

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 207: Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies for rated
voltages above 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 207: Qualification sismique pour ensembles d'appareillages à isolation
gazeuse pour des niveaux de tension assignée supérieurs à 52 kV**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 207: Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies for
rated voltages above 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 207: Qualification sismique pour ensembles d'appareillages à isolation
gazeuse pour des niveaux de tension assignée supérieurs à 52 kV**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Seismic qualification requirements	7
4.1 General.....	7
4.2 Preliminary analysis	7
4.2.1 Selection of the representative test-set.....	7
4.2.2 Mathematical model of the test-set	7
5 Severities	8
6 Qualification by test.....	8
6.1 Introduction	8
6.2 Mounting	8
6.3 Measurements.....	9
6.4 Frequency range	9
6.5 Test severity	9
6.5.1 General	9
6.5.2 Parameters for time-history excitation.....	9
6.6 Testing.....	9
6.6.1 Test directions.....	9
6.6.2 Test sequence.....	9
7 Qualification by combined test and numerical analysis	10
7.1 Introduction	10
7.2 Vibrational and functional data.....	11
7.3 Numerical analysis	11
7.3.1 General	11
7.3.2 Numerical analysis by the acceleration time-history method	11
7.3.3 Modal and spectrum analysis using the required response spectrum (RRS)	12
7.3.4 Static coefficient analysis	12
8 Evaluation of the seismic qualification	12
8.1 Combination of stresses	12
8.2 Acceptance criteria of the seismic test.....	13
8.3 Functional evaluation of the test results	13
8.4 Allowable stresses	13
9 Documentation	13
9.1 Information for seismic qualification.....	13
9.2 Test report	13
9.3 Analysis report	14
Annex A (normative) Characterization of the test-set	18
Annex B (informative) Criteria for seismic adequacy of gas-insulated metal-enclosed switchgear	21

Bibliography.....	24
Figure 1 – RRS for ground-mounted switchgear assemblies – Qualification level: AF5; ZPA = 5 m/s ² (0,5 g).....	15
Figure 2 – RRS for ground-mounted switchgear assemblies – Qualification level: AF3; ZPA = 3 m/s ² (0,3 g).....	16
Figure 3 – RRS for ground-mounted switchgear assemblies – Qualification level: AF2; ZPA = 2 m/s ² (0,2 g).....	17
Figure A.1 – Monogram for the determination of equivalent damping ratio	20
Table 1 – Seismic qualification levels for switchgear assemblies – Horizontal severities	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –**Part 207: Seismic qualification for gas-insulated
switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62271-207 has been prepared by subcommittee 17C: High-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

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

FDIS	Report on voting
17C/407/FDIS	17C/415/RVD

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

This first edition of IEC 62271-207 cancels and replaces the first edition of IEC 62271-2 and constitutes a technical revision.

The change from IEC 62271-2 is as follows:

- the minimum voltage rating was changed from 72,5 kV to above 52 kV;

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

A list of all the parts in the IEC 62271 series, under the general title *High-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

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

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

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-207:2007

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 207: Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV

1 Scope and object

This International Standard applies to switchgear assemblies for alternating current of rated voltages above 52 kV for indoor and outdoor installations, including their supporting structure rigidly connected to the ground, and does not cover the seismic qualification of live tank circuit breakers. Switchgear assemblies do have typically low centers of gravity, e.g. gas-insulated switchgear (GIS).

For switchgear with higher gravity levels, e.g. live tank circuit breakers, the IEC 62271-300 is applicable.

Where switchgear assemblies are not ground-mounted, e.g. in a building, conditions for applications are subject to agreement between users and manufacturers.

The seismic qualification of the switchgear assemblies takes into account any auxiliary and control equipment either directly mounted or as a separate structure.

This standard provides procedures to seismically qualify ground-mounted switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV.

The seismic qualification of the switchgear assemblies is only performed upon request.

This standard specifies seismic severity levels and gives a choice of methods that may be applied to demonstrate the performance of high-voltage switchgear assemblies for which seismic qualification is required.

The final seismic analysis shall be performed by assuming that the switchgear is installed on firm ground.

2 Normative references

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

IEC 60068-2-47, *Environmental testing – Part 2-47: Test – Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests*

IEC 60068-2-57, *Environmental testing – Part 2-57: Tests – Test Ff: Vibration – Time-history method*

IEC 60068-3-3:1991, *Environmental testing – Part 3: Guidance – Seismic test methods for equipments*

IEC 62271-203, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

IEC 60694, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions in IEC 60068-3-3, IEC 62271-203 and IEC 60694 apply.

4 Seismic qualification requirements

4.1 General

The seismic qualification shall demonstrate the ability of the switchgear assemblies to withstand seismic stress.

No failure on the main circuits, the control and auxiliary circuit, including the relevant mounting structures, shall occur.

Permanent deformations are acceptable provided that they do not impair the functionality of the equipment. The equipment shall properly operate after the seismic event as defined in 8.2 and 8.3.

NOTE In the USA the evaluation of the seismic qualifications is conducted according to IEEE 693.

4.2 Preliminary analysis

4.2.1 Selection of the representative test-set

Due to practical reasons concerned with the available experimental facilities, the seismic qualification of switchgear assemblies can require the definition and the choice of different sub-sets which still meaningfully represent the whole system for the purpose of structural and functional checks.

Such test-sets shall include the switching devices with their relevant operating mechanism and control equipment, and their electrical and mechanical interfaces.

It is recommended

- to test generic components; to test the worst case components, such as those with the highest load and center of gravity.
- to identify the dynamic behaviour of the plant (natural frequencies and damping ratios) through the experimental activities of Annex A.

4.2.2 Mathematical model of the test-set

On the basis of technical information concerning the design characteristics of the substation, a three-dimensional model of the test-set shall be created. Such a model shall take into consideration the presence of actual compartments and of their supporting structures, and shall have sufficient sensitivity to describe the dynamic behaviour of the test-set in the frequency range being studied.

5 Severities

The severity levels shall be chosen from Table 1.

Table 1 – Seismic qualification levels for switchgear assemblies – Horizontal severities

Qualification level	Required response spectrum (RRS)	Zero period acceleration (ZPA) m/s ²
AF5	Figure 1	5
AF3	Figure 2	3
AF2	Figure 3	2

For vertical severities the direction factor is 0,5 (see IEC 60068-3-3).

NOTE 1 The required response spectrum of qualification level AF5 covers partly, in the range of predominant seismic frequency of 1 Hz to 35 Hz, the following response spectra: Endesa, Edelca, USA/NRC RG 1.60, Newmark Design Response Spectra (scaled to 5 m/s²), Nema (5 m/s² maximum foundation acceleration), Dept. of Water & Power Los Angeles, San Diego SDG & E Imperial Substation.

NOTE 2 Information on the correlation between seismic qualification levels and different seismic scales is given in IEC 60068-3-3.

6 Qualification by test

6.1 Introduction

The test procedure for qualification of a test-set shall be in accordance with IEC 60068-3-3.

The qualification shall be carried out on representative test sets, as described in 4.2.1.

If the auxiliary and control equipment or other parts of the equipment are dynamically uncoupled, they may be qualified independently.

If a test-set cannot be tested with its supporting structure (e.g., due to its size), the dynamic contribution of the structure shall be determined by analysis and accounted for in the test.

The time-history test method is to be preferred, since it more closely simulates actual conditions, particularly if the behaviour of the test-set is not linear. The test method shall be in accordance with IEC 60068-2-57.

6.2 Mounting

The test-set shall be mounted as in service including dampers (if any).

The horizontal orientation of the test-set shall be in the direction of excitation acting along its two main orthogonal axes.

Any fixtures or connections required only for testing shall not affect the dynamic behaviour of the test-set.

The method of mounting of the test-set shall be documented and shall include a description of any interposing fixtures and connections (see IEC 60068-2-47).

6.3 Measurements

Measurements shall be performed in accordance with IEC 60068-3-3 and shall include

- vibration motion of components where maximum deflections and significant relative displacements are expected;
- strains on critical elements (e.g. bushings, flanges, enclosures and support structures).

6.4 Frequency range

The frequency range shall be 0,5 Hz to 35 Hz. The frequency range is applied to the resonant frequency search test and the generation of artificial earthquake wave.

6.5 Test severity

6.5.1 General

The test severity shall be chosen in accordance with Clause 5.

The recommended required response spectra are given in Figures 1 to 3 for the different seismic qualification levels. The curves relate to 2 %, 5 %, 10 % and 20 % or more damping ratio of the switchgear assemblies. If damping factor is unknown, 2 % damping is applied.

Spectra for different damping values may be obtained by linear interpolation.

6.5.2 Parameters for time-history excitation

The total duration of the time-history shall be about 30 s, of which the strong part shall be not less than 6 s. The strong part is the section of the time history with the highest accelerations.

6.6 Testing

6.6.1 Test directions

The test directions shall be chosen according to IEC 60068-3-3.

In some cases, the effect of the vertical acceleration results in negligible stresses and the vertical excitation may be omitted. In such cases justification for the omission of the vertical component shall be provided.

6.6.2 Test sequence

6.6.2.1 General

The test sequence shall be as follows:

- functional checks before testing;
- vibration response investigation (required to determine critical frequencies and damping ratios and/or for analysis);
- seismic qualification test;

- functional checks after testing.

6.6.2.2 Functional checks

Before and after the tests, the following operating characteristics or settings shall be recorded or evaluated (when applicable) at the rated supply voltage and operating pressure:

- a) closing time;
- b) opening time;
- c) time spread between units of one pole;
- d) time spread between poles (if multipole tested);
- e) gas and/or liquid tightness;
- f) resistance measurement of the main current path.

6.6.2.3 Vibration response investigation

The resonant frequency search test, damping measurement test shall be carried out according to IEC 60068-3-3 over the frequency range stated in 6.5.

6.6.2.4 Seismic qualification test

The test shall be performed by applying one of the procedures stated in the flow charts of Appendix A of IEC 60068-3-3, depending on the test facilities.

The test shall be performed once at the level chosen in Clause 5.

During the seismic test the following parameters shall be recorded:

- strains on critical elements (e.g. bushings, flanges, enclosures and support structures);
- deflection of components where significant displacements are expected;
- electrical continuity of the main circuit (if applicable);
- electrical continuity of the auxiliary and control circuit at the rated voltage;
- acceleration.

7 Qualification by combined test and numerical analysis

7.1 Introduction

The method may be used

- to qualify switchgear assemblies already tested under different seismic conditions;
- to qualify switchgear assemblies similar to assemblies already tested but which include modifications influencing the dynamic behaviour (e.g. change in the arrangement of the assemblies, or in the mass of components);
- to qualify switchgear assemblies if their vibrational and functional data are known;
- to qualify switchgear assemblies which cannot be qualified by testing alone (e.g. because of their size and/or complexity).

7.2 Vibrational and functional data

Vibrational data (damping ratios, critical frequencies, stresses of critical elements as a function of input acceleration) for analysis shall be obtained by one of the following:

- a) a dynamic test of a similar test-set;
- b) a dynamic test at reduced test levels;
- c) determination of critical frequencies and damping ratios by other tests such as free oscillation tests or low level excitation (see Annex A).

Functional data may be obtained from a previous test performed on a similar test-set.

7.3 Numerical analysis

7.3.1 General

The general procedure is as follows:

- a) to establish, using experimental data stated in 7.2, a mathematical model of switchgear assemblies in order to assess their dynamic characteristics. Considering the modularity of switchgear assemblies, the mathematical model implemented and calibrated for the test-set may be extended to a complete substation, provided that the right adaptations, related to the structural differences existing for the different modules, are considered;
- b) to calibrate the mathematical model by taking into account the non-linearities of the dynamic response of the test-set assessed during the experimental activity described in Annex A;
- c) to determine the response, in the frequency range, stated in 6.5, using either of the methods described in the following subclauses, but other methods may be used if they are properly justified.

7.3.2 Numerical analysis by the acceleration time-history method

When the seismic analysis is carried out by the time-history method, the ground motion acceleration time-histories shall comply with the RRS (see Table 1). Two types of superimposition may generally be applied depending on the complexity of the analysis:

- a) separate calculation of the maximum responses due to each of the three components (x and y in the horizontal, and z in the vertical direction) of the earthquake motion. The effects of each single horizontal direction and the vertical direction shall be combined by taking the square root of the sum of the squares, i.e. $(x^2 + z^2)^{1/2}$ and $(y^2 + z^2)^{1/2}$. The greater of these two values is used for dimensioning the switchgear assemblies;
- b) simultaneous calculation of the maximum responses assuming one of the seismic horizontal directions and the vertical direction (x with z) and thereafter calculation with the other horizontal direction and the vertical direction (y with z). This means that after each time step of the calculation all values (forces, stresses) are superimposed algebraically. The greater of these two values is used for dimensioning the switchgear assemblies.

7.3.3 Modal and spectrum analysis using the required response spectrum (RRS)

When the response spectra method is used for seismic analysis, the procedure of combining the stresses shall be hereinafter described for an orthogonal system of coordinates in the main axes of the switchgear assemblies and with x and y in the horizontal and z in the vertical direction. The maximum values of stresses in the switchgear assemblies for each of the three directions x , y and z are obtained by superimposing the stresses calculated for the various modal frequencies in each of these directions by taking the square root of the sum of the squares. The maximum values in the x and z direction, and in the y and z direction, are combined by taking the square root of the sum of the squares. The greater value of these two cases (x , z) or (y , z) is the dimensioning factor for the switchgear assemblies.

7.3.4 Static coefficient analysis

For rigid equipment static analysis shall be applied (the lowest resonant frequency of equipment is greater than 35 Hz.) It may also be used for flexible equipment, as an alternative method of analysis; this allows a simpler technique in return for added conservatism. No determination of natural frequencies is made but, rather, the response spectrum of the switchgear assemblies is assumed to be the peak of the required response spectrum at a conservative and justifiable value of damping. The coefficient 1.5 shall only be applied to static coefficient analysis.

The seismic forces on each part of the switchgear assemblies are obtained by multiplying the values of the mass, concentrated at its centre of gravity, and the acceleration.

The resulting force shall be distributed proportionally to the mass distribution.

The stress analysis may then be completed as stated in 8.1.

8 Evaluation of the seismic qualification

8.1 Combination of stresses

The seismic stresses determined by test or analysis shall be combined algebraically with other service loads to determine the total withstand capability of the switchgear assemblies.

The probability of an earthquake of the recommended seismic qualification level occurring during the life-time of the switchgear assemblies is low, whilst the maximum seismic load in a natural earthquake would only occur if the switchgear assemblies were excited at their critical frequencies with maximum acceleration. As this will last only a few seconds, a combination of the utmost electrical and environmental service loads leads to unrealistic conservatism.

The following loads may be considered to occur additionally, if not otherwise specified:

- rated internal pressure;
- permanent loads (dead loads);
- thermal effects.

The combination of loads shall be effected by static analysis, applying the forces in the direction they occur.

8.2 Acceptance criteria of the seismic test

The seismic simulation waveform shall produce a test response spectrum which envelopes the required response spectrum (calculated at the same damping ratio) and have a peak acceleration equal to or greater than the zero period acceleration. Details on the acceptance criteria for the seismic tests are given in IEC 60068-2-57.

8.3 Functional evaluation of the test results

Functional results are normally obtained only by dynamic tests. These results may be extrapolated to obtain qualification by combination of tests and analysis. In particular,

- a) the main contacts shall remain in open or closed position during the seismic test;
- b) chatter of relays shall not cause the switching devices to operate;
- c) chatter of relays shall not provide wrong information of the status of the switchgear assemblies (position, alarm signals);
NOTE Normally, chatter of relays lasting less than 5 ms is considered to be acceptable.
- d) resetting of monitoring equipment is considered to be acceptable if the overall performance of the switchgear assemblies is not affected;
- e) no significant change shall occur in functional check recordings at the end of the test sequence compared with the initial ones (see 6.6.2.2);
- f) no cracking or buckling shall be found on the equipment and equipment supports.

8.4 Allowable stresses

Seismic verification of mechanical and electrical equipment, as well as the design of their supporting structures, shall be done on the basis of allowable stresses or extreme limits verification concept depending on local rules.

The total stresses of components made of material with verifiable yield point, due to the combination loads as described in 8.1, shall not exceed 100 % of yield strength of the material.

NOTE 1 The limit values are depending on the used materials and defined in national and regional (e.g. Eurocode) regulation.

NOTE 2 If the values resulting from the analysis show safety margins lower than the reference ones, an additional analysis performed by considering the effects of the ground on the dynamic behaviour of the substation may be carried out.

9 Documentation

9.1 Information for seismic qualification

The following information is required for either analysis or testing of the switchgear assemblies:

- a) severity (see Clause 5);
- b) details of structure and mounting (see 6.1 and 6.2);
- c) number and relative position of testing axes (see 6.2).

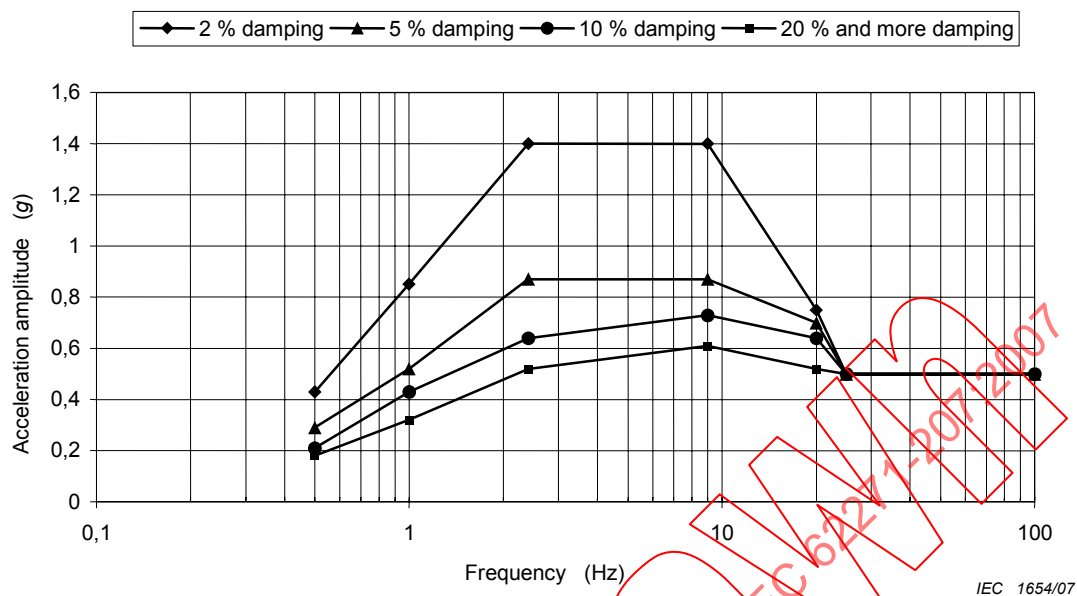
9.2 Test report

The test report shall contain the following items:

- a) switchgear assemblies identification file including structure and mounting details;
- b) information for seismic qualification;
- c) test facility
 - 1) location,
 - 2) test equipment description and calibration;
- d) test method and procedures;
- e) test data including functional data (see 6.6.2.2, and 7.2);
- f) results and conclusions;
- g) approved signature and date.

9.3 Analysis report

Analysis, which is included as a proof of performance, shall have a step-by-step presentation.

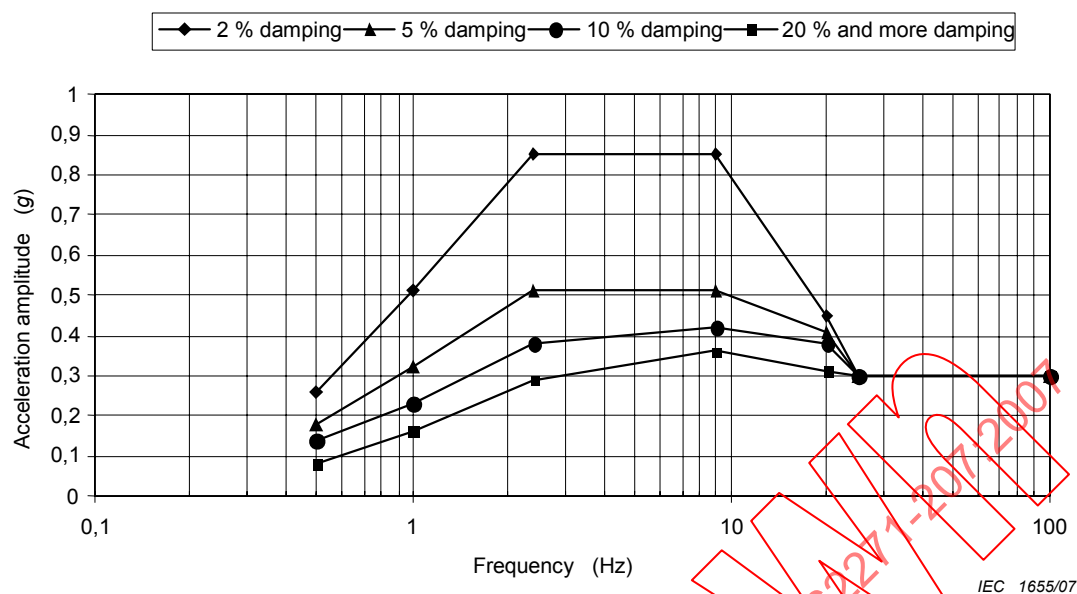


Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s ²			
	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,5	4,3	2,9	2,1	1,8
1,0	8,5	5,2	4,3	3,2
2,4	14,0	8,7	6,4	5,2
9,0	14,0	8,7	7,3	6,1
20,0	7,5	7,0	6,4	5,2
25,0	5,0	5,0	5,0	5,0

NOTE 1 According to IEC 60068-3-3, the value of g is rounded up to the nearest unity, that is 10 m/s².

NOTE 2 According to IEC 60068-2-57, RRS are represented in the recommended shape of generalized form.

**Figure 1 – RRS for ground-mounted switchgear assemblies –
Qualification level: AF5; ZPA = 5 m/s² (0,5 g)**

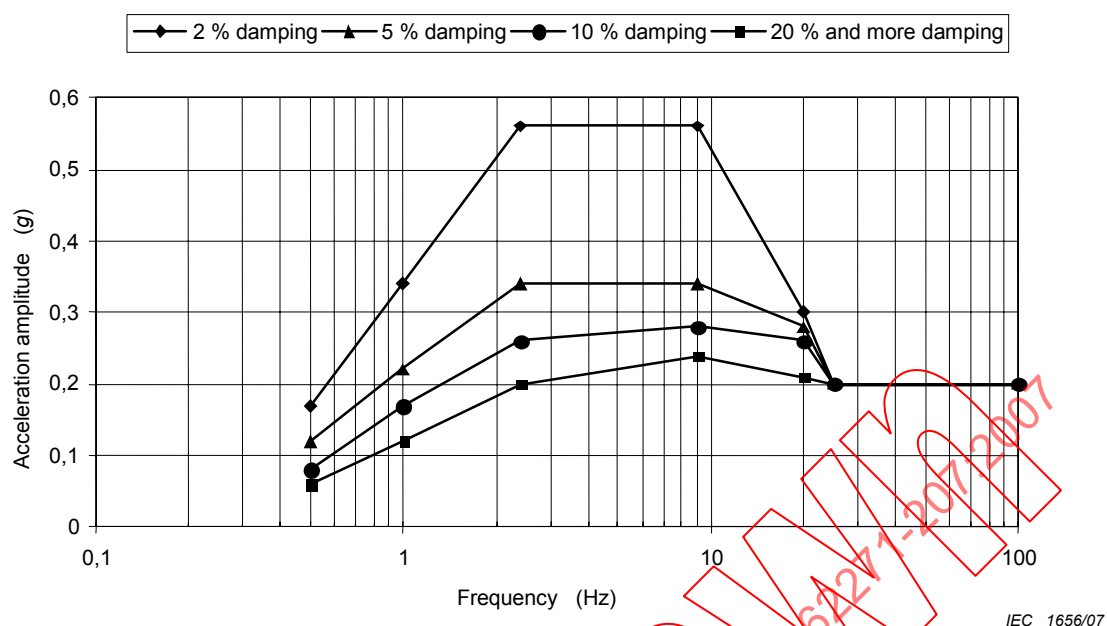


Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s ²			
	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,5	2,6	1,8	1,4	0,8
1,0	5,1	3,2	2,3	1,6
2,4	8,5	5,1	3,8	2,9
9,0	8,5	5,1	4,2	3,6
20,0	4,5	4,1	3,8	3,1
25,0	3,0	3,0	3,0	3,0

NOTE 1 According to IEC 60068-3-3, the value of g is rounded up to the nearest unity, that is 10 m/s².

NOTE 2 According to IEC 60068-2-57, RRS are represented in the recommended shape of generalized form.

**Figure 2 – RRS for ground-mounted switchgear assemblies –
Qualification level: AF3; ZPA = 3 m/s² (0,3 g)**



Frequency Hz	Acceleration amplitude m/s ²			
	Damping 2 %	Damping 5 %	Damping 10 %	Damping 20 % and more
0,5	1,7	1,2	0,8	0,6
1,0	3,4	2,2	1,7	1,2
2,4	5,6	3,4	2,6	2,0
9,0	5,6	3,4	2,8	2,4
20,0	3,0	2,8	2,6	2,1
25,0	2,0	2,0	2,0	2,0

NOTE 1 According to IEC 60068-3-3, the value of g is rounded up to the nearest unity, that is 10 m/s².

NOTE 2 According to IEC 60068-2-57, RRS are represented in the recommended shape of generalized form.

**Figure 3 – RRS for ground-mounted switchgear assemblies –
Qualification level: AF2; ZPA = 2 m/s² (0,2 g)**

Annex A (normative)

Characterization of the test-set

A.1 Low-level excitation

A.1.1 General

The method exploits the application of a low-level excitation of the test-set for the determination of its natural response.

A.1.2 Test method

When portable exciter is used, experimenters must pay attention to the influence of the weight of portable exciters. With the test-set mounted to simulate the recommended service mounting conditions, a number of portable exciters are attached at the points on the test-set which will best excite its various modes of vibration.

The data obtained from the monitoring instruments placed on the test-set may be used to analyse its dynamic performance.

A.1.3 Analysis

The frequency responses obtained from the test are used to determine the modal frequencies and damping ratios which shall be used in the dynamic analysis of the test-set stated in Clause 7. This method provides a greater degree of certainty in analysis since the analytical model is refined to reflect the measured natural frequencies and experimental damping ratios.

A.2 Free oscillation test

A.2.1 General

Free oscillation tests may be used for the identification of the dynamic behaviour of a test-set that can be modelled as a single degree of freedom system (e.g. the bushings).

A.2.2 Natural frequency determination

To determine the natural frequency (first vibration mode) the test-set, fully arranged for service, shall be fixed to a rigid foundation by the recommended means.

The arbitrary force magnitude shall be used when sufficient measuring deformation is obtained.

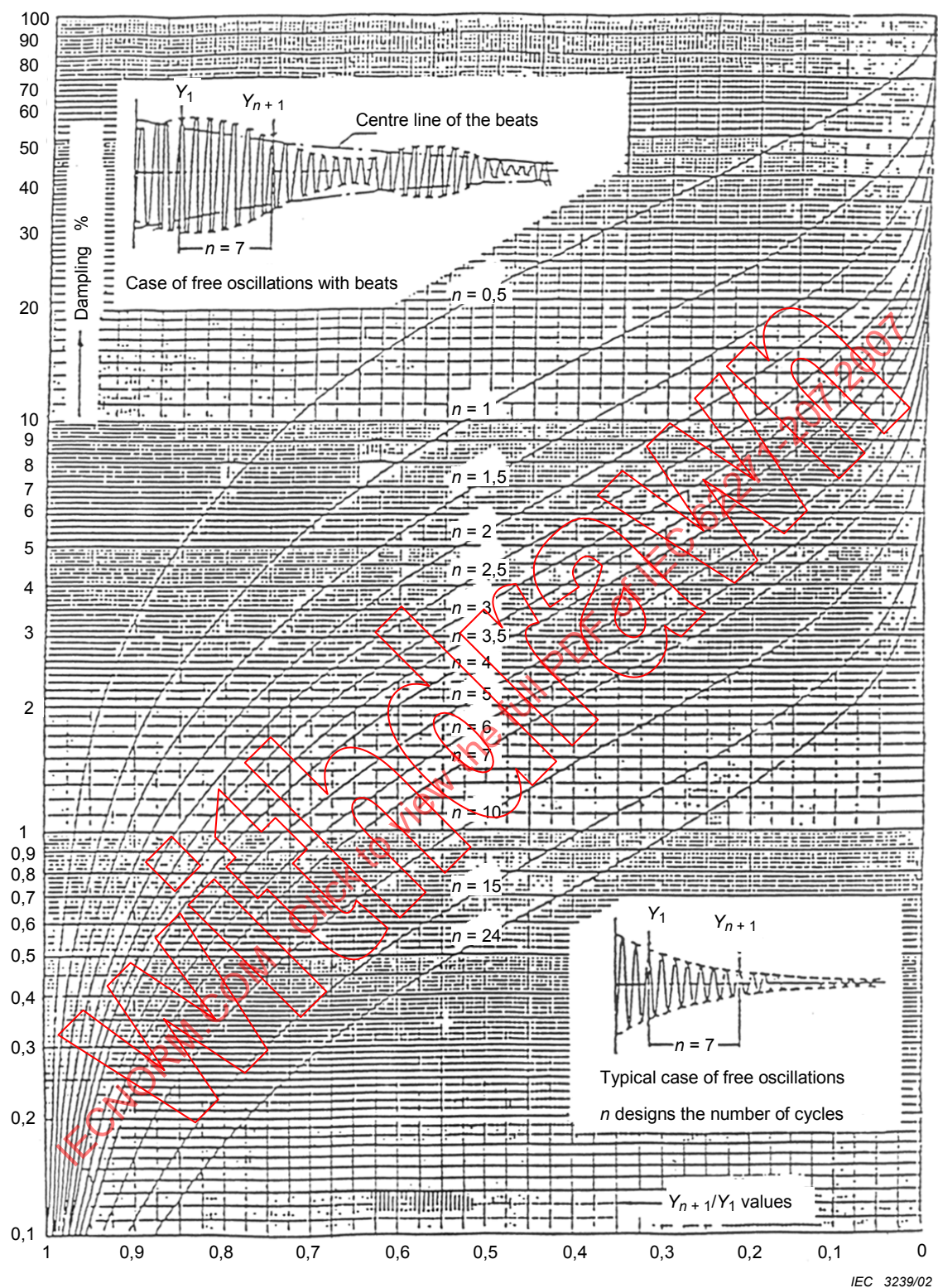
The arbitrary force shall be applied at the vicinity of gravity centre or at any place where the sufficient measuring deformation is obtained (such as free end of equipment).

A.2.3 Damping ratio determination

To determine the damping ratio of the test-set, the same test may be used but, in this case, the recording of the oscillations shall be made with suitable sensitivity and accuracy to determine the logarithmic decrement of the oscillations as a function of time. The equivalent damping ratio is determined using the monogram of Figure A.1, taken from the sequence of peaks in the recorded wave in that range of the record in which the logarithmic decrement appears most clear.

A.2.4 Special cases in the natural frequency and damping ratio determination

As the test-set consists of different elements, each one susceptible to vibration, the tests in A.2.2 and A.2.3 shall be made by applying tensile force around the centre of gravity of each of the several masses subject to vibration and simultaneously recording the oscillation of those points corresponding to the greatest amplitude, while attempting to detect the modes of oscillation in the arrangement. In such cases, it is possible that the record of oscillations in one element is influenced by the oscillations of some other element with a similar frequency, in which case the determination shall be made as described in the sketch shown at the top of Figure A.1.



IEC 3239/02

Figure A.1 – Monogram for the determination of equivalent damping ratio

Annex B (informative)

Criteria for seismic adequacy of gas-insulated metal-enclosed switchgear

B.1 General

B.1.1 Soil and building structure interaction

Soil and building structure interaction may be described if it is desirable to calculate the effect of their presence. Measures that may be taken to minimize soil and building structure interaction are as follows:

- a) lower centre of gravity of equipment;
- b) lightweight equipment;
- c) use of monolithic foundations or buildings meeting seismic requirements.

B.1.2 Displacement limitations

Considerations that impose displacement limitations on equipment may be described as follows:

- a) alignment of moving parts;
- b) leakage of insulating gas;
- c) impact with adjacent equipment;
- d) reduction of dielectric spacing and damage to insulation;
- e) interconnection to equipment on adjoining foundations.

B.2 Recommended installation provisions and practices

B.2.1 Foundations

It is recommended that, as far as possible, all interconnected equipment be placed on a monolithic foundation to reduce differential movements due to the design earthquake. When interconnected equipment is not located on the same foundation, then the expected differential motions between equipment due to foundation motion shall be provided.

Consideration may be given to soil interaction on underground conduits entering and leaving through the foundations. If equipment is rigidly coupled to structural elements, such as walls or adjacent floors, the element response and relative motion may be taken into account.

B.2.2 Methods for anchoring equipment to foundations

It is strongly recommended that large equipment and equipment with large dimensions between anchor locations be anchored to steel members imbedded in and firmly attached to structural elements in the concrete. Location and type of fixings may be shown on the manufacturer's drawing. All fixings shall be adequate for forces coming from a design earthquake. Exposed fixings may have a protective coating.

If bolts are used to anchor equipment, they shall be either cast in fresh concrete or fixed by means of well-tested chemical anchors for drilled holes in hardened concrete. The use of bolts or anchors that are placed in holes drilled in hardened concrete is not recommended. Bolts of mild, ductile steel are preferred.

Consideration may be given to any unequal distribution of dynamic earthquake loading on the anchor bolts (due to bolt hole tolerance, torque load or non-contact of nut). The torque value to which the anchor bolts are tightened, their size and location, shall be shown on the construction drawings. In addition, the strength and material specifications shall be provided.

All anchor systems shall be designed to accommodate torsion, shear and bending and axial loads and any combination thereof that is experienced during the design earthquake. Shear and tensile strength of that portion of the anchor system within the foundation may be greater than the strength of the bolt attaching to the equipment.

NOTE See [1] *.

B.2.3 Interconnection to adjacent equipment

All interconnections between structures shall be adequate to accommodate all large relative motions.

Structurally and dynamically dissimilar structures may experience large relative displacements. Leads and interconnections shall be long and flexible enough to allow these displacements to occur without causing damage. Particular attention shall be paid to brittle non-ductile parts such as ceramic bushings and insulators. In no circumstances shall electrical or structural interconnections abruptly stiffen leading to increased motion and strain. Such nonlinearities develop large impact forces. Consideration shall be given to the resultant change in dynamic characteristics of the equipment as a result of any being used to make interconnections between equipment.

B.2.4 Use of bracings on switchgear structure

Stiffening the equipment may increase some of its natural frequencies, raising them out of the critical range of earthquake energy. Diagonal cross-bracing and axial load-carrying members can be used to stiffen or strengthen equipment. Where bracing is employed, particular attention should be paid to the following aspects:

- a) bolted joints are recommended throughout the structure so as to increase the effective damping at high force levels;
- b) information concerning the correct torque for all bolts shall be supplied, thus ensuring the assemblies will behave dynamically as intended;
- c) if part of the structure is to be supplied by the user, then the manufacturer or user, or both, shall supply the necessary information so that the static and dynamic characteristics and foundation requirements can be easily determined.

* References in square brackets refer to the bibliography.

The following basic requirements on the bracing should be taken into account:

- i) the bracing shall be substantially stiffer than the structure it reinforces so as to be effective;
- ii) the bracing shall not buckle or exhibit a sharply nonlinear behaviour. In particular, any abrupt stiffening under any circumstance is to be avoided;
- iii) permanent deformation in the bracing after a design earthquake is acceptable provided that it does not impair normal functioning of the GIS.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-207:2007

Bibliography

- [1] IEEE 693, 2005, *IEEE Recommended Practices for Seismic Design of Substations*
 - [2] IEEE C37.122, 1993, *IEEE Standard for Gas-Insulated Substations*
 - [3] IEC/TR 62271-300, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers*
-

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-207:2007

Withdrawing

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-207:2007

Withdrawn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
1 Domaine d'application et objet	30
2 Références normatives	30
3 Termes et définitions	31
4 Exigences pour la qualification sismique	31
4.1 Généralités	31
4.2 Analyse préliminaire	31
4.2.1 Choix du spécimen d'essai représentatif	31
4.2.2 Modèle mathématique du spécimen d'essai	31
5 Sévérités	32
6 Qualification par essais	32
6.1 Introduction	32
6.2 Montage	32
6.3 Mesures	33
6.4 Gamme de fréquences	33
6.5 Sévérité de l'essai	33
6.5.1 Généralités	33
6.5.2 Paramètres pour l'excitation par accélérogramme	33
6.6 Essais	33
6.6.1 Axes d'essais	33
6.6.2 Séquence d'essais	33
7 Qualification par combinaison d'essais et de calculs numériques	34
7.1 Introduction	34
7.2 Données vibratoires et fonctionnelles	35
7.3 Calculs numériques	35
7.3.1 Généralités	35
7.3.2 Méthode de calcul numérique par accélérogramme	35
7.3.3 Analyse modale et spectrale à l'aide de spectres de réponse spécifiés	36
7.3.4 Calcul au moyen du coefficient statique	36
8 Evaluation de la qualification sismique	36
8.1 Combinaison des contraintes	36
8.2 Critères d'acceptation de l'essai sismique	37
8.3 Evaluation fonctionnelle des résultats d'essai	37
8.4 Contraintes admissibles	37
9 Documentation	37
9.1 Renseignements pour la qualification sismique	37
9.2 Rapport d'essai	37
9.3 Rapport de calculs	38
Annexe A (normative) Caractérisation du spécimen d'essai	42
Annexe B (informative) Critères pour la tenue sismique des appareillages sous enveloppe métallique à isolation gazeuse	45

Bibliographie.....	48
Figure 1 – Spectres de réponse spécifiés pour ensembles d'appareillages montés au sol – Niveau de qualification: AF5; ZPA = 5 m/s ² (0,5 g).....	39
Figure 2 – Spectres de réponse spécifiés pour ensembles d'appareillages montés au sol – Niveau de qualification: AF3; ZPA = 3 m/s ² (0,3 g).....	40
Figure 3 – Spectres de réponse spécifiés pour ensembles d'appareillages montés au sol – Niveau de qualification: AF2; ZPA = 2 m/s ² (0,2 g).....	41
Figure A.1 – Abaque pour la détermination d'un facteur d'amortissement équivalent	44
Tableau 1 – Niveaux de qualification sismique pour les ensembles d'appareillages – Degrés de sévérité horizontale	32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

**Partie 207: Qualification sismique pour ensembles
d'appareillages à isolation gazeuse pour des niveaux
de tension assignée supérieurs à 52 kV**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62271-207 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles d'appareillages à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/407/FDIS	17C/415/RVD

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

Cette première édition de la CEI 62271-207 annule et remplace la première édition de la CEI 62271-2 et constitue une révision technique.

La modification par rapport à la CEI 62271-2 est la suivante:

- la tension assignée minimale a passé de 72,5 kV à supérieure à 52 kV;

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62271, regroupées sous le titre général *Appareillage à haute tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-207:2007

Withdrawn

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 207: Qualification sismique pour ensembles d'appareillages à isolation gazeuse pour des niveaux de tension assignée supérieurs à 52 kV

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux ensembles d'appareillages à courant alternatif de tension assignée supérieure à 52 kV, installés à l'intérieur ou à l'extérieur, en incluant leurs châssis-supports montés rigidement au sol. Cette norme ne couvre pas les qualifications sismiques des disjoncteurs à cuve sous tension. Les ensembles d'appareillages ont généralement des centres de gravité bas, comme par exemple les appareillages à isolation gazeuse (GIS, *gas-insulated switchgear*).

Pour des ensembles d'appareillages avec des niveaux de gravitation plus élevés, comme par exemple des disjoncteurs à cuve sous tension, la CEI 62271-300 est applicable.

Lorsque les ensembles d'appareillages ne sont pas montés au sol, par exemple dans un bâtiment, les conditions d'application font l'objet d'un accord entre les utilisateurs et les constructeurs.

La qualification sismique des ensembles d'appareillages prend en compte tout équipement auxiliaire et de commande monté directement ou sur un châssis séparé.

La présente norme donne des procédures pour la qualification sismique des ensembles d'appareillages de tension assignée supérieure à 52 kV montés au sol.

La qualification sismique des ensembles d'appareillages n'est effectuée que sur demande.

La présente norme spécifie des niveaux de sévérité sismique et propose un choix de méthodes qui peuvent être utilisées pour démontrer la conformité des ensembles d'appareillages à haute tension pour lesquels une qualification sismique est exigée.

L'analyse sismique finale doit être effectuée en supposant que l'appareillage est installé sur un sol ferme.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60068-2-47, *Essais d'environnement – Partie 2-47: Essais – Fixation de spécimens pour essais de vibrations, d'impacts et autres essais dynamiques*

CEI 60068-2-57, *Essais d'environnement – Partie 2-57: Essais – Essai Ff: Vibrations – Méthode par accélérogrammes*

CEI 60068-3-3:1991, *Essais d'environnement – Troisième partie: Guide – Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

CEI 62271-203, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

CEI 60694, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60068-3-3, de la CEI 62271-203 et de la CEI 60694 s'appliquent.

4 Exigences pour la qualification sismique

4.1 Généralités

La qualification sismique doit démontrer l'aptitude des ensembles d'appareillages à supporter des contraintes sismiques.

Aucune défaillance des circuits principaux, des circuits auxiliaires et de commande, y compris des châssis de montage pertinents, ne doit se produire.

Les déformations permanentes sont acceptées à condition qu'elles n'aient pas d'incidence sur le fonctionnement de l'équipement. L'équipement doit fonctionner correctement après le séisme, comme indiqué en 8.2 et 8.3.

NOTE Aux Etats-Unis d'Amérique l'évaluation de la qualification sismique se fait selon la norme IEEE 693.

4.2 Analyse préliminaire

4.2.1 Choix du spécimen d'essai représentatif

Pour des raisons pratiques relatives à la disponibilité des moyens d'essais, la qualification sismique des ensembles d'appareillages peut nécessiter la définition et le choix de différentes configurations représentatives de l'ensemble de l'équipement dans le but de vérifications structurelles et fonctionnelles.

De tels spécimens d'essai doivent comporter les appareils de connexion équipés de leurs mécanismes de manœuvre et de l'équipement de commande, et les interfaces électriques et mécaniques.

Il est recommandé

- de soumettre aux essais les composants génériques; de soumettre aux essais les composants présentant les pires caractéristiques, tels que ceux avec la charge et le centre de gravité les plus hauts;
- d'identifier le comportement dynamique de l'usine (fréquences propres et facteurs d'amortissement) par les expérimentations telles que décrites à l'Annexe A.

4.2.2 Modèle mathématique du spécimen d'essai

Sur la base d'informations techniques concernant les caractéristiques de conception des sous-stations, un modèle tridimensionnel du spécimen d'essai doit être réalisé. Un tel modèle doit prendre en compte la présence de compartiments réels et de leurs châssis-supports, et doit avoir une précision suffisante pour décrire le comportement dynamique du spécimen d'essai dans la gamme de fréquences étudiée.

5 Sévérités

Les niveaux de sévérité doivent être choisis dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Niveaux de qualification sismique pour les ensembles d'appareillages – Degrés de sévérité horizontale

Niveau de qualification	Spectre de réponse spécifié (RRS, <i>required response spectrum</i>)	Accélération à période nulle (ZPA, <i>zero period acceleration</i>) m/s ²
AF5	Figure 1	5
AF3	Figure 2	3
AF2	Figure 3	2

Pour les degrés de sévérité verticale, le facteur de direction est 0,5 (voir CEI 60068-3-3).

NOTE 1 Le spectre de réponse spécifié pour le niveau de qualification AF5 couvre partiellement, pour la gamme de fréquences prépondérantes de 1 Hz à 35 Hz, les spectres de réponse suivants: Endesa, Edelca, USA/NRC RG 1.60, Newmark Design Response Spectra (à l'échelle 5 m/s²), Nema (accélération maximale des fondations de 5 m/s²), Dept. of Water & Power Los Angeles, San Diego SDG & E Imperial Substation.

NOTE 2 Des informations sur la corrélation entre niveaux de qualification sismique et différentes échelles sismiques sont données dans la CEI 60068-3-3.

6 Qualification par essais

6.1 Introduction

Les procédures pour les essais de qualification d'un spécimen d'essai doivent être conformes à la CEI 60068-3-3.

La qualification doit être effectuée sur des spécimens d'essai représentatifs, comme décrit en 4.2.1.

Si les équipements auxiliaires et de commande ou d'autres parties de l'équipement sont dynamiquement désaccouplés, il est admis qu'ils soient qualifiés indépendamment.

Si un spécimen d'essai ne peut être essayé avec son propre châssis-support (par exemple à cause de sa taille), l'influence dynamique du châssis doit être déterminée par calcul et prise en compte dans l'essai.

La méthode d'essai de l'accélérogramme est à préférer puisqu'elle simule plus précisément les conditions réelles, particulièrement si le comportement du spécimen d'essai n'est pas linéaire. La méthode d'essai doit être en accord avec la CEI 60068-2-57.

6.2 Montage

Le spécimen d'essai doit être monté comme en service, avec ses amortisseurs (le cas échéant).

L'orientation horizontale du spécimen d'essai doit être telle que l'axe d'excitation agisse selon ses deux axes orthogonaux principaux.

Aucune fixation ou connexion nécessaire seulement pour l'essai ne doit affecter le comportement dynamique du spécimen d'essai.

La méthode de montage du spécimen d'essai doit être décrite en détails et doit comprendre une description de toutes les fixations et de tous les raccords d'interface (voir CEI 60068-2-47).

6.3 Mesures

Les mesures doivent être effectuées conformément à la CEI 60068-3-3, et doivent comprendre les éléments suivants:

- les mouvements de vibration des composants où des déviations maximales et des déplacements relatifs significatifs sont attendus;
- les contraintes appliquées aux éléments critiques (par exemple traversées, brides, enveloppes et châssis-soutiens).

6.4 Gamme de fréquences

La gamme de fréquences doit être comprise entre 0,5 Hz et 35 Hz. La gamme de fréquences est appliquée à la recherche de la fréquence de résonance et à la génération d'une vague de tremblement de terre artificielle.

6.5 Sévérité de l'essai

6.5.1 Généralités

La sévérité de l'essai doit être choisie conformément à l'Article 5.

Les spectres de réponse spécifiés recommandés sont donnés aux Figures 1 à 3 pour les différents niveaux de qualification sismique. Les courbes se rapportent à des facteurs d'amortissement des ensembles d'appareillages de 2 %, 5 %, 10 % et 20 % ou plus. Si le facteur d'amortissement est inconnu, un amortissement de 2 % est appliqué.

Des valeurs différentes d'amortissement peuvent être obtenues par interpolation linéaire.

6.5.2 Paramètres pour l'excitation par accélérogramme

La durée totale de l'accélérogramme doit être de 30 s environ, et sa partie forte doit durer au moins 6 s. La partie forte est la partie de l'accélérogramme avec l'accélération la plus forte.

6.6 Essais

6.6.1 Axes d'essais

Les axes d'essais doivent être choisis conformément à la CEI 60068-3-3.

Dans certains cas, l'accélération verticale n'engendre que des contraintes négligeables et l'excitation verticale peut être omise. Dans ces cas, une justification pour l'omission de la composante verticale doit être fournie.

6.6.2 Séquence d'essais

6.6.2.1 Généralités

La séquence d'essais doit être la suivante:

- vérifications fonctionnelles avant les essais;
- recherche de la réponse vibratoire (nécessaire à la détermination des fréquences critiques, des facteurs d'amortissement et/ou pour les analyses);
- essai de qualification sismique, et

- vérifications fonctionnelles après les essais.

6.6.2.2 Vérifications fonctionnelles

Les caractéristiques fonctionnelles et les réglages suivants doivent être relevés ou évalués (quand cela s'applique) avant et après les essais à la tension assignée d'alimentation et à la pression assignée de fonctionnement:

- a) durée de fermeture;
- b) durée d'ouverture;
- c) écart de simultanéité entre chambres de coupure d'un pôle;
- d) écart de simultanéité entre les pôles (dans le cas d'essais multipolaires);
- e) étanchéité aux gaz et/ou aux liquides;
- f) mesure de la résistance du chemin de courant principal.

6.6.2.3 Recherche de la réponse vibratoire

La recherche de la fréquence de résonance et l'essai de mesure de l'amortissement doit être effectuée conformément à la CEI 60068-3-3 dans la gamme de fréquences spécifiée en 6.5.

6.6.2.4 Essai de qualification sismique

L'essai doit être effectué en appliquant une procédure choisie dans les diagrammes de l'Annexe A de la CEI 60068-3-3, selon les moyens d'essais.

L'essai doit être effectué une fois au niveau choisi de l'Article 5.

Pendant l'essai sismique, les paramètres suivants doivent être enregistrés:

- contraintes appliquées aux éléments critiques (par exemple traversées, brides, enveloppes et châssis-supports);
- déviation des composants où des déplacements significatifs sont attendus;
- continuité électrique du circuit principal (si cela s'applique);
- continuité électrique des circuits auxiliaires et de commande à la tension assignée;
- accélération.

7 Qualification par combinaison d'essais et de calculs numériques

7.1 Introduction

Cette méthode peut être utilisée dans les cas suivants:

- pour qualifier des ensembles d'appareillages déjà essayés dans des conditions sismiques différentes;
- pour qualifier des ensembles d'appareillages similaires à d'autres ensembles déjà essayés mais qui ont subi des modifications influençant leur comportement dynamique (par exemple changement de l'agencement des assemblages ou de la masse des composants);
- pour qualifier des ensembles d'appareillages dont les données fonctionnelles et vibratoires sont connues;
- pour qualifier des ensembles d'appareillages qui ne peuvent l'être par de seuls essais (par exemple à cause de leur taille et/ou de leur complexité).

7.2 Données vibratoires et fonctionnelles

Les données vibratoires pour le calcul (facteurs d'amortissement, fréquences critiques, contraintes des éléments critiques en fonction de l'accélération appliquée) doivent être fournies par l'une des méthodes suivantes:

- a) l'essai dynamique d'un spécimen d'essai semblable;
- b) un essai dynamique à un niveau d'essai inférieur;
- c) la détermination des fréquences critiques et des facteurs d'amortissement par d'autres essais tels que les essais d'oscillation libre (aussi appelés essais de lâcher statique) ou des essais d'excitation à bas niveau (voir Annexe A).

Les données fonctionnelles peuvent être fournies par un essai effectué précédemment sur un spécimen d'essai similaire.

7.3 Calculs numériques

7.3.1 Généralités

La procédure générale est la suivante:

- a) établir, à l'aide des données expérimentales indiquées en 7.2, un modèle mathématique des ensembles d'appareillages en vue de déterminer leurs caractéristiques dynamiques. Du fait de la modularité des ensembles d'appareillages, le modèle mathématique réalisé et étalonné du spécimen d'essai peut être étendu à la sous-station complète, si on précise que les bonnes adaptations, relatives aux différences structurelles existantes des différents modules, sont étudiées;
- b) étalonner le modèle mathématique en prenant en compte les non-linéarités de la réponse dynamique du spécimen d'essai déterminée pendant l'expérimentation décrite à l'Annexe A;
- c) déterminer la réponse dans la gamme de fréquences donnée en 6.5, à l'aide de l'une des méthodes décrites aux paragraphes suivants, mais d'autres méthodes peuvent être utilisées si elles sont justifiées correctement.

7.3.2 Méthode de calcul numérique par accélérogramme

Lorsque l'analyse sismique est effectuée à l'aide de la méthode de calcul par accélérogramme, les accélérogrammes représentant le mouvement du sol doivent être conformes aux spectres de réponse spécifiés (voir Tableau 1). Deux types de superpositions peuvent généralement être effectués selon la complexité du calcul:

- a) calcul séparé des réponses maximales à chacune des trois composantes du mouvement sismique (x et y dans le plan horizontal et z dans l'axe vertical). La réponse à chaque composante horizontale doit être combinée à la réponse dans l'axe vertical en prenant la racine carrée de la somme quadratique, c'est-à-dire $(x^2 + z^2)^{1/2}$ et $(y^2 + z^2)^{1/2}$. La plus grande de ces deux valeurs est utilisée pour dimensionner les ensembles d'appareillages;
- b) calcul simultané des réponses maximales en supposant l'un des axes sismiques horizontaux et l'axe vertical (x avec z), puis calcul avec l'autre axe horizontal et l'autre axe vertical (y avec z). Cela signifie qu'à chaque pas de calcul toutes les valeurs (forces, contraintes) sont combinées algébriquement. La plus grande de ces deux valeurs est utilisée pour dimensionner les ensembles d'appareillages.

7.3.3 Analyse modale et spectrale à l'aide de spectres de réponse spécifiés

Lorsque la méthode des spectres de réponse est utilisée pour l'analyse sismique, la méthode de combinaison des contraintes doit être décrite ci-après pour un système de coordonnées orthogonales dans les axes principaux des ensembles d'appareillages et avec x et y dans le plan horizontal et z dans l'axe vertical. Les valeurs maximales de contraintes dans les ensembles d'appareillages pour chacune des trois directions x , y et z sont obtenues en faisant la somme quadratique des contraintes calculées pour les différentes fréquences modales dans chacune de ces directions. Les valeurs maximales dans le plan (x , z) et dans le plan (y , z) sont combinées en prenant la somme quadratique. La plus grande valeur des deux cas, à savoir plan (x , z) ou plan (y , z), est utilisée pour le dimensionnement des ensembles d'appareillages.

7.3.4 Calcul au moyen du coefficient statique

Pour du matériel rigide la méthode statique doit être appliquée (la fréquence de résonance la plus basse du matériel est supérieure à 35 Hz). Elle peut aussi être utilisée pour du matériel flexible en variante de méthode de calcul; elle permet une technique plus simple mais conduit à un surdimensionnement. Aucune recherche des fréquences propres n'est effectuée, mais on suppose que le spectre de réponse des ensembles d'appareillages est la valeur maximale du spectre de réponse spécifié à une valeur sûre et vérifiable de l'amortissement. Le coefficient de 1,5 doit seulement être appliqué au calcul au moyen du coefficient statique.

Les efforts sismiques sur chaque partie des ensembles d'appareillages sont obtenus en multipliant la valeur de la masse, concentrée à son centre de gravité, par l'accélération.

La force résultante doit être répartie proportionnellement à la répartition des masses.

Le calcul des contraintes peut alors être poursuivi, comme indiqué en 8.1.

8 Evaluation de la qualification sismique

8.1 Combinaison des contraintes

Les contraintes sismiques déterminées par essai ou par calcul doivent être combinées algébriquement à d'autres contraintes de service pour déterminer l'aptitude des ensembles d'appareillages à supporter la contrainte totale.

La probabilité d'apparition pendant la vie des ensembles d'appareillages, d'un séisme au niveau de qualification recommandé est faible, et la contrainte sismique maximale d'un séisme naturel ne s'appliquerait que si les ensembles d'appareillages étaient excités à leurs fréquences critiques avec une accélération maximale. Comme cela ne durerait que quelques secondes, la combinaison de ces contraintes avec les contraintes électriques, climatiques et mécaniques extrêmes de service conduirait à une accumulation irréaliste de facteurs de sécurité.

Sauf spécification particulière contraire, on considère que les contraintes suivantes sont susceptibles de s'appliquer en plus:

- pression interne assignée;
- charges permanentes (poids mort);
- effets thermiques.

La combinaison des contraintes doit être effectuée par calcul statique, en appliquant les forces dans la direction où elles s'exercent.

8.2 Critères d'acceptation de l'essai sismique

La forme d'onde de simulation sismique doit produire un spectre de réponse d'essai enveloppant le spectre de réponse spécifié (calculé avec le même facteur d'amortissement) et avoir une accélération dont la valeur de crête est supérieure ou égale à l'accélération de période nulle. Des détails sur les critères d'acceptation pour les essais sismiques sont donnés dans la CEI 60068-2-57.

8.3 Evaluation fonctionnelle des résultats d'essai

Les résultats fonctionnels ne sont normalement acquis que par des essais dynamiques. Ces résultats peuvent être extrapolés pour obtenir une qualification par combinaison d'essais et de calculs. En particulier,

- a) les contacts principaux doivent rester en position ouverte ou fermée pendant l'essai sismique;
- b) le battement des relais ne doit pas provoquer le fonctionnement des dispositifs de coupure;
- c) le battement des relais ne doit pas donner une indication incorrecte de l'état des ensembles d'appareillages (position, signaux d'alarme);
NOTE Normalement, le battement des relais pendant moins de 5 ms est considéré comme acceptable.
- d) la reprise du réglage des appareils de surveillance est considérée comme acceptable si le fonctionnement global des ensembles d'appareillages n'en est pas affecté;
- e) en principe, aucune différence significative ne doit apparaître entre les vérifications fonctionnelles effectuées au début et à la fin de la séquence d'essais (voir 6.6.2.2);
- f) aucune fissure ou déformation ne doit être trouvée sur les équipements et leurs supports.

8.4 Contraintes admissibles

La vérification sismique des équipements mécaniques et électriques, ainsi que la conception de leurs structures de support, doivent être effectuées sur la base des contraintes admissibles ou du concept de vérification des limites extrêmes dépendant de règles locales.

Les contraintes totales des composants faits de matériaux avec un point de rupture vérifiable, en raison des combinaisons de contraintes telles que décrites en 8.1, ne doivent pas excéder 100 % de la force de rupture du matériau.

NOTE 1 Les valeurs limites dépendent des matériaux utilisés et sont définies dans la réglementation nationale et régionale (par exemple Eurocode).

NOTE 2 Si les valeurs résultant de l'analyse montrent une marge de sécurité trop faible comparée aux limites extrêmes permises, une analyse complémentaire prenant en compte les effets du sol sur le comportement dynamique de la sous-station peut être réalisée.

9 Documentation

9.1 Renseignements pour la qualification sismique

Les renseignements suivants sont nécessaires aussi bien pour le calcul que pour l'essai des ensembles d'appareillages:

- a) niveau de sévérité (voir Article 5);
- b) détails de structure et de montage (voir 6.1 et 6.2);
- c) nombre et positions relatives des axes d'essai (voir 6.2).

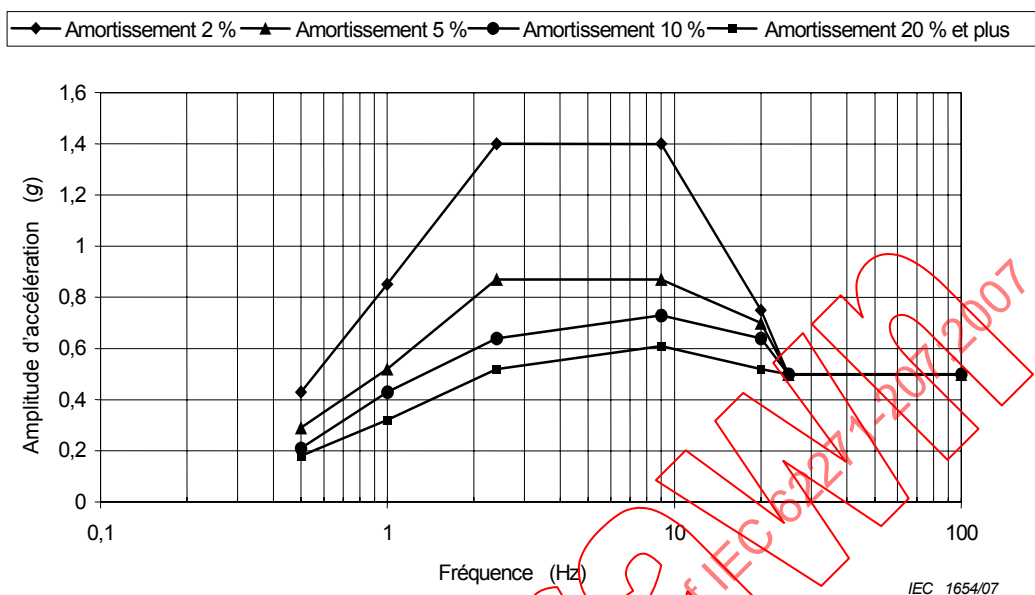
9.2 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comprendre les éléments suivants:

- a) le dossier d'identification des ensembles d'appareillages, y compris les détails de structure et de montage;
- b) les renseignements pour la qualification sismique;
- c) les moyens d'essais:
 - 1) lieu,
 - 2) description de l'équipement d'essai et de son étalonnage;
- d) la méthode et les procédures d'essai;
- e) les données d'essai comprenant les données fonctionnelles (voir 6.6.2.2, et 7.2);
- f) les résultats et les conclusions;
- g) la signature agréée et la date.

9.3 Rapport de calculs

Une démonstration de tenue comprenant des calculs doit être présentée pas à pas.



Fréquence	Amplitude d'accélération m/s^2			
	Amortissement 2 %	Amortissement 5 %	Amortissement 10 %	Amortissement 20 % et plus
0,5 Hz	4,3	2,9	2,1	1,8
1,0	8,5	5,2	4,3	3,2
2,4	14,0	8,7	6,4	5,2
9,0	14,0	8,7	7,3	6,1
20,0	7,5	7,0	6,4	5,2
25,0	5,0	5,0	5,0	5,0

NOTE 1 Selon la CEI 60068-3-3, la valeur de g est arrondie à la valeur entière la plus proche, soit $10 m/s^2$.

NOTE 2 Selon la CEI 60068-2-57, les spectres de réponse spécifiés sont représentés suivant un tracé recommandé d'usage généralisé.

Figure 1 – Spectres de réponse spécifiés pour ensembles d'appareillages montés au sol
– Niveau de qualification: AF5; ZPA = $5 m/s^2$ (0,5 g)