de courant normaux peuvent être utilisés en série avec les MOV. Les fusibles doivent avoir la valeur de courant assigné appropriée pour les circuits correspondants. Cependant, il est également nécessaire de prendre en considération la capacité de tenue aux chocs des fusibles ou des disjoncteurs en même temps (voir le 7.1).

8.2.3 Utilisation entre phase et terre

Même si les MOV présentent une défaillance à court terme, le fusible de courant peut ne pas fonctionner en raison de la résistance de terre. Dans ce cas, la résine qui constitue l'isolation de la MOV peut produire de la fumée ou finir par s'enflammer.

Afin de prévenir ce risque, un disjoncteur de fuite peut être installé du côté alimentation de l'emplacement de la MOV. Si le disjoncteur de fuite à la terre n'est pas installé, des fusibles de courant et des fusibles thermiques sont utilisés en série avec les MOV.

8.2.4 Résistance aux chocs

La MOV pouvant se désintégrer par ses perforations, l'utiliser dans le boîtier du produit fini ou la couvrir pour prendre des mesures contre la désintégration.

8.2.5 Prévention des incendies

Les MOV ne doivent pas être installées à proximité de combustibles (fils de vinyle, moulages de résine, etc.), car les MOV peuvent générer de la chaleur. Dans les cas complexes, des revêtements non inflammables peuvent être utilisés.

8.2.6 Conditions d'environnement

Les MOV ne doivent pas être utilisées dans les environnements suivants:

- exposition directe à l'eau ou à l'eau salée;
- condensation de rosée;
- environnement rempli de gaz corrosif (sulfure d'hydrogène, acide sulfureux, chlore, ammoniac, etc.);
- environnement qui s'écarte de la plage de températures de fonctionnement;
- vibrations ou chocs qui dépassent la plage spécifiée.

8.3 Risques de chocs électriques

Lorsque les MOV sont utilisées entre des parties actives et des enveloppes métalliques, une défaillance à court terme des MOV peut provoquer des chocs électriques. Afin de les éviter, il convient de relier les enveloppes métalliques à la terre et de ne pas les toucher.

De plus, il est aussi important de réduire les courants de maintien des MOV. Cependant, la réduction du courant de maintien peut entraîner une augmentation de la tension de blocage.

L'utilisation de dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR) est une option pour prémunir les êtres humains contre les chocs électriques.

8.4 Déclaration de précaution type pour l'utilisation des MOV

8.4.1 Informations relatives à la dégradation et aux défaillances des MOV

Respecter scrupuleusement les points suivants, une dégradation des performances de la MOV et sa perforation pouvant survenir dans le cas contraire; la MOV peut produire de la fumée et s'enflammer.

- a) Ne pas utiliser les MOV à des températures qui dépassent la plage de températures de fonctionnement, par exemple directement sous la lumière du soleil ou à proximité d'une génération de chaleur.
- b) Ne pas les utiliser dans des endroits qui présentent une humidité élevée, par exemple dans des endroits directement exposés au vent et à la pluie ou des endroits où de la vapeur est générée.

- c) Ne pas utiliser les MOV dans un endroit poussiéreux, salé, ou dans une atmosphère contaminée par des gaz corrosifs.
- d) Ne pas nettoyer les MOV avec un solvant (diluant ou acétone, par exemple) qui dissout ou détériore la résine extérieure.
- e) Ne pas appliquer de vibrations, de chocs (chutes, etc.) ou de pression intenses qui peuvent provoquer des craquelures sur la résine extérieure ou sur le corps fritté des MOV.
- f) Les MOV ne doivent pas être utilisées à une tension qui dépasse la tension maximale admissible du circuit. Si la tension en courant continu est irrégulière, les MOV ne doivent pas être utilisées à une tension de crête qui dépasse la tension maximale admissible du circuit.
- g) Aucun choc de tension qui dépasse la tenue énergétique ne doit être appliqué aux MOV.
- h) Si des chocs de tension sont appliqués de manière répétée, les MOV ne doivent pas être utilisées après la durée de tenue aux chocs de tension spécifiée.
- i) Lorsque les chocs de tension sont appliqués de manière intermittente à intervalles de courte durée, les MOV doivent être utilisées à la puissance d'impulsion assignée.
- j) Les MOV ne doivent pas être utilisées dans des circuits à haute fréquence qui dépassent 1 kHz, car l'élément peut être perforé sous l'effet de la chaleur générée par les pertes diélectriques.
- k) Lorsque les MOV disposent d'un revêtement isolant en résine (moulages inclus), ne pas utiliser de résine qui détériore la MOV.
- l) Les MOV ne doivent pas être installées à proximité de matériaux inflammables.

8.4.2 Informations relatives à la désintégration des MOV

Respecter scrupuleusement les points suivants, les MOV pouvant se désintégrer et provoquer des blessures dans le cas contraire.

- a) Les MOV ne doivent pas être utilisées dans des circuits, où une tension de choc supérieure au courant de choc spécifié est appliquée.
- b) Les MOV ne doivent pas être utilisées au-dessus de la tension maximale admissible du circuit.

8.4.3 Informations relatives à l'endommagement ou au dysfonctionnement de l'équipement

Respecter scrupuleusement les points suivants, un risque d'endommagement ou de dysfonctionnement de l'équipement dû à un non-fonctionnement de la MOV existant dans le cas contraire.

- a) Ne pas plier le fil conducteur plus que nécessaire.
- b) Ne pas appliquer de force excessive sur le fil conducteur des MOV.
- c) Ne pas plier le fil conducteur à proximité du revêtement isolant des MOV ni appliquer de force externe sur ces zones.
- d) Le fil conducteur à proximité des MOV doit être fixé lorsque des fils conducteurs sont pliés ou coupés.
- e) Le fil conducteur doit être relié à la borne externe, la zone étant maintenue propre et exempte d'impuretés et de rouille. Ces dernières peuvent causer une ou plusieurs défaillances de contact.
- f) Lors de la soudure des fils conducteurs, ne pas faire fondre la soudure et le revêtement isolant comme structures des MOV.
- g) Une soudure fondue ou un fer à souder ne doivent pas entrer en contact avec le revêtement isolant des MOV ou des fils conducteurs.