

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear power plants – Instrumentation systems important to safety – Electrical penetration assemblies in containment structures

Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation importants pour la sûreté – Ensembles de traversée électrique dans les structures de confinement

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60772:2018



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - 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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

Recherche de publications IEC - 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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear power plants – Instrumentation systems important to safety – Electrical penetration assemblies in containment structures

Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation importants pour la sûreté – Ensembles de traversée électrique dans les structures de confinement

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-5691-6

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
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	10
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	12
4 Abbreviated terms, symbols and acronyms	16
5 EPA types and ratings	16
5.1 EPA module type	16
5.1.1 General	16
5.1.2 Medium voltage power	16
5.1.3 Low voltage power	17
5.1.4 Low voltage control	17
5.1.5 Instrumentation	17
5.1.6 Fibre optic	18
5.2 Ratings	18
5.2.1 Rated operational voltage	18
5.2.2 Rated operational current	18
5.2.3 Rated overload current and durations	19
5.2.4 Rated conditional short-circuit current	19
5.2.5 Rated duration of short-circuit	19
5.2.6 Rated signal transmission characteristics	19
5.2.7 Rated capabilities during DBE and DEC	20
6 Design requirements.....	20
6.1 General.....	20
6.2 Mechanical design requirements	20
6.2.1 Pressure boundary	20
6.2.2 Gas leakage	20
6.2.3 Testing provisions	21
6.2.4 Integrity and tightness	21
6.2.5 Handling, transportation and storage	21
6.2.6 Attachment (installation)	21
6.2.7 Condensation	21
6.2.8 Resistance against induced vibrations	22
6.2.9 Pressure equalization, and protection against water and dust	22
6.2.10 Decontamination capability	22
6.2.11 Fire protection	22
6.2.12 Stress analysis	22
6.2.13 Accessibility.....	22
6.2.14 Shielding against radiation.....	22
6.2.15 Requirements for structural materials	22
6.2.16 Requirements for EPA sealing design (materials and construction).....	23
6.3 Electrical design requirements	23
6.3.1 Behaviour in the case of fire	23
6.3.2 Partial discharge.....	23
6.3.3 Connection Interfaces	23
6.3.4 Electrical function	24

6.3.5	Reassessing qualified life	24
6.3.6	Electrodynamic stresses	24
6.3.7	Conductor modules	24
6.3.8	Instrumentation conductor modules	24
6.3.9	Fibre optic conductor modules	25
6.3.10	Electromagnetic interference	25
6.3.11	Heating and current-carrying capability	25
6.3.12	Electrical insulation design (materials and construction)	25
7	Design qualification	26
7.1	Selection of test specimens	26
7.2	Qualification margins	26
7.3	Design tests (materials and construction)	26
7.3.1	Behaviour in the case of fire	26
7.3.2	Radiation resistance	26
7.3.3	Thermal endurance	27
7.3.4	Ageing and qualified life	27
7.3.5	Type tests	27
7.4	Qualified life test	31
7.4.1	General	31
7.4.2	Initial tests	32
7.4.3	Preconditioning	32
7.4.4	Qualified life type tests	33
7.5	Accident resistance tests	33
7.5.1	Accident radiation	33
7.5.2	Accident simulation test	33
7.5.3	Acceptance tests	34
7.6	Confirming the survivability in the case of DEC (e.g. severe accident)	34
7.7	Reassessing the qualified life	34
8	Production tests	35
8.1	General	35
8.2	Pneumatic pressure test	35
8.3	Gas leak rate test	35
8.4	Dielectric strength test	35
8.4.1	Medium voltage power EPA	35
8.4.2	Low voltage power EPA	35
8.5	Insulation resistance test	36
8.6	Conductor continuity test	36
8.7	Signal transmission characteristics	36
8.8	Fibre optic conductor modules	36
8.9	Conductor identification	36
9	Installation and field testing	36
9.1	Installation procedure	36
9.2	Mechanical installation	36
9.3	Leak rate test	37
9.4	Electrical tests	37
9.5	Fibre optic conductor modules	37
10	Quality assurance requirements	37
10.1	Materials, processes and personnel	37

10.2	Documentation of design qualification	37
10.3	Assembly and nameplate	38
10.4	Data and ratings	39
Annex A (informative)	Conversion of leak rates of miscellaneous test gases	40
A.1	General.....	40
A.2	Conversion formulas	40
Bibliography		41
Table 1 – Defined leak rates by configuration		20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60772:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION
SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – ELECTRICAL
PENETRATION ASSEMBLIES IN CONTAINMENT STRUCTURES**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60772 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1983. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Adaptation of terminology and definitions to current available IAEA and IEC glossaries.
- b) Inclusion of new requirements with respect to DBEs and DEC.
- c) Inclusion of new requirements with respect to design, construction and material used for electrical penetration assembly.
- d) Inclusion of discussion of ageing models to be used for accelerated ageing due to temperature and radiation.

- e) Inclusion of requirements in accordance with current standards on switchgears and cables.
- f) Inclusion of definitions of characteristics for instrumentation electrical penetration assemblies.
- g) More demand of electrical measurement during DBE and DEC.

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

FDIS	Report on voting
45A/1190/FDIS	45A/1203/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60772:2018

INTRODUCTION

a) Technical background, main issues and organisation of the Standard

This International Standard focuses on electrical penetration assemblies (EPAs) in containment structures. EPAs used in safety systems in nuclear facilities need to comply with various Standards in order to meet their safety functional requirements throughout their qualified life. This goal is accomplished by thorough designing, qualifying, manufacturing, testing, installation and commissioning.

Therefore, this IEC standard specifically focuses on the above-mentioned aspects. Other aspects, relating to quality assurance, reliability and selection including validation and verification activities are not part of this standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1983. The current version of this standard is intended to accomplish the following:

- Respecting new technologies (e.g. fibre optic application for signal transfer in NPPs).
- Additional potential events/accidents scenarios are to be taken into consideration. For instance, DEC scenarios are now considered in the design requirements and qualification of electrical penetration assemblies.
- Adaptation to revised or new second level standards such as IEC 60980 or IEC/IEEE 60780-323.
- Respecting the utilisation of digital electronic equipment in I&C systems instead of relay-based devices requires that more detailed consideration shall be given to resistance against electromagnetic disturbances,
- Inclusion of the comprehensive considerations of design and materials. Herein approaches as stated in IEC 60216 series and IEC 60544 series are taken into account.
- Methods for the performance of on-going qualification/reassessing the qualified life as requested in the newest revision of IEC/IEEE 60780-323 are taken into account.

This revision incorporates current practices and lessons learned from the implementation of previous versions of this standard by the nuclear industry. As part of the pressure boundary of the containment the electrical penetration assembly is always equipment important to safety, which has to ensure the containment integrity. Also, the electrical function of the EPA has to be ensured under DBE and DEC condition when it is part of an actuator or measurement chain.

This Standard does not address the design, associated calculations and test conditions of the mechanical aspects of penetration assemblies; these are published in other Standards such as ASME and European Boiler and Vessel codes. Therefore, this Standard provides references to other Standards as necessary.

b) Situation of the current Standard in the structure of the IEC SC 45A standard series

IEC 60772 is a third level IEC SC 45A document which addresses the design, qualification, manufacturing, manufacturing testing, installation and commissioning of electrical penetration assemblies.

For more details on the structure of the IEC SC 45A standard series, see item d) of this introduction.

c) Recommendations and limitations regarding the application of the Standard

IEC/IEEE 60780-323 and IEC 60980 are second level standards that give guidance for specific aspects of functional qualification of electrical equipment important to safety; in particular to environmental and seismic qualification. IEC 60772 is to be read in conjunction with those two documents.

To ensure that the Standard will continue to be relevant in future years, the emphasis has been placed on issues of principle, rather than specific technologies. Therefore, it is the task of the manufacturer, architect engineer or operator to adapt this standard to the respective needs.

d) Description of the structure of the IEC SC 45A standard series and relationships with other IEC documents and other bodies documents (IAEA, ISO)

The top-level documents of the IEC SC 45A standard series are IEC 61513 and IEC 63046. IEC 61513 provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 63046 provides general requirements for electrical power systems of NPPs; it covers power supply systems including the supply systems of the I&C systems. IEC 61513 and IEC 63046 are to be considered in conjunction and at the same level. IEC 61513 and IEC 63046 structure the IEC SC 45A standard series and shape a complete framework establishing general requirements for instrumentation, control and electrical systems for nuclear power plants.

IEC 61513 and IEC 63046 refer directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation, defence against common cause failure, control room design, electromagnetic compatibility, cybersecurity, software and hardware aspects for programmable digital systems, coordination of safety and security requirements and management of ageing. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 and IEC 63046 as a consistent document set.

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 or by IEC 63046 are standards related to specific equipment, technical methods, or specific activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general topics, can be used on their own.

A fourth level extending the IEC SC 45A standard series, corresponds to the Technical Reports which are not normative.

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the safety and security principles and basic aspects provided in the relevant IAEA safety standards and in the relevant documents of the IAEA nuclear security series (NSS). In particular this includes the IAEA requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of nuclear power plants (NPPs), the IAEA safety guide SSG-30 dealing with the safety classification of structures, systems and components in NPPs, the IAEA safety guide SSG-39 dealing with the design of instrumentation and control systems for NPPs, the IAEA safety guide SSG-34 dealing with the design of electrical power systems for NPPs and the implementing guide NSS17 for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

IEC 61513 and IEC 63046 have adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, IEC 61513 and IEC 63046 provide the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. In this framework IEC 60880, IEC 62138 and IEC 62566 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 and IEC 63046 refer to ISO as well as to IAEA GS-R-3 and IAEA GS-G-3.1 and IAEA GS-G-3.5 for topics related to quality assurance (QA). At level 2, regarding nuclear security, IEC 62645 is the entry document for the IEC SC 45A security standards. It builds upon the valid high level principles and main concepts of the generic security standards, in particular ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002; it adapts them and completes them to fit the nuclear context and coordinates with the IEC 62443 series. At level 2, IEC 60964 is the entry document for the IEC SC 45A control room standards and IEC 62342 is the entry document for the IEC SC 45A ageing management standards.

NOTE 1 It is assumed that for the design of I&C systems in NPPs that implement conventional safety functions (e.g. to address worker safety, asset protection, chemical hazards, process energy hazards) international or national standards would be applied.

NOTE 2 IEC SC 45A domain was extended in 2013 to cover electrical systems. In 2014 and 2015 discussions were held in IEC SC 45A to decide how and where general requirements for the design of electrical systems were to be considered. IEC SC 45A experts recommended that an independent standard be developed at the same level as IEC 61513 to establish general requirements for electrical systems. Project IEC 63046 is now launched to cover this objective. When IEC 63046 is published, this NOTE 2 of the introduction of IEC SC 45A standards will be suppressed.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60772:2018

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – ELECTRICAL PENETRATION ASSEMBLIES IN CONTAINMENT STRUCTURES

1 Scope

This document applies to electrical penetration assemblies (EPAs) in containment structures of nuclear power plants. It covers the engineering safety requirements to be met in the design, calculation, qualification, fabrication, assembly, testing, and installation of EPAs.

EPAs provide gas-tight and pressure-resistant penetrations through the containment for one or more electrical circuits. EPA requirements are divided into mechanical (e.g. containment integrity), and electrical or optical aspects regarding safety. The mechanical requirements are valid for all EPAs. The electrical or optical requirements are derived from the functional requirements of the connected systems, applied for monitoring and mitigating postulated events such as design basis events (DBE; e.g. loss of coolant accidents) and/or design extension conditions (DEC; e.g. severe accidents).

EPAs are distinguished by the type of electrical or optical circuit in which they are used. The derived types of EPAs are identified as follows:

- medium voltage power,
- low voltage power,
- control,
- instrumentation, and
- fibre optic.

For the purpose of this document, EPAs include:

- electrical conductors up to the connection interface inside and outside the containment (penetration conductors);
- the electrical insulation systems of penetration conductors including the electrical insulation of the connection interface;
- components for the resistance to environmental conditions, such as pressure resistance, gas tightness, temperature resistance, radiations resistance, seismic resistance enclosure of this EPA, and for connection with the containment wall;
- if required, permanently connected equipment for leak tightness monitoring;
- standard electrical connection interfaces such as cable lugs, terminals, and connectors;
- terminals and/or junction boxes (if necessary).

The components, which are not part of an EPA, include:

- components of the containment wall for the attachment of the EPA, such as sealing surfaces for bolting, or pipe connections, or nozzles requiring welding;
- cables and wires connected to the EPA conductors or connectors;
- terminal elements such as cable lugs, terminals, connectors or soldering sleeves attached to the cables and lines connected;
- leak test or evacuation devices connected temporarily to penetrations;
- the requirements for external circuits, connected to the EPA or the containment structure.

This document does not cover requirements for EPAs regarding operation and maintenance.

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 60038:2009, *IEC standard voltages*

IEC 60059:1999, *IEC standard current ratings*

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

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

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

IEC 60137:2017, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*

IEC 60332 (all parts), *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60544 (all parts), *Electrical insulating materials – Determination of the effects of ionizing radiation*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: principles, requirements and tests*

IEC 60754-2:2011, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: determination of acidity (by pH measurement) and conductivity*

IEC/IEEE 60780-323:2016, *Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification*

IEC 60947-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60980, *Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear power generating stations.*

IEC 61034-2:2005, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 2: test procedure and requirements*

IEC 61156-1, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1: General specification*

IEC 61196-1-113:2009, *Coaxial communication cables – Part 1-113: Electrical test methods – Test for attenuation constant*

IEC 62271-1:2017, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear*

IEC 62271-200:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62855, *Nuclear power plants – Electrical power systems – Electrical power systems analysis*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO 9712:2012, *Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel*

3 Terms and definitions

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

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

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

3.1

acceptance criteria

specified bounds on the value of a functional indicator or condition indicator used to assess the ability of a structure, system or component to perform its design function

[SOURCE: IAEA Safety Glossary 2016 edition]

3.2

accident conditions

deviations from normal operation that are less frequent and more severe than anticipated operational occurrences

EXAMPLE Examples of such deviations include a major fuel failure or a loss of coolant accident.

Note 1 to entry: Accident conditions comprise design basis accidents and design extension conditions.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary 2016 edition]

3.3

ageing

general process in which characteristics of a structure, system or component gradually change with time or use

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

3.4

analysis

process and result of a study aimed at understanding the subject of the analysis, while assessment may also include determinations or judgements of acceptability

Note 1 to entry: The term "analysis" is often used interchangeably with assessment. The term "assessment" may also include determinations or judgements of acceptability. Analysis is also often associated with the use of a specific technique. Hence, one or more forms of analysis may be used in assessment.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

3.5

anticipated operational occurrence

deviation of an operational process from normal operation that is expected to occur at least once during the operating lifetime of a facility but which, in view of appropriate design provisions, does not cause any significant damage to items important to safety or lead to accident conditions

EXAMPLES Examples of anticipated operational occurrences are loss of normal electrical power and faults such as a turbine trip, malfunction of individual items of a normally running plant, failure to function of individual items of control equipment, and loss of power to the main coolant pump.

Note 1 to entry: Some States and organisations use the term abnormal operation (for contrast with normal operation) for this concept.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

3.6

assessment

process and result, of analysing systematically and evaluating the hazards associated with facilities and activities, and associated protection and safety measures

Note 1 to entry: Assessment is often aimed at quantifying performance measures for comparison with criteria.

Note 2 to entry: Assessment should be distinguished from analysis. Assessment is aimed at providing information that forms the basis of a decision on whether or not something is satisfactory. Various kinds of analysis may be used as tools in doing this. Hence an assessment may include a number of analyses.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

3.7

conductor module

assembly of electrical conductors and/or optical fibres and sealing material in one module

3.8

containment

methods or physical structures designed to prevent or control the release and the dispersion of radioactive substances

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

3.9

design basis

range of conditions and events taken explicitly into account in the design of structures, systems and components and equipment of a facility, according to established criteria, such that the facility can withstand them without exceeding authorized limits

Note 1 to entry: Used as a noun, with the definition above. Also often used as an adjective, applied to specific categories of conditions or events to mean 'included in the design basis'; as, for example, in design basis accident, design basis external events and design basis earthquake.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary 2016 edition]

3.10

design basis accident

postulated accident leading to accident conditions for which a facility is designed in accordance with established design criteria and conservative methodology, and for which releases of radioactive material are kept within acceptable limits

[SOURCE: IAEA Safety Glossary 2016]

3.11

design basis events

DBE

group of design basis accidents and anticipated operational occurrences

[SOURCE: IEC 61226:2009, 3.4]

3.12

design extension condition

DEC

postulated accident conditions that are not considered for design basis accidents, but that are considered in the design process of the facility in accordance with best estimate methodology, and for which releases of radioactive material are kept within acceptable limits. Design extension conditions include conditions in events without significant fuel degradation and conditions with core melting

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

3.13

electric penetration assembly

EPA

assembly of insulated electric conductors, conductor seals, and opening seals that provides the passage for the electric conductors through a single opening in the nuclear containment structure, while providing one or more physical barriers between the inside and the outside of the containment structure

3.14

environmental conditions

physical conditions external to the EPA including, but not limited to, ambient temperature, pressure, radiation, humidity, chemical spray, etc., expected as a result of normal operating requirements and postulated initiating events

3.15

EPA/containment interface

is dependent on the EPA type as well as the options for installation (bolted / welded). For design qualification, the EPA/containment interface is defined as the flange or welded joint of the assembly

3.16

equipment qualification

generation and maintenance of evidence to ensure that equipment will operate on demand, under specified service conditions, to meet system performance requirements

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

3.17

failure

loss of the ability of a structure, system or component to function within acceptance criteria

EXAMPLE 1 A failure in, for example, a backup system may not be manifest until the system is called upon to function, either during testing or on failure of the system it is backing up.

EXAMPLE 2 A failure may be the result of e.g. a hardware fault, a software fault, a system fault, an operator error or a maintenance error.

Note 1 to entry: Note that the structure, system or component is considered to fail when it becomes incapable of functioning, whether or not this is needed at that time.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

3.18**generic design**

equipment units having identical materials, manufacturing processes, design and operating principles, that can be represented for qualification purposes by a representative unit

3.19**margin**

difference between service conditions and the conditions used for equipment qualification

[SOURCE: IEC/IEEE 60780-323:2016, 3.17]

3.20**mission time**

time the equipment is requested to function after the onset of the accident. The mission times regarding electrical function and mechanical function (tightness) may differ

3.21**normal operation**

operation within specified operational limits and conditions

Note 1 to entry: For a nuclear power plant, this includes startup, power operation, shutting down, shutdown, maintenance, testing and refueling.

[SOURCE: IAEA Safety Glossary 2016]

3.22**plant states**

Operational states		Accident conditions		
Normal operation	Anticipated operational occurrences	Design basis accidents	Design extension conditions	
			Without significant fuel degradation	With core melting

[SOURCE: IAEA safety glossary 2016 edition].

3.23**qualified condition**

condition of equipment, prior to the start of a design basis event, for which the equipment was demonstrated to meet the design requirements for the specified service conditions

[SOURCE: IEC/IEEE 60780-323:2016, 3.19]

3.24**qualified equipment**

equipment certified as having satisfied equipment qualification requirements for the conditions relevant to its safety function(s)

[SOURCE: IAEA Safety Glossary 2016 edition]

3.25

qualified life

period for which a structure, system or component has been demonstrated, through testing, analysis or experience, to be capable of functioning within acceptance criteria during specific operating conditions while retaining the ability to perform its safety functions in accident conditions for a design basis accident or a design basis earthquake

[SOURCE: IAEA Safety Glossary 2016 edition]

3.26

service life

period from initial operation to final withdrawal from service of a structure, system or component

[SOURCE: IAEA Safety Glossary 2016 edition]

3.27

severe accident

accident conditions more severe than a design basis accident and involving significant core degradation

[SOURCE: IAEA Safety Glossary edition 2016]

4 Abbreviated terms, symbols and acronyms

AC	Alternating Current
DBE	Design Basis Event
DC	Direct Current
DEC	Design Extension Condition
EPA	Electrical Penetration Assembly
NPP	Nuclear Power Plant
R	Real part of the impedance
X	Imaginary part of the impedance

5 EPA types and ratings

5.1 EPA module type

5.1.1 General

EPAs having conductors of more than one voltage rating in the assembly shall be designed with a ground barrier separating conductors of each voltage rating.

5.1.2 Medium voltage power

EPA modules with conductors for power circuits rated above 1 kV shall be defined as medium voltage power. The following electrical characteristics shall be defined:

- Rated operational voltage
- Rated operational current
- Rated overload current and durations
- Rated short-time withstand current
- Rated short-circuit thermal capacity (I^2t)

- Rated duration of short-circuit
- Rated capabilities during the DBE environmental conditions for the specified mission time, if required
- Rated capabilities during the DEC environmental conditions for the specified mission time, if required

5.1.3 Low voltage power

EPA modules with conductors for power circuits rated up to 1 kV shall be defined as low voltage power. The following electrical characteristics shall be defined:

- Rated operational voltage
- Rated operational current
- Rated overload current and durations
- Rated short-time withstand current
- Rated short-circuit thermal capacity (I^2t)
- Rated duration of short-circuit
- Rated capabilities during the DBE environmental conditions for the specified mission time, if required
- Rated capabilities during the DEC environmental conditions for the specified mission time, if required

5.1.4 Low voltage control

EPA modules with conductors for control circuits rated up to 1 kV shall be defined as low voltage control. The following electrical characteristics shall be defined:

- Rated operational voltage
- Rated operational current
- Rated capabilities during the DBE environmental conditions for the specified mission time, if required
- Rated capabilities during the DEC environmental conditions for the specified mission time, if required

5.1.5 Instrumentation

EPA modules with conductors for instrumentation circuits shall be defined as instrumentation. The following types of instrumentation modules shall be considered:

- Single wire
- Thermo-couples
- Twisted pair
- Coaxial
- Triaxial

The following electrical characteristics shall be defined:

- Rated operational voltage
- Signal transfer capabilities (rated attenuation, rated characteristic impedance)
- Rated capabilities during the DBE environmental conditions for the specified mission time, if required
- Rated capabilities during the DEC environmental conditions for the specified mission time, if required

5.1.6 Fibre optic

EPA modules with conductors for fibre optic circuits shall be defined as fibre optic. The following characteristics shall be defined:

- Single or multi-mode
- Wavelength range
- Core size
- Cladding diameter
- Attenuation (including plugs)
- Rated capabilities during the DBE environmental conditions for the specified mission time, if required
- Rated capabilities during the DEC environmental conditions for the specified mission time, if required

As optical fibres have no electrical voltage or current rating, these modules may be installed in all types of EPAs consisting also of electrical modules. EPAs may consist of fibre optic modules only.

5.2 Ratings

5.2.1 Rated operational voltage

The rated operational voltage of EPAs shall be in accordance with IEC 60038:2009.

- a) Medium voltage power
 - AC rated voltage range is defined for voltages above 1 000 V.
 - Typical AC rated voltages are 3,6 kV AC, 7,2 kV AC and 12 kV AC.
- b) Low voltage power (AC – 50/60 Hz) and DC
 - AC rated voltage range (50/60 Hz) is defined as up to 1 000 V AC, between phase to phase or phase to ground.
 - Typical AC rated voltages are 1 000 V AC, 400/690 V AC and 230 V/400 V AC.
 - DC rated voltage range is defined from 6 V DC to 440 V DC.
 - Typical DC rated voltages are 440 V DC, 220 V DC or 48 V DC.
- c) Low voltage control
 - DC rated voltage range is defined from 6 V DC to 440 V DC.
 - Typical DC rated voltages are 220 V or 48 V.
 - AC rated voltage range is defined as up to 440 V.
 - Typical AC rated voltages are 440 V AC or 220 V AC.
- d) Instrumentation
 - Instrumentation modules shall have at least the rating of the respective instrumentation circuit.

5.2.2 Rated operational current

The rated operational currents for medium voltage and low voltage power shall follow IEC 60059 and shall be defined in discrete steps in the range of (1,0 ... 8) A for each order of magnitude.

The rated continuous currents for low voltage control shall be classified in accordance with IEC 60947-1:2007, Table S.3 – “Rated values and operating ranges for current sourcing digital a.c. outputs” i.e. (0,25 ... 2) A, and IEC 60947-1:2007, Table S.4 – “Rated values and operating ranges for current sourcing digital d.c. outputs” i.e. (0,25 ... 2) A.

In accordance with the definition in 4.3.2.3 of IEC 60947-1:2007 the rated operational current shall be stated by the manufacturer taking into account the rated operational voltage, the rated frequency, the rated duty, the utilisation category and the type and rating of protective enclosure, if appropriate.

For EPAs and their modules, the rated operational current shall be defined so that a conductor is able to carry this current continuously without the steady state temperature of the conductors, the module and the whole EPA exceeding their design limits under the maximum normal environment temperature of the design service conditions, while all modules in the respective EPAs are energized with their rated continuous currents.

NOTE A recommendation for ranges of test currents in relation to conductor sizes (cross-sections given in mm² and AWG/kcmil) for the determination of rated operational currents is presented in Table 9 of IEC 60947-1:2007.

5.2.3 Rated overload current and durations

In accordance with IEC 60947-1 the rated overload current is the current occurring in an electrically undamaged circuit due to normal operation (e.g. switching of motors, their acceleration to normal speed and their operational overloads). The related equipment shall be capable of withstanding the thermal stresses due to these loads.

For EPAs and their modules, the rated overload current is the current that each conductor of a circuit is able to carry for a specified duration, following operation at rated continuous current, without the temperature of the conductors exceeding their design limits while all other conductors in the assembly are energised with their rated continuous currents under the maximum normal environment temperature of the design service conditions.

The rated overload current and the duration for medium voltage power EPAs shall be in accordance with the requirement specification. For generic testing the values applicable for low voltage power EPAs may also be used for medium voltage power EPAs.

5.2.4 Rated conditional short-circuit current

In accordance with IEC 60947-1 the rated conditional short-circuit current is the value the equipment can resist during the specified short-circuit duration.

5.2.5 Rated duration of short-circuit

In accordance with IEC 62271-1 the rated duration of the short-circuit current is the duration the equipment can carry the rated short-time withstand current.

5.2.6 Rated signal transmission characteristics

a) Characteristic impedance

In accordance with IEC 61156-1 the rated wave impedance or characteristic impedance is defined by the quotient of the voltage wave and the current wave, which are propagating in the same direction, either forwards or backwards in the transmission line.

For EPA modules the characteristic impedance shall be measured in according to IEC 61156-1 or calculated by the manufacturer with respect to the connection interface including the connection terminals.

b) Signal attenuation

In accordance with IEC 61196-1-113:2009, Clause 3, the signal attenuation is expressed in terms of the attenuation constant, which is defined by the common logarithmic ratio of the input to the output power multiplied by 100 m and divided by the length of the transmission line.

For EPA modules the value of the attenuation shall be given in dB taking into account the length between both connection interfaces of the EPA.

c) Other rated signal transfer parameters

The manufacturer may define other rated signal transfer parameters in order to characterise the capabilities of the EPA for particular applications.

These rated signal transfer parameters may be defined based on the detailed equipment specification.

5.2.7 Rated capabilities during DBE and DEC

The rated capabilities of EPA/EPA modules required to function during DBE and DEC shall be defined in the requirement specification. Rated capabilities shall be defined so that the safety function of the connected measurement or actuator chain under DBE or DEC is ensured as specified.

NOTE Examples for electrical capabilities, which may be relevant for EPAs during DBE and DEC are insulation resistance between conductor and ground, conductor and conductor, attenuation of signals or dielectric strength.

6 Design requirements

6.1 General

EPAs used in safety systems in nuclear facilities shall meet their safety functional requirements throughout their qualified life.

6.2 Mechanical design requirements

6.2.1 Pressure boundary

The pressure boundary of the EPA shall meet the requirements of the relevant national boiler and pressure vessel codes.

6.2.2 Gas leakage

The maximum gas leak rate for helium is specified in Table 1. It shall be achieved under the maximum design pressure of the containment given in the requirement specification at a temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

Table 1 – Defined leak rates by configuration

	Configuration	Defined leak rates	
1	EPA conductor module, when supplied individually	$10^{-5} \frac{\text{mbar} \times \text{l}}{\text{s}}$	$10^{-6} \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{s}}$
2	EPA exclusive of the aperture seal (not installed)	$10^{-4} \frac{\text{mbar} \times \text{l}}{\text{s}}$	$10^{-5} \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{s}}$
3	EPA including the aperture seal (installed)	$10^{-2} \frac{\text{mbar} \times \text{l}}{\text{s}}$	$10^{-3} \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{s}}$

The test may be carried out using other test gases, e.g. nitrogen. In this case helium leak rates given in Table 1 shall be recalculated based on the gas properties and boundary conditions of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$ for temperature and maximum containment design pressure given in the requirement specification. The conversion formulas are given in Annex A.

6.2.3 Testing provisions

The EPA shall include provisions for determining the leak rate without the necessity for disconnecting any electrical circuit from the assembly.

In case that these provisions are used for continuous measurements, they shall be designed to avoid leakages through measuring and pressurizing lines. These lines shall be located outside the containment.

6.2.4 Integrity and tightness

The EPA shall be designed to withstand the aggregate of operational conditions without loss of containment integrity and tightness and without assembly structural damage.

For low power voltage and medium power voltage EPAs the mechanical integrity and tightness shall be specified after the occurrence of the rated conditional short-circuit current.

The EPA shall be designed to withstand the aggregate of accident conditions without loss of containment integrity or tightness and without assembly structural damage. For safety reasons the maximum containment design temperature and maximum containment design pressure shall be considered in type testing respecting the transient loads caused by DBE or DEC (e.g. severe accidents) if applicable. Additionally, the specified mission time shall be taken into account.

6.2.5 Handling, transportation and storage

The EPA shall be designed to withstand without damage, the effects of expected temperature, humidity and mechanical loads during transportation, storage and handling.

Provision shall be made to protect the EPA from the effects of humidity and moisture during transportation and storage.

6.2.6 Attachment (installation)

Bolt attachments should be made on the inside of the containment walls in areas specially prepared for this purpose.

The maximum fastening torque shall be calculated and based on the type of seal used. Measures shall be taken to maintain the pre-stress and to prevent self-loosening of the bolts.

Bolt attachments on the outside of the containment walls may be provided, if required by the customer.

EPA attached by welding shall be designed for easy welding and in such a way that the EPA, especially the insulating materials, cannot be damaged when welded onto sleeves embedded in the containment walls.

Weld attachments should be made on the inside of the containment wall.

Weld attachments on the outside of the containment walls may be provided, if required by the customer.

The location of the EPA attachment in the containment wall should be chosen to ensure sufficient space in the vicinity of the EPA for installation and to avoid physical damage from adjacent components during installation and when installed.

6.2.7 Condensation

Measures shall be taken to avoid any condensation within the EPA.

If condensation is possible in junction boxes during normal and/or DBE or DEC condition, provisions for pressure equalization and drainage shall be implemented.

6.2.8 Resistance against induced vibrations

EPAs, when fitted with its external wiring, shall withstand the specified loads due to induced vibrations (normal operation, e.g. start-up and shut-down of NPP, as well as due to postulated external events such as earthquake, airplane crash or explosion blast).

6.2.9 Pressure equalization, and protection against water and dust

For EPA connection interfaces and their protective measures (i.e. plugs, hoods, junction boxes) provisions shall be made for pressure equalization.

Measures shall be taken to protect the EPA against water and pollutants, such as dust (for example, cable outlets facing downward). If necessary, the area shall be shielded to provide protection against water and pollutants.

For the design of plugs, hoods and junction boxes for EPAs the ingress protection degree shall be IP54 or better in accordance with IEC 60529.

6.2.10 Decontamination capability

EPAs with their junction boxes shall have a decontamination capability as demanded in the requirement specification.

If paint is to be used, e.g. as coating of EPA canisters and/or installation welds, it shall fulfil the requirements for painting and coating systems as defined for the containment structure in the requirement specification.

6.2.11 Fire protection

The materials and the design of the EPA shall be such that the material properties comply with the requirements for the containment as a fire barrier. Alternatively, an external fire protection barrier with identical features may be provided.

6.2.12 Stress analysis

If specified, a certified stress analysis covering the pressure retaining parts of the EPA shall be performed in accordance with the national boiler and pressure vessel code.

6.2.13 Accessibility

Adequate access for maintenance and inspection shall be provided.

6.2.14 Shielding against radiation

If necessary, shielding of the EPAs may be considered in the design. Shielding against operational radiation needs not be an integral part of the EPAs design, see 7.3.2.

6.2.15 Requirements for structural materials

The pressure boundary of the EPA shall meet the requirements of the relevant national boiler and pressure vessel codes.

If demanded in the requirement specification the structural materials shall be resistant to or protected against chemical attacks throughout DBE and DEC (e.g. severe accident).

NOTE Chemical attacks can be caused by, e.g. hydraulic fluids, grease or chemicals dissolved or contained in the reactor fluid.

6.2.16 Requirements for EPA sealing design (materials and construction)

The sealing design shall be resistant against transient and long lasting thermal loads, radiation loads and mechanical loads throughout the normal operation, anticipated operational occurrence and DBE conditions.

If demanded in the requirement specification the sealing design shall be resistant against transient and long lasting thermal loads, radiation loads and mechanical loads throughout DEC (e.g. severe accident).

The sealing design shall be resistant to or protected against chemical attacks expected throughout normal operation, anticipated operational occurrence and design basis accidents; and throughout DEC (e.g. severe accident), if demanded in the requirement specification.

The DBE or the DEC is assumed to occur after the intended service life of the EPA. Resistance in this context is understood as retaining the sealing function during and after the conditions specified above.

NOTE 1 Examples of transient thermal loads are temperature rises caused by pipe ruptures or H₂ combustion processes or core melt quenching.

NOTE 2 Chemical attacks can be caused by, e.g. hydraulic fluids, grease or chemicals dissolved or contained in the reactor fluid.

6.3 Electrical design requirements

6.3.1 Behaviour in the case of fire

If combustible materials are utilised as part of the EPA, they shall have reduced flame propagation properties. Alternatively, the design shall avoid flame propagation.

NOTE Flame propagation can be avoided by encapsulation (e.g. O-Ring in a groove) or by minimizing the mass of combustible materials.

If extended behaviour in the case of fire is requested for the cabling system of the plant, combustible materials used for the EPA shall have similar properties. These are:

- low halogen acid gas content, and
- low smoke density.

6.3.2 Partial discharge

Medium voltage power conductors shall not have a partial discharge level higher than 10 pC when energized with $\frac{1,5}{\sqrt{3}}$ of the rated operational voltage.

6.3.3 Connection Interfaces

Connection interfaces and splices of medium and low voltage power conductors shall be capable of carrying rated continuous currents before and after application of rated short-circuit currents without causing the connections and splices to exceed the temperature design limit.

6.3.4 Electrical function

The conductors, connections and electrical insulation systems shall be designed to withstand all electrical environmental loadings without failure or loss of function. The permitted consequences of short circuits to the electrical function shall be considered separately, dependent on the requirement specification.

The recommended standard value of rated duration of short circuit is 1 s in accordance with IEC 62271-1. If necessary, a value lower or higher than 1 s may be selected. Values of 0,5 s, 2 s and 3 s may be used dependent on the coordination of the 2nd level protection devices.

To avoid a single failure of electrical protection resulting in damage to the EPA or to the containment pressure boundary of the EPA, it is recommended to use coordinated electrical protection.

NOTE Consequently, it is assumed that the short circuit duration that an EPA withstands is longer than the time that it takes for the backup protection to trip.

6.3.5 Reassessing qualified life

Consideration should be made to reassess the EPA qualified life in accordance with IEC/IEEE 60780-323.

NOTE For example, consideration of replacement of the sensitive parts, description of periodic test procedures and defining acceptance criteria for testing and providing additional parts of the EPA, which can be aged and tested separately from the equipment already installed.

6.3.6 Electrodynamic stresses

The EPA shall be designed to withstand stresses resulting from short circuits as defined in clause 5.2.4 without loss of mechanical integrity and tightness during normal operation, DBE and DEC (e.g. severe accident).

6.3.7 Conductor modules

The conductor core cross-section shall be selected in accordance with IEC 60947-1. Utilisation shall be such that the maximum temperature rise remains within the specified limits.

6.3.8 Instrumentation conductor modules

The electrical penetrations shall be adapted to the required properties of the measurement circuit so that the cable penetrations do not have an adverse impact on the signals passing through the EPA.

A particular case is given, if an EPA conductor module is arranged between the thermocouple and the compensation unit, care shall be taken in the selection of conductor materials so that no additional electrical thermocouple pairs can be formed.

Specific aspects to be taken into account include:

- shielding against electrical influences;
- operating voltages;
- characteristic impedance;
- transfer impedance;
- electrical breakdown in pulse mode in radiation detector penetrations.

6.3.9 Fibre optic conductor modules

The fibre optic conductor modules shall be designed on the basis of the following optical characteristics:

- single or multi-mode,
- wavelength range,
- cladding diameter,
- core size,
- attenuation measured in dB (including connectors).

6.3.10 Electromagnetic interference

EPA shall be designed in order to minimise the electromagnetic emission of circuits passing through the EPA.

EPA shall be designed in order to minimise the consequences of electromagnetic interferences or disturbances from the outside to circuits passing through the EPA.

EPA shall be designed so that electromagnetic interferences and disturbances from circuits passing through adjacent conductors or adjacent conductor modules are minimised.

Due to the electromagnetic emission and the consequences of electromagnetic interferences and disturbances from the outside or from adjacent conductors or conductor modules the level of shielding and earthing of the EPA shall be defined in the equipment specification.

NOTE For circuits which are sensitive to electromagnetic interference the use of coaxial or triaxial conductor modules is a suitable measure to reduce signal distortions. Alternatively, the conductors can be suitably protected, for example by placing EPA conductors in flexible metal conduit and employing necessary earthing.

6.3.11 Heating and current-carrying capability

The permissible heating shall be defined dependent on the selected equipment and/or jurisdictional rules and regulations to determine nominal conductor currents. The permissible heating of the terminal elements at each end of the transmission lines and, as far as necessary, the superposition of accident temperatures shall be taken into account.

6.3.12 Electrical insulation design (materials and construction)

The insulation of conductors and the insulation of the connection interfaces shall be designed to satisfy the following requirements:

- The creepage distances and insulation distances of low voltage, control and instrumentation EPA shall be designed to ensure the insulation coordination in accordance with IEC 60664-1.
- The design of creepage distances and insulation thickness shall consider short lasting and long lasting overshooting of the system voltage as well as potential influence of lightning pulses and pulses caused by switching operations in the electrical system.
- The design of creepage distances and insulation thickness shall consider the functional requirements throughout normal operation, anticipated operational occurrence and DBE, and if demanded in the requirement specification throughout DEC (e.g. severe accident) for dedicated conductor modules. IEC 62855 gives guidance on voltage variations that may be considered when verifying the design.
- The electrical insulation of EPA shall be resistant against the transient and long lasting thermal loads, radiation loads, transient and long lasting electrical overshooting and mechanical loads assumed throughout the normal operation, anticipated operational occurrence and DBE.

- If demanded in the requirement specification, the electrical insulation of the EPA shall be resistant against transient and long lasting thermal loads, radiation loads, transient and long lasting electrical overshooting and mechanical loads assumed throughout DEC (e.g. severe accident).

NOTE The DBE or the DEC is assumed to occur after the intended time in service of the EPA. Resistance in this context is understood as satisfying the required electrical function during and after the load cases specified above.

- The insulation materials shall be resistant or protected against chemical attacks expected throughout normal operation, anticipated operational occurrence and DBE, and if demanded in the requirement specification throughout DEC for dedicated conductor modules.

7 Design qualification

7.1 Selection of test specimens

In determining representative EPAs and/or conductor modules, consideration shall be given to EPA type and rating. Specimens used for testing shall be selected in such a way that they are representative of the design, production processes and configuration, for the EPA generic design to be proven.

Type tests are intended to demonstrate, by actual test results, that the EPA will perform its intended function when subjected to conditions which simulate the service life under the specified operating conditions. Existing qualification test data may be used when it can be demonstrated either analytically or by additional tests that the existing data are valid for the assembly being qualified. The EPAs and/or conductor modules used in design qualification, the test plans, procedures and test results shall be documented.

7.2 Qualification margins

In general margins shall be taken from IEC/IEEE 60780-323, if not otherwise specified. If the specified service conditions already contain the requisite margins, no additional margin is needed.

NOTE Margins can be applied for temperature, radiation, pressure, voltages, currents, time and parameters used for induced vibration testing.

7.3 Design tests (materials and construction)

7.3.1 Behaviour in the case of fire

Combustible components of the electrical insulation system of the EPA and their materials shall be subjected to tests as specified in IEC 60332 series (reduced flame propagation).

If the cabling system of the plant requires low halogen materials and low smoke density materials, tests shall be performed as requested in IEC 60754-2 and IEC 61034-2 in order to confirm that:

- the combustion gases have low halogen acid gas content and
- the combustion gases have low smoke density.

The test setup and the components of the EPA to be used shall be representative of the EPA design to be installed in the plant. Deviations shall be described and justified.

7.3.2 Radiation resistance

Determination of the effects of ionizing radiation should be in accordance with IEC 60544 series unless otherwise specified by the requirement specification.

All materials of the EPA needed to perform the safety functions, and which may be subject to degradation as a result of radiation exposure, shall be tested to verify that the materials will maintain the necessary electrical and physical properties.

7.3.3 Thermal endurance

Determination of the effects of thermal exposure should be in accordance with IEC 60216 series unless otherwise specified by the requirement specification.

All materials of the EPA needed to perform the safety function, and which may be subject to degradation as a result of thermal exposure, shall be tested to verify that the materials will maintain the necessary electrical and physical properties when subjected to the operational environment over the installed life of the assembly.

7.3.4 Ageing and qualified life

The qualified life of the EPA shall be determined based on thermal and radiation resistance of the materials used taking into account the worst case operational environment conditions over its installed life. Qualified life is to be established based on ageing procedures performed prior to accident testing (DBE or DEC).

7.3.5 Type tests

7.3.5.1 General

EPA type tests shall be performed for each generic design. The type tests may be performed on different test specimens. The test sequence given in this subclause is not mandatory; however, all specimens shall undergo all tests defined as factory acceptance tests.

7.3.5.2 Pneumatic pressure test

The pneumatic pressure test shall consist of static pressure determined by the rules of the relevant national boiler and pressure vessel code. The EPA shall be exposed to the maximum containment design pressure to prove pressure resistance under DEC.

The pneumatic pressure test may be combined with the gas leak rate test.

7.3.5.3 Gas leak rate test

The gas leak rate shall be conducted in accordance with the requirements of 6.2.2 dependent on the configuration of the test specimen.

The tests may be performed using tracer gas other than Helium. In this case the acceptance criterion has to be converted considering the properties of the gas.

7.3.5.4 Conductor continuity test

The electrical continuity of each conductor shall be verified by a continuity test. Each conductor shall be identified permanently and uniquely at both ends of the assembly.

If demanded in the requirement specification the loop resistance of splices, connectors and conductors shall be additionally measured at factory ambient conditions.

NOTE If connectors and splices are located in between the barriers of a double barrier EPA, the measurement of the loop resistance is a suitable measure to detect potential hot spots. Hot spots in between the barriers can cause damage of the EPA.

7.3.5.5 Dielectric strength test

Dielectric strength tests shall be conducted at room ambient environmental conditions, in accordance with the requirements below.

Dielectric strength tests may be performed under submergence in water before and after accident simulation test in order to identify fatal damages in the insulation system.

a) Medium voltage power EPA

The following tests shall be performed in dry conditions. The test voltage shall be chosen in accordance with IEC 62271-1.

Power frequency voltage tests, in accordance with IEC 62271-200: Each medium voltage power conductor shall be subjected to a dielectric strength voltage test for not less than 1 min applied between each conductor and earth, and between each conductor and adjacent conductors not separated by an earthed barrier.

Lightning impulse voltage tests, in accordance with IEC 62271-200: The standard lightning impulse 1,2/50 μ s shall be applied to each medium voltage power conductor, while the other conductors are connected to the earth terminal of the test supply. Fifteen consecutive lightning impulses at the rated withstand voltage shall be applied for each test condition and each polarity.

The applied pulse shape may deviate in terms of rise-time and fall-time from the standard pulse if explicitly demanded in the requirement specification.

b) Low voltage power and control EPA

The following tests shall be performed in dry conditions. The test voltage shall be chosen in accordance with IEC 60947-1.

Each low voltage power and control conductor shall be subjected to a dielectric strength test for not less than 1 min applied between each conductor and earth, and between each conductor and adjacent conductors not separated by an earthed barrier. The test voltage shall be in accordance with IEC 60947-1:2007, Table 12A.

If the low voltage EPA contains creepage distances, impulse withstand voltage tests in accordance with IEC 60947-1 shall be performed: The impulse of 250/2 500 μ s shall be applied to each low voltage power conductor, while the other conductors are connected to the earth terminal of the test supply.

Five impulses at the rated withstand voltage shall be applied at intervals of 1 s minimum for each test condition and each polarity.

NOTE 1 Typical components with creepage distances are terminals, bushings and plugs.

NOTE 2 The impulse 250/2 500 μ s is intended to simulate switching over voltages in the electrical system rather than simulating lightning pulses as required by IEC 60947-1 using the impulse 1,2/50 μ s.

c) Instrumentation EPA

Instrumentation conductors shall be tested in accordance with the requirements of the system in which they are used.

7.3.5.6 Insulation resistance test

An insulation resistance test shall be performed at room ambient environmental conditions, in accordance with the requirements below.

Insulation resistance tests may be performed under submergence in water before and after accident simulation test in order to identify fatal damages in the insulation system.

a) Medium voltage power EPA

Medium voltage power conductors shall be tested at 2 000 V DC (minimum) and shall have a minimum resistance of $10^9 \Omega$ between conductor and earth and between conductor and adjacent conductors not separated by an earthed barrier.

b) Low voltage power and control

Low voltage power and control conductors shall be tested at 500 V DC (minimum) and shall have a minimum resistance of $10^9 \Omega$ between conductor and earth, and between conductor and adjacent conductors not separated by an earthed barrier.

c) Instrumentation

Instrumentation conductors shall be tested in accordance with the requirements specified for the instrumentation system.

7.3.5.7 Partial discharge test

Medium voltage power conductors shall be tested for partial discharge as specified in IEC 60137.

7.3.5.8 Rated continuous current test

These tests are designed to establish the rated continuous current values for each type of conductor module of the EPA having different cross-sections.

A rated continuous current test shall be performed on each conductor module in the assembly, including the termination. All conductors of the module shall carry the rated continuous current under the specified environmental conditions. The maximum stabilised temperatures of the conductors / conductor modules and the EPA / containment interface shall not exceed the design limits.

These tests are designed to check that the maximum allowable temperature-rise values are not exceeded when carrying the maximum specified currents.

For the recommended range of test currents see IEC 60947-1.

7.3.5.9 Rated overload current test

A rated overload current test shall be performed on each type of conductor module including overload current under the specified environmental conditions, while all other conductors carry their rated continuous current. The maximum stabilised temperatures of the conductor / conductor modules and the EPA / containment interface shall not exceed the design limits.

These tests are designed to check that the maximum allowable temperature-rise values are not exceeded when carrying the maximum specified overload currents.

In general, the overload current is dependent on the utilisation category of the connected equipment; for further design recommendations see IEC 60947-1:2007, Annex A.

The recommended rated overload current should not be less than eight times the rated continuous current of the conductor. The recommended test duration should not be less than 10 s.

NOTE Even if this subclause refers to IEC standards of low voltage equipment, the general statements are also valid for medium voltage power EPA.

7.3.5.10 Rated duration of short-circuit and rated short-circuit thermal capacity (I^2t) test

These tests are designed to verify the mechanical and thermal design of the EPA (conductor modules) and shall be performed on each type of conductor module including their terminals and all components (structures, cable fixations, etc.), which are stressed through short-circuits.

The test circuit for low-voltage power conductors should be set up for an X/R ratio of 12 or more.

The test circuit for medium voltage conductors should be set up for an X/R ratio of 20 or more.

The rated duration of short circuit shall be proven in accordance with IEC 62271-1. Applicable test durations are specified in 5.2.5.

Acceptance testing consisting of gas leak rate, dielectric strength, insulation resistance and conductor continuity tests shall be performed on the specimen after rated short-circuit current and rated short-circuit thermal capacity tests.

7.3.5.11 Induced vibration testing

The EPA shall be subjected to induced vibration testing in accordance with IEC 60980. Testing shall be performed under simulated installed conditions including terminations and connected field cables.

For generic test parameters refer to the performance levels of IEC 60068-3-3.

Acceptance testing consisting of gas leak rate, dielectric strength, insulation resistance and conductor continuity tests shall be performed on the specimen after induced vibration testing.

Induced vibration testing may be performed as part of the qualified life tests. In this case the test shall be performed prior to the accident simulation test.

The test step may be replaced by calculation analysis or analogy considerations based on existing induced vibration test results.

The following events pertain to induced vibrations: Operational vibration as a result of anticipated operational occurrences, seismic event, air plane crash, burst pressure wave and explosion blast wave. The different events may be simulated in combination or by separate tests.

7.3.5.12 Simulation of installation welding

Simulation of installation welding, if applicable, shall be performed following the recommended procedures of the manufacturer.

Acceptance testing consisting of gas leak rate, dielectric strength, insulation resistance and conductor continuity tests shall be performed on the specimen after simulation of installation welding.

Simulation of installation welding may be performed as part of the qualified life tests.

7.3.5.13 Electro-magnetic compatibility (EMC)

EPAs are electromagnetically passive equipment and do not need to be tested or proven according to pertinent EMC standards. By design and installation, EPAs shall not create or produce any electromagnetic disturbance to the surrounding equipment. They shall be immunised by design to radiated emissions (electromagnetic fields). Considering the requirements defined in 6.3.10 the following characteristics shall be determined for instrumentation conductor modules:

- transfer impedance, and
- screening attenuation.

For low voltage power and control conductor modules, the provision of evidence of proper earthing in accordance with the requirement specification is sufficient.

7.3.5.14 Fibre optic conductor modules

The characteristic properties of fibre optic conductor modules including their connectors shall be verified on the basis of manufacturer specifications. Characteristics to be proven are:

- wavelength range,
- attenuation (including connectors).

7.3.5.15 Simulation of shipping and storage

The following tests may be performed as design verification on representative assemblies in order to verify the EPA design to withstand loads related to shipping and storage.

- a) Cold, according to IEC 60068-2-1: The object of the cold test is limited to the determination of the ability of components, equipment or other articles to be used, transported or stored at low temperature.
- b) Dry heat, according to IEC 60068-2-2: The object of the dry heat test is limited to the determination of the ability of components, equipment or other articles to be used, transported or stored at high temperature.

Acceptance testing consisting of gas leak rate, dielectric strength, insulation resistance and conductor continuity tests shall be performed on the specimen after shipping and storage simulation tests.

Simulation of shipping and storage may be performed as part of the qualified life tests.

7.3.5.16 Fire test

The EPA shall be tested according to national standards valid for confirming the suitability of equipment as a fire barrier.

NOTE For Europe, EN 1366-3 describes the testing of fire barriers, and EN 13501-2 contains their classification.

7.4 Qualified life test

7.4.1 General

Qualified life tests address requirements related to ageing of the materials used in the design and shall therefore be performed on the test specimen in the sequence specified in this subclause.

If an alternative sequence is used, it shall be justified that it is at least as severe as the sequence set out in this document.

7.4.2 Initial tests

All specimens shall be submitted to the production test and pass the factory acceptance tests as specified in clause 8.

7.4.3 Preconditioning

The scope of these test steps is to precondition the EPA into a state equivalent to the desired life time under the design normal operating environmental conditions. All specimens shall be submitted to preconditioning, in the sequence listed below.

- a) Simulation of power plant operating cycles by thermal cycling. The parameters such as start temperature, maximum temperature, number of cycles, frequency and humidity shall be selected in accordance with the requirement specification.
- b) Thermal ageing considering the life time under the maximum temperatures during normal operation shall be performed based on applicable laws describing the thermal degeneration process of the materials of the EPA which are functionally relevant. The selection of the model, the definition of the ageing parameters as well as the performance of the thermal ageing test shall be described and justified in the qualification programme. Limitations of materials used and possible acceleration effects shall be identified and taken into account when selecting test parameters for thermal ageing.

In order to obtain reproducible and confident results, it is recommended not to exceed material specific limits causing qualitative changes in the physical or chemical properties that can adversely affect the design.

Arrhenius methodology is an acceptable method for accelerating time-temperature ageing effects during type testing. This test step is not required if it can be demonstrated that no significant thermal ageing effects occur throughout the normal operation of the plant.

In general, significant ageing effects can be excluded if either the thermal loads at the intended installation position are negligible for ageing or the materials are generally inert to thermal ageing.

- c) Radiation ageing considering the life time under the maximum total dose during normal operation shall be performed based on applicable laws describing the radiological degeneration process of the components of the EPA that are functionally relevant. The selection of the model, the definition of the ageing parameters as well as the performance of the radiological ageing test shall be described and justified in the qualification programme. Material limits and possible acceleration effects shall be identified and taken into account when selecting test parameters for radiological ageing. This test step is not required if it can be demonstrated that no significant radiological ageing effects occur throughout the normal operation of the plant.

NOTE An applicable method for determining ageing parameters is the power law, see IEC TS 61244-1.

Neither electrical nor mechanical testing is necessary during the respective test steps a) to c), i.e. no parameter monitoring is required.

Acceptance testing consists of gas leak rate, dielectric strength with reduced voltage levels, insulation resistance and conductor continuity tests shall be performed on the specimen following each of steps a) to c).

For instrumentation EPA additional acceptance testing by measuring the characteristic impedance and the attenuation shall be performed.

For fibre optic conductor modules acceptance testing by measuring the attenuation shall be performed (including connectors).

Parameters which can be used for condition-based qualification (qualified condition) should be measured before (as reference) and after preconditioning. Additionally, these parameters may be measured after the whole qualified life test sequence in order to determine the impact of accident conditions on the degradation of the equipment.

7.4.4 Qualified life type tests

The scope of these test steps is to verify the design of EPA into a state equivalent to the desired life time under the design normal operating environmental conditions. All specimens shall be submitted to the tests in the sequence listed below:

- Rated continuous current test in accordance with 7.3.5.8
- Rated short-circuit current in accordance with 7.3.5.10
- Rated short-circuit thermal capacity test according to 7.3.5.10
- Acceptance testing consisting of gas leak rate, dielectric strength, insulation resistance and conductor continuity tests

7.5 Accident resistance tests

7.5.1 Accident radiation

The EPA shall be subjected to the specified total accident radiation dose defined through the postulated accident to be simulated.

7.5.2 Accident simulation test

The electrical penetration assembly shall be subjected to the specified thermohydraulic accident conditions (e.g. pressure, temperature and steam) and electrical test conditions taken as a consequence of that event (e.g. rated voltage on power and control conductors, rated voltage and attenuation measurement on instrumentation conductors).

Acceptance criteria shall be defined in the requirement specification. Measured values shall be recorded in the test documentation for further evaluation.

In general, the specified accident radiation exposure shall be applied prior to the start of the accident simulation test.

The accident simulation test may be split into the accident test and the post-accident test simulation. The accident test simulation reflects the accident course in the time scale 1:1 as long as the temperature is higher than 100 °C and the post-accident test simulating the time span between the point the temperature has just dropped below 100 °C and the required mission time of the mechanical and/or electrical function of the EPA.

The post-accident phase testing may be accelerated if justified. In this case the requirements for thermal ageing shall be satisfied, see clause 7.4.3 item b).

If submergence of the EPA is demanded in the requirement specification, a submergence test shall be performed respecting the environmental conditions such as temperature, hydrostatic pressure, atmospheric pressure and the chemical and radiation loads caused by the fluid. The test may be performed accelerated, if justified, after the temperature in the fluid has dropped below 100 °C. In this case the requirements for thermal ageing shall be satisfied, see 7.4.3 b). The test may be combined with the simulation of the post-accident phase.

NOTE Radiological loads in the submerging fluid can be caused by radioactive materials dissolved in the fluid. These loads might be much higher than the loads arising from the containment atmosphere.

It is acceptable that the total accident radiation dose is split into two parts, the accident dose and the post-accident dose. In this case the post-accident dose may be applied between the accident and the post-accident simulation test.

7.5.3 Acceptance tests

Subsequent to the accident simulation test, verification of the EPA mechanical integrity and tightness shall be demonstrated. If the EPA is required to function electrically after and during the accident, suitable tests shall be performed during and after the accident simulation.

During the accident simulation test a continuous monitoring of insulation resistance or leakage current is recommended and should be performed on at least one conductor of each specimen. Results are presented preferably in a plot as a function of time.

If insulation resistance measurement is performed during the accident simulation test it is recommended that the ground plane is well defined and all distances to the ground plane are thoroughly documented.

Acceptance tests shall be performed, consisting of gas leak rate in accordance with 7.3.5.3, conductor continuity in accordance with 7.3.5.4, insulation resistance in accordance with 7.3.5.6, and dielectric strength in accordance with 7.3.5.5 with reduced voltage levels.

The EPA conductors shall be subjected to the rated short-circuit currents in accordance with 7.3.5.8 to 7.3.5.10. The following acceptance test for gas leak rate in accordance with 7.3.5.3 shall be performed at the maximum specified differential containment pressure.

For instrumentation EPA acceptance testing shall include the measurement of the characteristic impedance and the attenuation.

For fibre optic conductor modules acceptance testing by verifying the wavelength range and the attenuation shall be performed (including connectors) on the basis of manufacturers specifications.

7.6 Confirming the survivability in the case of DEC (e.g. severe accident)

The confirmation of the survivability in the case of DEC (e.g. severe accident) shall follow the methodology described in 7.4 and 7.5 with respect to the specific demands given in the requirement specification. The confirmation envelops the mechanical function for all cases, and electrical function of some equipment if needed for mitigation and/or monitoring of the DEC event.

Keeping the integrity of the containment (avoiding containment breach) has the first priority in mitigating DEC (e.g. severe accident). Since the EPA is part of the outermost containment barrier, it seems reasonable that the sealant system has similar attributes as other pieces of equipment pertaining to the barrier (hatches, mechanical penetrations, containment structure). Properties in this context are understood as mechanical tightness and the mission time required. These aspects are relevant for preparing the requirement specification.

7.7 Reassessing the qualified life

If reassessing the qualified life is required, the procedures shall be in accordance with the requirements and methods stated in IEC/IEEE 60780-323.

The following consideration is an example for the evaluation of on-going qualification of EPA:

- Determination of the relevant operational loads at the installation locations of the EPA and of the loading history:
 - Temperature; the ambient temperature during operation should be determined in the steady state condition with the reactor plant at full power.
 - Dose rate; the radiation dose at the location of installation should be determined analytically or by measurement techniques. The time dependent integral of the

radiation dose may be calculated from a proportional conversion of full-power days into the future or back into the past.

- Self-heating (relevant for e.g. low voltage power conductor modules).
- Assessment of the existing qualification compared to the (actual) loading history of the EPA (e.g. conservatism).
- In the event of formal qualification gaps and/or uncertainties, experimental verification tests on EPA / conductor modules aged during the operation of the nuclear power plant should be performed.

8 Production tests

8.1 General

The following production tests shall be performed during or after completing the production on each EPA prior to shipment.

8.2 Pneumatic pressure test

A pneumatic pressure test shall be performed in accordance with 7.3.5.2 and shall meet the requirements of the relevant boiler and pressure vessel national code. The EPA shall be exposed to design pressure of the containment. These tests may be combined with tests described in 8.3. The acceptance criteria shall meet the relevant boiler and pressure vessel national code, and the gas leak rates defined in 7.3.5.3.

8.3 Gas leak rate test

Each EPA shall be subjected to a gas leak rate test in accordance with the requirements in 7.3.5.3. Row one of Table 1 in 6.2.2 only applies for conductor modules considered separately, whereas row two of Table 1 shall be used for testing the complete EPA.

The test may be performed using a different tracer gas. In such cases the acceptance criteria shall be converted considering the properties of the gas used, see 6.2.2.

8.4 Dielectric strength test

8.4.1 Medium voltage power EPA

Power frequency voltage tests, in accordance with IEC 62271-200: Each medium voltage power conductor shall be subjected to a dielectric strength voltage test for not less than 1 min applied between each conductor and earth, and between each conductor and adjacent conductors not separated by an earthed barrier.

If terminations or bushings are provided as an integral part of the assembly, they shall be included in the test.

8.4.2 Low voltage power EPA

Each low voltage power and control conductor shall be subjected to a dielectric strength test for not less than 1 min applied between each conductor and earth, and between each conductor and adjacent conductors not separated by an earthed barrier. The test voltage shall be in accordance with IEC 60947-1:2007, Table 12A.

If terminations are provided as an integral part of the assembly, they shall be included in the test.

8.5 Insulation resistance test

Each EPA conductor shall be tested in accordance with 7.3.5.6 at room ambient conditions of temperature, pressure and relative humidity.

If terminations are provided as an integral part of the EPA they shall be included in the test.

8.6 Conductor continuity test

Electrical continuity of each EPA conductor shall be verified by testing in accordance with 7.3.5.4.

If demanded in the requirement specification the loop resistance of splices, connectors and conductors shall be measured at factory ambient conditions.

NOTE If connectors and splices are located in between the barriers of a double barrier EPA, the measurement of the loop resistance is a suitable measure to detect the root cause of potential hot spots. Hot spots in between the barriers can cause damage of the EPA, including loss of tightness.

If terminations are provided as an integral part of the assembly, they shall be included in the test.

8.7 Signal transmission characteristics

If the EPA or conductor modules are intended to transfer sinusoidal signals with frequencies higher than 100 kHz or pulse signals including frequencies higher than 100 kHz, the signal attenuation and if applicable the rise and fall time of pulses shall be measured.

If terminations are provided as an integral part of the assembly, they shall be included in the test.

8.8 Fibre optic conductor modules

The characteristic properties of fibre optic conductor modules including their connectors shall be verified on the basis of manufacturers specifications. Characteristics to be proven are:

- specified wavelength range,
- attenuation (including connectors).

8.9 Conductor identification

Every conductor shall be permanently marked and unambiguously identifiable on both sides of the EPA. The permanent identification shall be verified.

9 Installation and field testing

9.1 Installation procedure

Based on the applicable national boiler and pressure vessel code, there shall be procedures for field installation of the EPA which as a minimum shall include:

- testing requirements,
- measures to prevent damage to the assembly, and
- stipulated procedures for welding and/or assembling, if applicable.

9.2 Mechanical installation

The EPA shall be installed, inspected and tested in accordance with the national boiler and pressure vessel code.

If the electrical penetration assembly and the containment/containment liner are based on different national codes this has to be considered in specific installation procedures, which have to meet the respective plant requirements.

9.3 Leak rate test

After installation of each EPA, including the aperture seals, shall be tested for tightness in accordance with row three of Table 1.

If the EPA attachment is by welding, the confirmation of the tightness of the aperture seals may be part of the containment integrity test.

9.4 Electrical tests

Electrical tests shall be performed after installation. The following tests shall be performed:

- conductor continuity test,
- insulation resistance test in accordance with 7.3.5.6 (for field testing the allowable acceptance criterion is $10^8 \Omega$).

After connecting the field cables to the EPAs further electrical tests may be performed considering the special requirements of the connected circuits/systems.

These tests shall be specified in the corresponding system commissioning documents.

9.5 Fibre optic conductor modules

The verification of fibre optic conductor modules should be performed before connecting the corresponding field cables to the EPA. The attenuation shall be measured on the basis of manufacturers specifications.

Alternatively, the verification of the fibre optic conductor modules shall be performed with the commissioning tests of the corresponding systems.

10 Quality assurance requirements

10.1 Materials, processes and personnel

Records on all materials, processes and qualification records of personnel shall be in accordance with the national boiler and pressure vessel codes and be maintained for EPA assembly components exposed to pressure.

NDT personnel shall be certified in accordance with ISO 9712; test personnel shall possess a minimum level 1 certification, supervisor minimum level 2.

Testing organisations shall be certified in accordance with ISO/IEC 17025.

NOTE Certification in this context is understood to be the result of an evaluation process performed by an independent body. The independent body confirms that the organisations and their personnel and also the working processes are in line with specific standards and quality management requirements.

10.2 Documentation of design qualification

The qualification documentation shall verify that the assemblies are qualified for the intended application and meet the specified performance requirements. The principles of the qualification shall be explained to demonstrate the evidence of the adequacy of the complete assembly. Documents and data demonstrating the adequate qualification shall be pertinent and compiled in an auditable form.

The user shall maintain a qualification record including at least the following information, depending on the qualification method that was used:

- Equipment specification (describes the design of the equipment, it may be supplemented by drawings, part lists and data sheets).
- Requirement specification (defines the specific requirements for the equipment in terms of mechanical quantities, electrical quantities, environmental condition during normal operation, anticipated operational occurrences, DBE conditions and also DEC).
- Qualification programme including all justifications and explanations and analysis.
- Test specification submitted to test laboratories (tabulates the test steps, defines acceptance criteria and defines the handling procedure in the case of failures and abnormalities).
- Test plan compiled by the laboratories and agreed with the customer (prepared on the basis of the test specification and contains specific requirements e.g. for mounting of the equipment, operation of test vessels and measurement devices; it may be supplemented by operational manuals, calibration protocols and quality assurance procedures valid for the laboratory).
- Report of the results, including:
 - Objective
 - Equipment tested
 - Description of the test facility
 - Applied test procedures
 - Test data and accuracy
 - Summary, conclusions or discussion
 - Approval, signature and date.
- If operating experience data is employed, the following shall be provided:
 - Performance specification
 - Boundary conditions
 - Equipment specification
 - Identification of specific features to be demonstrated
 - Comparison of former and current applications
 - Summary and source of operating experience applicable for qualification
 - Principles on which the data have been determined to be suitable and the equipment qualified
 - Approval, signature and date.
- Analysis data shall include the following:
 - Performance specification
 - Boundary conditions
 - Specific features, postulated failure modes or failure effects to be analysed
 - Assumptions, empirically derived values and mathematical models used together with appropriate justification for their use
 - Description of analytical methods or computer programmes used
 - Summary of analytically established performance characteristics and their acceptability
 - Approval, signature and date.

10.3 Assembly and nameplate

Each EPA shall, as a minimum, be permanently identified as required by the national boiler and pressure vessel code.

10.4 Data and ratings

Data and ratings for each EPA shall be recorded and maintained as part of the permanent record. The owner or his agent shall record modifications or revisions. The data and ratings of each EPA shall be in accordance with this document and shall include the following where applicable:

- Manufacturer's name and year of manufacture.
- Individual identification number.
Voltage operating classification and rated electric service characteristics, e.g. normal plant operation or postulated DBE, or both.
- Rated voltage.
- Qualified life in years and type of qualification: e.g. full initial qualification or on-going qualification.
- Rated continuous current(s).
- Rated short-time overload current(s) and durations.
- Rated short-circuit current(s), durations and X/R ratio determined by test data.
- Rated maximum duration of rated short circuit current(s).
- Continuous temperature ratings as follows:
 - EPA / containment interface temperature rating
 - Electrical insulation system temperature rating
 - Allowable normal ambient temperature range inside and outside containment
 - Maximum rated pressure and temperature
 - Rated minimum operation temperature
- DBE and/or DEC: rated temperature, pressure, relative humidity, chemical spray, submergence and duration in the design service conditions.
- Radiation type(s), integral dose and dose rate covering the normal operation and accident conditions.
- Instrumentation, coaxial, triaxial and thermocouple conductors rating as defined by the system design specification.
- Input motion spectrum in the design service conditions for which the assembly is seismically qualified.

Annex A (informative)

Conversion of leak rates of miscellaneous test gases

A.1 General

All EPAs and their modules have to meet leak rates, e.g. as specified in 6.2.2 of this document. These values are based on helium gas with a differential pressure of the maximum containment design pressure (normally around 6 bar) and a temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

For determination of leak rates, other test gases i.e. nitrogen may alternatively be used. Depending on the configuration, e.g. for the module, the EPA exclusive aperture seal (not installed) and EPA including aperture seal (installed) different methods for leak rate determination may be employed. For configuration modules and EPA exclusive aperture seal (production level) mainly helium or mixtures of air or nitrogen and helium are used and leak rates are determined by means of a helium mass spectrometer, while leak rates of EPA after installation in the containment of a nuclear power plant are commonly determined by means of the pressure drop method using nitrogen.

Consequently, leak rates determined with nitrogen or test gases other than helium are to be converted to be comparable with the values as specified in requirements e.g. in 6.2.2 of this document.

A.2 Conversion formulas

Common laws of gas flow have to be applied to calculate leak rates as a function of pressure, temperature and the kind of test gas. Since for the measurement procedure test gas pressure (6 bar) and temperature ($20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$) are specified in 6.2.2 there is no dependence of the test gases on pressure and temperature to be taken into account.

NOTE For use in practice it is taken as a basis that for helium leak rates $\leq 10^{-7}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ the conditions of a molecular flow and for leak rates $> 10^{-5}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ conditions for viscous laminar flow are applicable.

For a given leak, the conversion of the leak rate of a test gas to another test gas is calculated by the following formulas.

Case of molecular flow:

$$q_{G2} = q_{G1} (M_{G1} / M_{G2})^{1/2}$$

Case of viscous laminar flow:

$$q_{G2} = q_{G1} \eta_{G1} / \eta_{G2}$$

where

q_{G1} and q_{G2} are leak rates of the different test gases G1 and G2, in $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$;

M_{G1} and M_{G2} are molecular weights of the test gases G1 and G2;

η_{G1} and η_{G2} are dynamic viscosities of the test gases G1 and G2, in $\text{Pa}\cdot\text{s}$.

Bibliography

IEC TS 61244-1, *Determination of long-term radiation ageing in polymers – Part 1: Techniques for monitoring diffusion-limited oxidation*

EN 1366-3:2009, *Fire resistance tests for service installations – Part 3: Penetration seals*

EN 13501-2, *Fire classification of construction products and building elements – Part 2: Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation service*

EN 1779:1999, *Non-destructive testing – Leak testing – Criteria for method and technique selection*

IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-3.6, *Assessing and Managing Cable Ageing in Nuclear Power Plants*

IAEA Safety Guide NS-G1.10, *Design of Reactor containment systems for nuclear power plants*

IAEA Safety Guide SSG-39, *Design of instrumentation and control systems for nuclear power plants*

IAEA Safety Guide SSG-34, *Design of electrical Power Systems for Nuclear Power Plants*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60772:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	45
INTRODUCTION	47
1 Domaine d'application	50
2 Références normatives	51
3 Termes et définitions	52
4 Termes abrégés, symbols et acronymes	57
5 Types d'ETE et caractéristiques assignées	57
5.1 Type de module d'ETE	57
5.1.1 Généralités	57
5.1.2 Puissance à moyenne tension	57
5.1.3 Puissance à basse tension	57
5.1.4 Contrôle-commande à basse tension	58
5.1.5 Instrumentation	58
5.1.6 Fibre optique	58
5.2 Caractéristiques assignées	59
5.2.1 Tension assignée d'emploi	59
5.2.2 Courant assigné d'emploi	59
5.2.3 Courant de surcharge assigné et durées correspondantes	60
5.2.4 Courant assigné de court-circuit conditionnel	60
5.2.5 Durée de court-circuit assignée	60
5.2.6 Caractéristiques assignées de transmission de signaux	60
5.2.7 Capacités assignées en conditions d'EDD et de DEC	61
6 Exigences de conception	61
6.1 Généralités	61
6.2 Exigences de conception mécanique	61
6.2.1 Enveloppe de pression	61
6.2.2 Fuite de gaz	61
6.2.3 Dispositions relatives aux essais	62
6.2.4 Intégrité et étanchéité	62
6.2.5 Manutention, transport et stockage	62
6.2.6 Fixation (installation)	62
6.2.7 Condensation	63
6.2.8 Tenue aux vibrations induites	63
6.2.9 Équilibrage de la pression et protection contre l'eau et la poussière	63
6.2.10 Aptitude à la décontamination	63
6.2.11 Protection contre le feu	63
6.2.12 Analyse des contraintes	63
6.2.13 Accessibilité	63
6.2.14 Blindage de protection contre les rayonnements	64
6.2.15 Exigences relatives aux matériaux de la structure	64
6.2.16 Exigences relatives à la construction étanche des ETE (matériaux et construction)	64
6.3 Exigences relatives à la conception électrique	64
6.3.1 Comportement en cas d'incendie	64
6.3.2 Décharge partielle	65
6.3.3 Interfaces de raccordement	65

6.3.4	Fonction électrique	65
6.3.5	Réévaluation de la durée de vie qualifiée	65
6.3.6	Efforts électrodynamiques	65
6.3.7	Modules conducteurs	65
6.3.8	Modules conducteurs de l'instrumentation	65
6.3.9	Modules conducteurs à fibre optique	66
6.3.10	Brouillage électromagnétique.....	66
6.3.11	Échauffement et courant admissible	66
6.3.12	Conception de l'isolement électrique (matériaux et construction)	66
7	Qualification à la conception.....	67
7.1	Sélection des spécimens d'essai.....	67
7.2	Marges de qualification	67
7.3	Essais de conception (matériaux et construction).....	68
7.3.1	Comportement en cas d'incendie	68
7.3.2	Résistance aux rayonnements	68
7.3.3	Endurance thermique.....	68
7.3.4	Vieillessement et durée de vie qualifiée	68
7.3.5	Essais de type	68
7.4	Essai de durée de vie qualifiée	73
7.4.1	Généralités	73
7.4.2	Essais initiaux	73
7.4.3	Préconditionnement.....	73
7.4.4	Essais de type de durée de vie qualifiée	74
7.5	Essais de tenue aux accidents	75
7.5.1	Rayonnement accidentel.....	75
7.5.2	Essai de simulation d'accident.....	75
7.5.3	Essais d'acceptation	75
7.6	Confirmation de la capacité de survie en cas de DEC (par exemple, accident grave)	76
7.7	Réévaluation de la durée de vie qualifiée	76
8	Essais de production	77
8.1	Généralités	77
8.2	Essai de pression pneumatique	77
8.3	Essai du taux de fuite de gaz	77
8.4	Essai de rigidité diélectrique	77
8.4.1	ETE de puissance à moyenne tension	77
8.4.2	ETE de puissance à basse tension	77
8.5	Essai de résistance d'isolement	78
8.6	Essai de continuité des conducteurs	78
8.7	Caractéristiques de la transmission de signaux.....	78
8.8	Modules conducteurs à fibre optique.....	78
8.9	Identification des conducteurs.....	78
9	Essais de l'installation et du site	78
9.1	Procédure d'installation.....	78
9.2	Installation mécanique	79
9.3	Essai du taux de fuite	79
9.4	Essais électriques.....	79
9.5	Modules conducteurs à fibre optique.....	79
10	Exigences relatives à l'assurance de la qualité	79

10.1	Matériaux, procédés et personnel	79
10.2	Documents relatifs à la qualification à la conception	80
10.3	Ensemble et plaque signalétique.....	81
10.4	Données et caractéristiques assignées	81
Annexe A (informative) Conversion des taux de fuite de divers gaz d'essai.....		83
A.1	Généralités	83
A.2	Formules de conversion	83
Bibliographie.....		84
Tableau 1 – Taux définis de fuite par configuration		61

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60772:2018

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – ENSEMBLES DE TRAVERSÉE ÉLECTRIQUE DANS LES STRUCTURES DE CONFINEMENT

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60772 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1983. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Adaptation de la terminologie et des définitions aux glossaires actuels disponibles de l'AIEA et de l'IEC.
- b) Intégration de nouvelles exigences relatives aux EDD et aux DEC.

- c) Intégration de nouvelles exigences relatives à la conception et à la construction des ensembles de traversée électrique ainsi qu'aux matériaux utilisés pour leur construction.
- d) Intégration d'une analyse des modèles de vieillissement à utiliser pour un vieillissement accéléré en raison d'une température et de rayonnements particuliers.
- e) Intégration d'exigences conformes aux normes actuelles relatives aux appareillages de connexion et aux câbles.
- f) Intégration de définitions des caractéristiques des ensembles de traversée électrique d'instrumentation.
- g) Demande supplémentaire concernant les mesures électriques durant les EDD et DEC.

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

FDIS	Rapport de vote
45A/1190/FDIS	45A/1203/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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 "<http://webstore.iec.ch>", dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60772:2018

INTRODUCTION

a) Contexte technique, questions importantes et structure de la norme

La présente Norme internationale traite des ensembles de traversée électrique (ETE) dans les structures de confinement. Il est nécessaire que les ETE utilisés dans les systèmes de sûreté des installations nucléaires soient conformes à différentes normes afin de satisfaire à leurs exigences fonctionnelles de sûreté tout au long de leur durée de vie qualifiée. Cet objectif est atteint par le biais de la conception, de la qualification, de la fabrication, des essais, de l'installation et de la mise en service.

Par conséquent, la présente norme IEC traite spécifiquement des aspects susmentionnés. Les autres aspects relatifs à l'assurance de la qualité, à la fiabilité et à la sélection, y compris les activités de validation et de vérification, ne sont pas couverts par la présente norme.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1983. La version actuelle de la présente norme a pour objet:

- Le respect des nouvelles technologies (par exemple, l'application de fibre optique pour le transfert de signaux dans les centrales nucléaires).
- L'ajout de scénarios éventuels d'événements/d'accidents doit être pris en considération. Par exemple, les scénarios de DEC sont désormais pris en considération dans les exigences de conception et lors de la qualification des ensembles de traversée électrique.
- L'adaptation aux normes de deuxième niveau révisées ou nouvelles, telles que l'IEC 60980 ou l'IEC/IEEE 60780-323.
- Le respect de l'utilisation d'équipements électroniques numériques dans les systèmes d'I&C en lieu et place de dispositifs à relais exige d'accorder plus d'attention à la résistance aux perturbations électromagnétiques.
- L'intégration de considérations exhaustives concernant la conception et les matériaux. Les approches étudiées dans la série IEC 60216 et dans la série IEC 60544 sont prises en compte dans la présente norme.
- Les méthodes de réalisation de la qualification/réévaluation en exploitation de la durée de vie qualifiée exigées dans la dernière révision de l'IEC/IEEE 60780-323 sont prises en considération.

La présente révision intègre les pratiques actuelles et les enseignements tirés de la mise en œuvre des versions précédentes de la présente norme par l'industrie nucléaire. L'ensemble de traversée électrique faisant partie de l'enveloppe de pression de l'enceinte de confinement, il constitue un équipement important pour la sûreté dans toute circonstance, lequel doit garantir l'intégrité de l'enceinte de confinement. La fonction électrique de l'ETE doit également être assurée dans les conditions d'EDD et de DEC, lorsque l'ETE fait partie d'un actionneur ou d'une chaîne de mesure.

La présente norme ne traite pas de la conception, des calculs associés et des conditions d'essai des aspects mécaniques des ensembles de traversée. Ces thèmes sont traités dans d'autres normes telles que les ASME et les codes nationaux applicables aux chaudières et enceintes sous pression. Par conséquent, la présente norme fournit des références à d'autres normes, le cas échéant.

b) Position de la présente norme dans la structure de la série de normes du SC 45A de l'IEC

L'IEC 60772 est le document du SC 45A de l'IEC de troisième niveau qui traite de la conception, la qualification, la fabrication, les essais de fabrication, l'installation et la mise en service des ensembles de traversée électrique.

Voir le point d) de la présente introduction pour de plus amples informations sur la structure de la série de normes du SC 45A de l'IEC.

c) Recommandations et limites relatives à l'application de la présente norme

L'IEC/IEEE 60780-323 et l'IEC 60980 sont des normes de deuxième niveau qui fournissent des préconisations sur les aspects spécifiques de la qualification fonctionnelle des équipements électriques importants pour la sûreté, en particulier la qualification environnementale et antisismique. L'IEC 60772 doit être lue conjointement avec ces deux documents.

Afin d'assurer la pertinence de la présente norme pour les années à venir, l'accent est mis sur les questions de principe plutôt que sur les technologies particulières. Par conséquent il incombe au constructeur, à l'ingénieur-architecte ou à l'opérateur d'adapter la présente norme selon leurs besoins respectifs.

d) Description de la structure de la collection des normes du SC 45A de l'IEC et relations avec d'autres documents de l'IEC, et d'autres organisations (AIEA, ISO)

Les documents de niveau supérieur de la collection de normes produites par le SC 45A de l'IEC sont les normes IEC 61513 et IEC 63046. La norme IEC 61513 traite des exigences générales relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle-commande (systèmes d'I&C) utilisés pour accomplir les fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires. La norme IEC 63046 traite des exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique; elle couvre les systèmes d'alimentation électrique jusqu'à et y compris les alimentations des systèmes d'I&C. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 doivent être considérées ensemble et au même niveau. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 structurent la collection de normes du SC 45A de l'IEC et forment un cadre complet, cohérent et consistant établissant les exigences générales relatives aux systèmes d'I&C et électriques des centrales nucléaires de puissance.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font directement référence aux autres normes du SC 45A de l'IEC traitant de sujets génériques, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation des systèmes, la défense contre les défaillances de cause commune, la conception des salles de commande, la compatibilité électromagnétique, la cybersécurité, les aspects logiciels et matériels relatifs aux systèmes programmés numériques, la coordination des exigences de sûreté et de sécurité et la gestion du vieillissement. Il convient de considérer que ces normes, de second niveau, forment, avec les normes IEC 61513 et IEC 63046, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de l'IEC, qui ne sont généralement pas référencées directement par les normes IEC 61513 ou IEC 63046, sont relatives à des matériels particuliers, à des méthodes ou à des activités spécifiques. Généralement ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les activités génériques, peuvent être utilisés de façon isolée.

Un quatrième niveau qui est une extension de la collection de normes du SC 45A de l'IEC correspond aux rapports techniques qui ne sont pas des documents normatifs.

Les normes de la collection produite par le SC 45A de l'IEC sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté et de sécurité de haut niveau établis par les normes de sûreté de l'AIEA pertinentes pour les centrales nucléaires, ainsi qu'avec les documents pertinents de la collection de l'AIEA pour la sécurité nucléaire (NSS), en particulier avec le document d'exigences SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-30 qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-39 qui traite de la conception de l'instrumentation et du contrôle commande des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-34 qui traite de la conception des systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires, et avec le guide de mise en

œuvre NSS17 traitant de la sécurité informatique pour les installations nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées pour la sûreté et la sécurité dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 ont adopté une présentation similaire à celle de l'IEC 61508, avec un cycle de vie d'ensemble et un cycle de vie des systèmes. Au niveau sûreté nucléaire, les normes IEC 61513 et IEC 63046 sont l'interprétation des exigences générales de l'IEC 61508-1, de l'IEC 61508-2 et de l'IEC 61508-4 pour le secteur nucléaire. Dans ce domaine, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566 correspondent à l'IEC 61508-3 pour le secteur nucléaire. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font référence aux normes ISO ainsi qu'aux documents AIEA GS-R-3 et AIEA GS-G-3.1 et AIEA GS-G-3.5 pour ce qui concerne l'assurance qualité. Au second niveau, la norme IEC 62645 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur la sécurité nucléaire. Elle est élaborée sur les principes pertinents de haut niveau des normes ISO/IEC 27001 et ISO/IEC 27002; elle les adapte et les complète pour qu'ils deviennent pertinents pour le secteur nucléaire; elle est coordonnée étroitement avec la norme IEC 62443. Au second niveau, la norme IEC 60964 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur les salles de commande et la norme IEC 62342 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur la gestion du vieillissement.

NOTE 1 Il est fait l'hypothèse que pour la conception des systèmes d'I&C qui sont supports de fonctions de sûreté conventionnelle (par exemple pour garantir la sécurité des travailleurs, la protection des biens, la prévention contre les risques chimiques, la prévention contre les risques liés au procédé énergétique) on applique des normes nationales ou internationales.

NOTE 2 Le domaine de l'IEC SC 45A a été étendu en 2013 pour couvrir les systèmes électriques. En 2014 et en 2015 des discussions ont eu lieu au sein de l'IEC SC 45A pour décider de la façon et de l'endroit pour établir les exigences générales portant sur la conception des systèmes électriques. Les experts de l'IEC SC 45A ont recommandé que pour établir des exigences générales pour les systèmes électriques une norme indépendante soit développée au même niveau que l'IEC 61513. Le projet IEC 63046 est lancé pour atteindre cet objectif. Lorsque la norme IEC 63046 sera publiée, la présente NOTE 2 de l'introduction sera supprimée.

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – ENSEMBLES DE TRAVERSÉE ÉLECTRIQUE DANS LES STRUCTURES DE CONFINEMENT

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux ensembles de traversée électrique (ETE) dans les structures de confinement de centrales nucléaires de puissance. Il couvre les exigences techniques de sûreté à satisfaire lors de la conception, du calcul, de la qualification, de la fabrication, de l'assemblage, des essais et de l'installation des ETE.

Les ETE permettent à un ou plusieurs circuits électriques de pénétrer dans l'enceinte de confinement tout en restant isolés des gaz et de la pression. Les exigences relatives aux ETE sont classées selon les aspects mécaniques (par exemple, l'intégrité de l'enceinte de confinement), électriques ou optiques relatifs à la sûreté. Les exigences mécaniques sont valides pour tous les ETE. Les exigences électriques ou optiques sont déduites des exigences fonctionnelles des systèmes connectés, appliquées pour la surveillance et l'atténuation des événements hypothétiques tels que les événements de dimensionnement (EDD; par exemple, les accidents de perte de réfrigérant primaire) et/ou les conditions hors dimensionnement (DEC – design extension conditions; par exemple, les accidents graves).

Les ETE sont différenciés en fonction du type de circuit électrique ou optique dans lequel ils sont utilisés. Les types identifiés d'ETE sont classés comme suit:

- puissance à moyenne tension,
- puissance à basse tension,
- contrôle-commande,
- instrumentation, et
- fibre optique.

Pour les besoins du présent document, les ETE comprennent:

- des conducteurs électriques jusqu'à l'interface de raccordement à l'intérieur et à l'extérieur de l'enceinte de confinement (conducteurs de traversée);
- les systèmes d'isolement électrique des conducteurs de traversée, y compris l'isolement électrique de l'interface de raccordement;
- les composants relatifs à la résistance aux conditions environnementales, telles que résistance à la pression, étanchéité aux gaz, résistance à la température, résistance aux rayonnements, résistance aux séismes, servant à rendre cette enceinte résistante ainsi que les composants de raccordement avec la paroi de confinement;
- les équipements de contrôle de l'étanchéité à raccordement permanent si exigé;
- les interfaces normalisées de raccordement électrique, telles que les cosses, les bornes et les connecteurs;
- les bornes et/ou les boîtes de jonction (le cas échéant).

Sont classés parmi les composants ne faisant pas partie d'un ETE:

- les composants de la paroi de confinement servant à la fixation des ETE, tels que les surfaces d'étanchéité pour raccordement par boulonnage ou tuyauterie, ou les fourreaux exigeant d'être soudés;
- les câbles et les fils électriques reliés aux conducteurs ou connecteurs d'ETE;

- les éléments de raccordement, tels que les cosses, les bornes, les connecteurs ou les fourreaux à souder, fixés aux câbles ou aux lignes connectés;
- les dispositifs d'essai de fuite ou d'évacuation reliés temporairement aux traversées;
- les exigences relatives aux circuits extérieurs reliés aux ETE ou à la structure de confinement.

Le présent document ne couvre pas les exigences relatives au fonctionnement et à la maintenance des ETE.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60038:2009, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60059:1999, *Caractéristiques des courants normaux de la CEI*

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

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

IEC 60068-3-3, *Essais d'environnement – Partie 3-3: Guide – Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

IEC 60137:2017, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

IEC 60216 (toutes les parties), *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*

IEC 60332 (toutes les parties), *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60544 (toutes les parties), *Matériaux isolants électriques – Détermination des effets des rayonnements ionisants*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60754-2:2011, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux prélevés sur câbles – Partie 2: Détermination de la conductivité et de l'acidité (par mesure du pH)*

IEC/IEEE 60780-323:2016, *Installations nucléaires – Équipements électriques importants pour la sûreté – Qualification*

IEC 60947-1:2007, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60980, *Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires*

IEC 61034-2:2005, *Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 2: Procédure d'essai et exigences*

IEC 61156-1, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques – Partie 1: Spécification générique*

IEC 61196-1-113:2009, *Coaxial communication cables – Part 1-113: Electrical test methods – Test for attenuation constant* (disponible en anglais seulement)

IEC 62271-1:2017, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes pour appareillage à courant alternatif*

IEC 62271-200:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEC 62855, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'alimentation électrique – Analyse des systèmes d'alimentation électrique*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

ISO 9712:2012, *Essais non destructifs – Qualification et certification du personnel END*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

3.1

critère d'acceptation

valeurs limitatives d'un indicateur de fonctionnement ou d'un indicateur d'état servant à évaluer la capacité d'une structure, d'un système ou d'un composant de remplir sa fonction prévue

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.2

conditions accidentelles

écarts par rapport au fonctionnement normal plus graves que les incidents de fonctionnement prévus, et comprenant les accidents de dimensionnement et les accidents graves

EXEMPLE: Des exemples de tels écarts comprennent les dégradations du combustible majeures ou les accidents de perte de réfrigérant primaire (APRP).

Note 1 à l'article: Les conditions accidentelles couvrent les accidents de dimensionnement et les conditions hors dimensionnement.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.3

vieillesse

processus général par lequel les caractéristiques d'une structure, d'un système ou d'un composant se modifient graduellement avec le temps ou à l'usage

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.4

analyse

déroulement et le résultat d'une étude visant à comprendre l'objet de l'analyse

Note 1 à l'article: Le terme «analyse» est souvent utilisé de façon interchangeable avec le terme évaluation. Le terme évaluation peut aussi évoquer le fait de porter une appréciation ou un jugement sur l'acceptabilité. Le mot analyse est aussi souvent associé à l'utilisation d'une technique spécifique. Une ou plusieurs formes d'analyse peuvent donc intervenir dans une évaluation.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.5

incident de fonctionnement prévu

écart de fonctionnement par rapport au fonctionnement normal que l'on s'attend à voir survenir au moins une fois pendant la durée de vie utile de l'installation mais qui, grâce aux dispositions appropriées prises lors de la conception, ne cause pas de dommage significatif à des constituants importants pour la sûreté ou ne dégénère pas en conditions accidentelles

EXEMPLE: Exemples d'incidents de fonctionnement prévus: perte de la puissance électrique normale et défaillances telles que panne de turbine, mauvais fonctionnement d'un constituant particulier d'une installation fonctionnant normalement, défaut de fonctionnement d'un constituant particulier du matériel de commande, perte de puissance de l'alimentation d'une pompe du circuit de refroidissement principal.

Note 1 à l'article: Certains états ou certaines organisations utilisent le terme de «fonctionnement anormal» (en contraste avec le fonctionnement normal) associé à ce concept.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.6

évaluation

processus et résultat de l'analyse systématique et de l'estimation des dangers associés à des installations et des activités, et des mesures de protection et sûreté correspondantes

Note 1 à l'article: L'évaluation vise souvent à quantifier les mesures de performance pour comparaison avec des critères.

Note 2 à l'article: La différence est à faire entre évaluation et analyse. L'évaluation vise à obtenir des informations qui serviront de base pour répondre à la question de savoir si quelque chose est satisfaisant ou non. On peut utiliser diverses formes d'analyse comme outils dans ce processus. Une évaluation peut donc inclure plusieurs analyses.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.7

module conducteur

ensemble de conducteurs électriques et/ou de fibres optiques et matériaux d'étanchéité rassemblés dans un module

3.8

confinement

prévention ou maîtrise des rejets de matières radioactives dans l'environnement en fonctionnement ou en cas d'accident

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.9

base de conception

éventail des conditions et des événements pris explicitement en considération dans la conception d'une installation, conformément aux critères fixés, de façon que l'installation puisse y résister sans dépassement des limites autorisées quand les systèmes de sûreté fonctionnent comme prévu

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.10

accident de dimensionnement

ADD

accident hypothétique conduisant à l'apparition de conditions accidentelles par rapport auxquelles une installation nucléaire est conçue pour résister conformément à des critères de conception établis spécifiés et dans lesquelles l'endommagement du combustible et les rejets de matières radioactives restent dans des limites autorisées

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.11

événements de dimensionnement

EDD

ensemble des accidents de dimensionnement et des incidents de fonctionnement prévus

[SOURCE: IEC 61226: 2009, 3.4]

3.12

conditions hors dimensionnement

conditions accidentelles hypothétiques qui ne sont pas prises en compte dans les accidents de dimensionnement mais qui le sont dans le processus de conception de l'installation conformément aux méthodes de type «meilleure estimation», et dans lesquelles les rejets de matières radioactives sont maintenus dans des limites acceptables. Les conditions hors dimensionnement comprennent les conditions correspondant aux événements sans dégradation significative du combustible et les conditions avec fusion du cœur

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.13

ensemble de traversée électrique

ETE

ensemble de conducteurs électriques isolés, de joints pour conducteurs et de joints pour passage permettant le passage de conducteurs électriques à travers une ouverture unique dans une structure de confinement nucléaire, tout en constituant une ou plusieurs barrières physiques entre l'intérieur et l'extérieur de la structure de confinement

3.14

conditions d'environnement

conditions physiques extérieures à l'ensemble de traversée électrique comprenant, mais non limitativement, la température ambiante, la pression, les rayonnements, l'humidité, les aspersion de produits chimiques, etc., prévues comme conditions normales d'utilisation ou résultant des événements initiateurs postulés

3.15

interface ETE/confinement

dépend du type d'ÉTÉ comme des options pour l'installation (boulonnée/soudée). Pour la qualification initiale l'interface ÉTÉ/confinement correspond à la bride d'installation de l'ensemble

3.16**qualification matériel**

production et conservation des preuves que l'équipement fonctionnera sur commande dans les conditions de service spécifiées, pour répondre aux impératifs de performance du système

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.17**défaillance**

incapacité d'une structure, d'un système ou d'un composant de fonctionner conformément aux critères d'acceptation

EXEMPLE 1: Par exemple, la défaillance d'un système de secours peut ne pas être manifeste jusqu'à ce que l'on ait recours à ce système, soit dans le cadre d'essais, soit lorsque le système principal est en panne.

EXEMPLE 2: Une défaillance peut être le résultat potentiel par exemple d'un défaut du matériel, d'un défaut du logiciel, d'un défaut du système ou d'une erreur humaine. Elle est engendrée par la trajectoire du signal associé.

Note 1 à l'article: La structure, le système ou le composant sont considérés comme défaillants lorsqu'ils ne fonctionnent plus, que l'on en ait besoin ou non à ce moment-là.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.18**conception générique**

unités de matériels formées de matériaux identiques, ayant suivi un processus de fabrication identique, présentant des principes de conception et de fonctionnement identiques qui peuvent être représentés au niveau de la qualification par une unité représentative

3.19**marge**

différence entre les conditions de service et les conditions utilisées pour la qualification de l'équipement

[SOURCE: IEC/IEEE 60780-323:2016, 3.17]

3.20**durée de mission**

temps durant lequel l'équipement doit fonctionner après le début de l'accident. Les durées de mission concernant les fonctions électriques et les fonctions mécaniques (étanchéité) peuvent différer

3.21**fonctionnement normal**

fonctionnement dans des limites et conditions d'exploitation spécifiées

Note 1 à l'article: Pour une centrale nucléaire, cela comprend le démarrage, le fonctionnement en puissance, la mise à l'arrêt, l'arrêt, la maintenance, les essais et le rechargement en combustible.

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, Édition 2016]

3.22 états de la centrale

Conditions de fonctionnement		Conditions accidentelles		
Fonctionnement normal	Incidents de fonctionnement prévus	Accidents de dimensionnement	Conditions hors dimensionnement	
			Sans endommagement significatif du combustible	Avec fusion du cœur

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.23 état qualifié

état d'un matériel, précédant le début de l'évènement de dimensionnement, pour lequel il a été montré que l'équipement satisfaisait aux exigences de conception pour les conditions de service spécifiées

[SOURCE: IEC/IEEE 60780-323:2016, 3.19]

3.24 équipement qualifié

équipement certifié comme satisfaisant aux prescriptions de qualification pour les conditions liées à sa (ses) fonction(s) de sûreté

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.25 durée de vie qualifiée

période pour laquelle il a été démontré, par des essais, l'analyse ou l'expérience qu'une structure, un système ou un composant est capable de fonctionner dans les limites des critères d'acceptation dans des conditions de fonctionnement spécifiques tout en restant à même de remplir ses fonctions de sûreté en cas d'accident de dimensionnement ou de séisme de dimensionnement

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.26 durée de vie utile

période qui va de la mise en exploitation initiale d'une structure, d'un système ou d'un composant à sa réforme

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

3.27 accident grave

conditions accidentelles plus graves qu'un accident de dimensionnement qui donnent lieu à une dégradation importante du cœur

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA édition 2016]

4 Termes abrégés, symbols et acronymes

CA	Courant alternatif
EDD	Événement de dimensionnement
CC	Courant continu
DEC	Design Extension Condition (Conditions hors dimensionnement)
ETE	Ensemble de traversée électrique
CNP	Centrale nucléaire de puissance
R	Partie réelle de l'impédance
X	Partie imaginaire de l'impédance

5 Types d'ETE et caractéristiques assignées

5.1 Type de module d'ETE

5.1.1 Généralités

Les ETE dont les conducteurs ont plusieurs tensions assignées doivent être conçus avec une barrière mise à la masse qui sépare les conducteurs de chaque tension assignée.

5.1.2 Puissance à moyenne tension

Les modules d'ETE ayant des conducteurs pour les circuits d'alimentation de tension assignée supérieure à 1 kV doivent être définis comme des modules de puissance à moyenne tension. Les caractéristiques électriques suivantes doivent être définies:

- Tension assignée d'emploi
- Courant assigné d'emploi
- Courant de surcharge assigné et durées correspondantes
- Courant de courte durée admissible assigné
- Capacité thermique de court-circuit assignée (I^2t)
- Durée assignée de court-circuit
- Capacités assignées en conditions d'environnement d'EDD pour la durée de mission spécifiée, si exigé
- Capacités assignées en conditions d'environnement de DEC pour la durée de mission spécifiée, si exigé

5.1.3 Puissance à basse tension

Les modules d'ETE ayant des conducteurs pour les circuits d'alimentation de tension assignée inférieure ou égale à 1 kV doivent être définis comme des modules de puissance à basse tension. Les caractéristiques électriques suivantes doivent être définies:

- Tension assignée d'emploi
- Courant assigné d'emploi
- Courant de surcharge assigné et durées correspondantes
- Courant de courte durée admissible assigné
- Capacité thermique de court-circuit assignée (I^2t)
- Durée assignée de court-circuit
- Capacités assignées en conditions d'environnement d'EDD pour la durée de mission spécifiée, le cas échéant

- Capacités assignées en conditions d'environnement de DEC pour la durée de mission spécifiée, le cas échéant

5.1.4 Contrôle-commande à basse tension

Les modules d'ETE ayant des conducteurs pour les circuits de contrôle-commande de tension assignée inférieure ou égale à 1 kV doivent être définis comme des modules de contrôle-commande à basse tension. Les caractéristiques électriques suivantes doivent être définies:

- Tension assignée d'emploi
- Courant assigné d'emploi
- Capacités assignées en conditions d'environnement d'EDD pour la durée de mission spécifiée, si exigé
- Capacités assignées en conditions d'environnement de DEC pour la durée de mission spécifiée, si exigé

5.1.5 Instrumentation

Les modules d'ETE ayant des conducteurs pour les circuits d'instrumentation doivent être définis comme des modules d'instrumentation. Les types suivants de modules d'instrumentation doivent être pris en considération:

- Unifilaire
- Couples thermoélectriques
- Paire torsadée
- Coaxial
- Triaxial

Les caractéristiques électriques suivantes doivent être définies:

- Tension assignée d'emploi
- Capacités de transfert de signaux (affaiblissement assigné, impédance caractéristique assignée)
- Capacités assignées dans les conditions d'environnement d'EDD pour la durée de mission spécifiée, si exigé
- Capacités assignées en conditions d'environnement de DEC pour la durée de mission spécifiée, si exigé

5.1.6 Fibre optique

Les modules d'ETE ayant des conducteurs pour les circuits à fibre optique doivent être définis comme des modules à fibre optique. Les caractéristiques électriques suivantes doivent être définies:

- Unimodal ou multimodal
- Plage de longueurs d'onde
- Dimensions du cœur
- Diamètre de la gaine
- Affaiblissement (y compris des fiches)
- Capacités assignées dans les conditions d'environnement d'EDD pour la durée de mission spécifiée, si exigé
- Capacités assignées en conditions d'environnement de DEC pour la durée de mission spécifiée, si exigé

Étant donné que les fibres optiques n'ont pas de tension électrique ou de courant assigné, ces modules peuvent être installés dans tous les types d'ETE constitués également de modules électriques. Les ETE peuvent être constitués de modules à fibre optique uniquement.

5.2 Caractéristiques assignées

5.2.1 Tension assignée d'emploi

La tension assignée d'emploi des ETE doit être conforme à l'IEC 60038:2009.

a) Puissance à moyenne tension

- La plage de tensions alternatives assignées est définie pour les tensions supérieures à 1 000 V.
- Les tensions alternatives assignées types sont de 3,6 kV en courant alternatif, 7,2 kV en courant alternatif et 12 kV en courant alternatif.

b) Puissance à basse tension (en courant alternatif – 50 Hz/60 Hz) et courant continu

- La plage de tensions alternatives assignées (50 Hz/60 Hz) est définie jusqu'à 1 000 V en courant alternatif, entre phases ou phase-terre.
- Les tensions alternatives assignées types sont de 1 000 V en courant alternatif, 400/690 V en courant alternatif et 230 V/400 V en courant alternatif.
- La plage de tensions continues assignées est définie de 6 V à 440 V en courant continu.
- Les tensions continues assignées types sont de 440 V en courant continu, 220 V en courant continu ou 48 V en courant continu.

c) Contrôle-commande à basse tension

- La plage de tensions continues assignées est définie de 6 V à 440 V en courant continu.
- Les tensions continues assignées types sont de 220 V ou 48 V.
- La plage de tensions alternatives assignées est définie jusqu'à 440 V.
- Les tensions continues assignées types sont de 440 V en courant alternatif ou 220 V en courant alternatif.

d) Instrumentation

- Les modules d'instrumentation doivent avoir au minimum les caractéristiques assignées du circuit d'instrumentation respectif.

5.2.2 Courant assigné d'emploi

Les courants assignés d'emploi pour la puissance à moyenne tension et à basse tension doivent être conformes à l'IEC 60059 et doivent être définis dans des pas discrets de la plage (1,0 ... 8) A pour chaque ordre de grandeur.

Les courants permanents assignés pour le contrôle-commande à basse tension doivent être classés conformément au Tableau S.3 de l'IEC 60947-1:2007 «Valeurs assignées et plages de fonctionnement des sorties alternatives numériques à émission de courant», c'est-à-dire (0,25 ... 2) A, et au Tableau S.4 de l'IEC 60947-1:2007 «Valeurs assignées et plages de fonctionnement (courant continu) pour les sorties continues numériques à émission de courant» c'est-à-dire (0,25 ... 2) A.

Conformément à la définition de 4.3.2.3 de l'IEC 60947-1:2007, le courant assigné d'emploi doit être indiqué par le constructeur en tenant compte de la tension assignée d'emploi, de la fréquence assignée, du service assigné, de la catégorie d'emploi et du type et des caractéristiques assignées de l'enveloppe de protection, le cas échéant.

Concernant les ETE et leurs modules, le courant assigné d'emploi doit être défini de sorte qu'un conducteur soit capable de transporter ce courant de manière permanente sans que la température en régime établi des conducteurs, le module et la totalité de l'ETE ne dépassent leurs limites prévues à la conception à la température maximale d'environnement normal des conditions de service de conception, tandis que tous les modules des ETE respectifs sont alimentés par leurs courants permanents assignés.

NOTE Le Tableau 9 de l'IEC 60947-1:2007 fournit une recommandation concernant les plages de courants d'essai relatives aux dimensions des conducteurs (sections données en mm² et AWG/kcmil) pour la détermination des courants assignés d'emploi.

5.2.3 Courant de surcharge assigné et durées correspondantes

Conformément à l'IEC 60947-1, le courant de surcharge assigné est le courant se produisant dans un circuit électriquement sain en raison d'un fonctionnement normal (par exemple, commutation des moteurs, leur accélération jusqu'à la vitesse normale et leurs surcharges d'emploi). L'équipement associé doit être capable de résister à des contraintes thermiques engendrées par ces charges.

Concernant les ETE et leurs modules, le courant de surcharge assigné est le courant que chaque conducteur d'un circuit est capable de transporter pendant une durée spécifiée, par suite du fonctionnement au courant permanent assigné, sans que la température des conducteurs ne dépasse les limites prévues à sa conception, tandis que tous les autres conducteurs de l'ensemble sont alimentés par leurs courants permanents assignés à la température maximale d'environnement normal des conditions de service de conception.

Le courant de surcharge assigné et sa durée pour les ETE de puissance à moyenne tension doivent être conformes à la spécification des exigences. Pour les essais génériques, les valeurs applicables pour les ETE de puissance à basse tension peuvent également être utilisées pour les ETE de puissance à moyenne tension.

5.2.4 Courant assigné de court-circuit conditionnel

Conformément à l'IEC 60947-1, le courant assigné de court-circuit conditionnel est la valeur de courant à laquelle l'équipement peut résister pendant la durée de court-circuit définie.

5.2.5 Durée de court-circuit assignée

Conformément à l'IEC 62271-1, la durée de court-circuit assignée est la durée pendant laquelle l'équipement peut supporter le courant de courte durée admissible assigné.

5.2.6 Caractéristiques assignées de transmission de signaux

a) Impédance caractéristique

Conformément à l'IEC 61156-1, l'impédance assignée d'onde ou l'impédance caractéristique est donnée par le quotient d'une onde de tension et d'une onde de courant qui se propagent dans la même direction, soit en avant, soit en arrière, dans la ligne de transmission.

Pour les modules d'ETE, la caractéristique d'impédance doit être mesurée conformément à l'IEC 61156-1 ou calculée par le constructeur par rapport à l'interface de raccordement, y compris les bornes de raccordement.

b) Affaiblissement de signal

Conformément à l'Article 3 de l'IEC 61196-1-113:2009, l'affaiblissement de signal est exprimé en termes d'affaiblissement linéique, lequel est défini par le logarithme du rapport entre la puissance d'entrée et la puissance de sortie, multiplié par 100 m et divisé par la longueur de la ligne de transmission.

Pour les modules d'ETE, la valeur d'affaiblissement doit être fournie en dB en tenant compte de la longueur entre les deux interfaces de raccordement de l'ETE.

c) Autres paramètres assignés de transfert de signaux

Le constructeur peut définir d'autres paramètres assignés de transfert de signaux afin de caractériser les capacités de l'ETE pour des applications spécifiques.

Ces paramètres assignés de transfert de signaux peuvent être définis d'après la spécification détaillée de l'équipement.

5.2.7 Capacités assignées en conditions d'EDD et de DEC

Les capacités assignées des ETE/modules d'ETE dont le fonctionnement est exigé en conditions d'EDD et de DEC doivent être définies dans la spécification des exigences. Les capacités assignées doivent être définies de sorte que la fonction de sûreté de la chaîne raccordée de mesure ou de l'actionneur en conditions d'EDD ou de DEC soit garantie comme spécifiée.

NOTE Des exemples de capacités électriques, pouvant s'appliquer aux ETE en conditions d'EDD et de DEC sont la résistance d'isolement entre le conducteur et la masse ou entre deux conducteurs, l'affaiblissement des signaux et la rigidité diélectrique.

6 Exigences de conception

6.1 Généralités

Les ETE utilisés dans les systèmes de sûreté des installations nucléaires doivent satisfaire à leurs exigences fonctionnelles de sûreté tout au long de leur durée de vie qualifiée.

6.2 Exigences de conception mécanique

6.2.1 Enveloppe de pression

L'enveloppe de pression des ETE doit satisfaire aux exigences des codes nationaux applicables aux chaudières et enceintes sous pression.

6.2.2 Fuite de gaz

Le taux maximal de fuite de gaz pour l'hélium est spécifié dans le Tableau 1. Ce taux doit être atteint à la pression maximale de conception de l'enceinte de confinement fournie dans la spécification des exigences pour une température de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

Tableau 1 – Taux définis de fuite par configuration

	Configuration	Taux de fuite définis	
1	Module conducteur de l'ETE, lorsqu'il est fourni de manière individuelle	$10^{-5} \frac{\text{mbar} \times \text{l}}{\text{s}}$	$10^{-6} \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{s}}$
2	ETE sans joint d'étanchéité (non installé)	$10^{-4} \frac{\text{mbar} \times \text{l}}{\text{s}}$	$10^{-5} \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{s}}$
3	ETE avec joint d'étanchéité (installé)	$10^{-2} \frac{\text{mbar} \times \text{l}}{\text{s}}$	$10^{-3} \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{s}}$

L'essai peut être effectué à l'aide d'autres gaz d'essai, par exemple, l'azote. Dans ce cas, les taux de fuite d'hélium fournis dans le Tableau 1 doivent être recalculés selon les propriétés des gaz et les conditions aux limites de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$ pour la température et pour la pression maximale de conception de confinement fournies dans la spécification des exigences. Les formules de conversion sont fournies dans l'Annexe A.

6.2.3 Dispositions relatives aux essais

L'ETE doit comprendre des dispositions relatives à la détermination du taux de fuite sans qu'il soit nécessaire de déconnecter de l'ensemble de traversée un seul circuit électrique.

Lorsque ces dispositions sont utilisées pour des mesurages permanents, elles doivent être conçues de sorte à éviter les fuites sur les lignes de mesure et de mise en pression. Ces lignes doivent se trouver hors de l'enceinte de confinement.

6.2.4 Intégrité et étanchéité

L'ETE doit être conçu pour résister à l'ensemble des conditions d'utilisation sans perte de l'intégrité et de l'étanchéité de l'enceinte de confinement et sans détérioration de la structure de l'ensemble.

Pour les ETE de puissance à basse tension et moyenne tension, l'intégrité mécanique et l'étanchéité doivent être spécifiées après l'apparition du courant assigné de court-circuit conditionnel.

L'ETE doit être conçu pour résister à l'ensemble des conditions accidentelles sans perte de l'intégrité et de l'étanchéité de l'enceinte de confinement et sans détérioration de la structure de l'ensemble. Pour des raisons de sûreté, la température maximale de conception de l'enceinte de confinement et la pression maximale de conception de l'enceinte de confinement doivent être prises en considération lors des essais de type en respectant les charges transitoires provoquées par les EDD ou les DEC (par exemple, accidents graves), le cas échéant. De plus, la durée de mission spécifiée doit être prise en compte.

6.2.5 Manutention, transport et stockage

L'ETE doit être conçu pour résister sans détérioration aux effets d'une exposition à des températures, une humidité et des charges mécaniques prévues au cours du transport, du stockage et de la manutention.

Une disposition doit être établie afin de protéger l'ETE contre les effets de l'humidité pendant le transport et le stockage.

6.2.6 Fixation (installation)

Il convient de réaliser les fixations par boulons sur les parois internes de l'enceinte de confinement, dans des zones spécialement préparées à cet effet.

Le couple maximal de serrage doit être calculé en fonction du mode de fixation utilisé. Des mesures doivent être prises pour maintenir la précontrainte et pour éviter le desserrage spontané des boulons.

Des fixations par boulons sur les parois externes de l'enceinte de confinement peuvent être fournies si cela est exigé par le client.

Les ETE fixés par soudure doivent être conçus de façon à faciliter les soudures. Ces ETE, et en particulier leurs isolants, ne peuvent pas être détériorés lorsqu'ils sont soudés sur des fourreaux intégrés aux parois de l'enceinte de confinement.

Il convient de réaliser la fixation par soudure sur la paroi interne de l'enceinte de confinement.

Des fixations par soudure sur les parois externes de l'enceinte de confinement peuvent être fournies si cela est exigé par le client.

Il convient de choisir l'emplacement de la fixation de l'ETE sur la paroi de l'enceinte de confinement de manière à garantir un espace suffisant autour de l'ETE pour son installation et

à éviter tout dommage physique dû aux composants à proximité au cours de l'installation et après l'installation.

6.2.7 Condensation

Des mesures doivent être prises pour éviter toute condensation dans l'ETE.

Si la condensation est possible dans les boîtiers de raccordement en conditions normales et/ou en conditions d'EDD ou de DEC, des dispositions doivent être mises en œuvre pour l'équilibrage de la pression et le drainage.

6.2.8 Tenue aux vibrations induites

Les ETE équipés de câblage externe doivent résister à des charges spécifiques dues à des vibrations induites (fonctionnement normal, par exemple, le démarrage et l'arrêt d'une CNP et dues à des événements hypothétiques externes, tels que des tremblements de terre, des accidents d'avion ou un souffle consécutif à une explosion).

6.2.9 Équilibrage de la pression et protection contre l'eau et la poussière

Concernant les interfaces de raccordement des ETE et les mesures de protection associées (c'est-à-dire les fiches, les capots, les boîtes de jonction), des dispositions doivent être établies par rapport à l'équilibrage de la pression.

Des mesures doivent être prises pour protéger les ETE contre l'eau et les polluants et la poussière (par exemple, les sorties de câbles orientées vers le bas). Si nécessaire, la zone doit être blindée afin d'assurer une protection contre l'eau et les polluants.

Concernant la conception des fiches, des capots et des boîtes de jonction des ETE, le degré de protection contre la pénétration doit être IP54 ou supérieur, conformément à l'IEC 60529.

6.2.10 Aptitude à la décontamination

Les ETE et leurs boîtes de jonction doivent présenter une aptitude à la décontamination telle qu'exigée dans la spécification des exigences.

Si une peinture est utilisée, par exemple comme revêtement des conteneurs et/ou des soudures d'installation, elle doit satisfaire aux exigences relatives aux systèmes de peinture et de revêtement définis pour la structure de confinement dans la spécification des exigences.

6.2.11 Protection contre le feu

Les matériaux et la conception des ETE doivent être tels que les propriétés des matériaux soient conformes aux exigences relatives au confinement comme coupe-feu. En variante, un coupe-feu externe ayant des caractéristiques identiques peut être fourni.

6.2.12 Analyse des contraintes

Si cela est spécifié, une analyse des contraintes couvrant les pièces de l'ETE sous pression doit être effectuée conformément au code national applicable aux chaudières et enceintes sous pression.

6.2.13 Accessibilité

Un accès adéquat doit être assuré à des fins de maintenance et d'examen.

6.2.14 Blindage de protection contre les rayonnements

Si nécessaire, un blindage des ETE peut être pris en considération lors de la conception. Il n'est pas nécessaire que le blindage de protection contre les rayonnements actifs fasse partie intégrante de la conception des ETE, voir 7.3.2.

6.2.15 Exigences relatives aux matériaux de la structure

L'enveloppe de pression de l'ETE doit satisfaire aux exigences des codes nationaux applicables aux chaudières et enceintes sous pression.

Si cela est exigé dans la spécification des exigences, les matériaux de la structure doivent résister ou être protégés contre les attaques chimiques prévues en conditions d'EDD et de DEC (par exemple, accident grave).

NOTE Les attaques chimiques peuvent être provoquées, par exemple, par des fluides hydrauliques, de la graisse ou des produits chimiques dissous ou contenus dans le fluide du réacteur.

6.2.16 Exigences relatives à la construction étanche des ETE (matériaux et construction)

La construction étanche doit résister aux charges thermiques, aux doses de rayonnement et aux charges mécaniques transitoires et de longue durée en fonctionnement normal, lors d'incidents de fonctionnement prévus et conditions liées aux EDD.

Si cela est exigé dans la spécification des exigences, la construction étanche doit résister aux charges thermiques, aux doses de rayonnement et aux charges mécaniques transitoires et de longue durée en conditions de DEC (par exemple, accident grave).

Si cela est exigé dans la spécification des exigences, la construction étanche doit être résistante ou être protégée contre les attaques chimiques prévues en fonctionnement normal, lors d'incidents de fonctionnement prévus et d'accidents de dimensionnement et en conditions de DEC (par exemple, accident grave).

Les EDD ou les DEC sont censés survenir après la durée de vie utile prévue de l'ETE. Dans ce contexte, la résistance comprend le maintien de la fonction d'étanchéité pendant et après les conditions spécifiées ci-dessus.

NOTE 1 Les échauffements provoqués par des ruptures de tuyauteries, des procédés de combustion de H₂ ou la coupure de la fusion du cœur constituent des exemples de charge thermique transitoire.

NOTE 2 Les attaques chimiques peuvent être provoquées, par exemple par des fluides hydrauliques, de la graisse ou des produits chimiques dissous ou contenus dans le fluide du réacteur.

6.3 Exigences relatives à la conception électrique

6.3.1 Comportement en cas d'incendie

Si des matériaux combustibles sont utilisés dans l'ETE, ils doivent avoir des propriétés retardatrices de flamme. Autrement, la conception doit éviter la propagation du feu.

NOTE La propagation du feu peut être évitée par encapsulation (e.g. joint torique dans une gorge) ou en minimisant la masse de matière combustible.

Si le comportement étendu en cas d'incendie est exigé pour le système de câblage de la centrale, les matériaux combustibles utilisés pour l'ETE doivent avoir des propriétés similaires. Ces propriétés sont les suivantes:

- faible teneur en gaz acides halogénés, et
- faible densité de fumées.

6.3.2 Décharge partielle

Le niveau de décharge partielle des conducteurs de puissance à moyenne tension ne doit pas dépasser 10 pC lorsque les conducteurs sont alimentés à $\frac{1,5}{\sqrt{3}}$ de la tension assignée d'emploi.

6.3.3 Interfaces de raccordement

Les interfaces de raccordement et les jonctions des conducteurs à basse tension et à moyenne tension doivent être capables de supporter les courants permanents assignés, avant et après injection du courant de court-circuit assigné, sans que la température des connexions et des jonctions ne dépasse les limites prévues à la conception.

6.3.4 Fonction électrique

Les conducteurs, les connexions et les systèmes d'isolement électrique doivent être conçus de façon à résister à toutes les contraintes électriques de l'environnement sans défaillance ou perte de fonction. Les conséquences de courts-circuits autorisées sur la fonction électrique doivent être prises en considération séparément selon la spécification des exigences.

La valeur normalisée recommandée de la durée assignée de court-circuit est de 1 s, conformément à l'IEC 62271-1. Si nécessaire, une valeur inférieure ou supérieure à 1 s peut être choisie. Ces valeurs sont 0,5 s, 2 s et 3 s, peuvent être utilisées en fonction de la coordination des dispositifs de protection de niveau 2.

Afin d'éviter une défaillance unique de la protection électrique donnant lieu à des dommages de l'ETE ou de l'enveloppe de pression de confinement de l'ETE, il est recommandé d'utiliser une protection électrique coordonnée.

NOTE Par conséquent, on fait l'hypothèse que la durée de court-circuit qu'un ETE supporte est plus longue que la durée nécessaire à la protection de secours pour se déclencher.

6.3.5 Réévaluation de la durée de vie qualifiée

Il convient de porter une attention particulière à la réévaluation de la durée de vie qualifiée de l'ETE, conformément à l'IEC/IEEE 60780-323.

NOTE Par exemple, la prise en compte du remplacement des pièces sensibles, la description de procédures d'essais périodiques et la définition de critères d'acceptation pour les essais ainsi que l'ajout de pièces supplémentaires à l'ETE, lesquelles peuvent être vieilles et soumises à l'essai de manière séparée par rapport à l'équipement déjà installé.

6.3.6 Efforts électrodynamiques

L'ETE doit être conçu de façon à résister aux efforts résultant des courts-circuits conformément à 5.2.4, sans perte d'intégrité mécanique et d'étanchéité en fonctionnement normal, en EDD et en conditions de DEC (par exemple, accident grave).

6.3.7 Modules conducteurs

La section de l'âme des conducteurs doit être choisie conformément à l'IEC 60947-1. Son utilisation doit être telle que l'échauffement maximal reste dans les limites spécifiées.

6.3.8 Modules conducteurs de l'instrumentation

Les traversées électriques doivent être adaptées aux propriétés exigées du circuit de mesure de sorte que les traversées de câbles n'ont pas d'effet néfaste sur les signaux qui passent par l'ETE.

Il existe un cas particulier: lorsqu'un module conducteur d'ETE est disposé entre le couple thermoélectrique et la boîte de compensation. Une attention particulière doit alors être portée sur le choix des matériaux des conducteurs de sorte qu'aucun couple thermoélectrique supplémentaire ne puisse se former.

Les aspects particuliers à prendre en compte comprennent:

- le blindage contre les influences électriques;
- les tensions d'emploi;
- l'impédance caractéristique;
- l'impédance de transfert;
- le claquage en mode pulsé dans les traversées de détecteurs de rayonnements.

6.3.9 Modules conducteurs à fibre optique

Les modules conducteurs à fibre optique doivent être conçus selon les caractéristiques optiques suivantes:

- unimodal ou multimodal,
- plage de longueurs d'onde,
- diamètre de la gaine,
- dimensions du cœur,
- perte d'affaiblissement mesurée en dB (y compris des connecteurs).

6.3.10 Brouillage électromagnétique

L'ETE doit être conçu afin de réduire le plus possible les émissions électromagnétiques de circuits passant par l'ETE.

L'ETE doit être conçu afin de réduire le plus possible les conséquences des brouillages ou perturbations électromagnétiques provenant de l'extérieur sur les circuits passant par l'ETE.

L'ETE doit être conçu afin de réduire le plus possible les brouillages et perturbations électromagnétiques provenant de circuits passant par des conducteurs adjacents ou des modules conducteurs adjacents.

Du fait des émissions électromagnétiques ainsi que les conséquences des brouillages et perturbations électromagnétiques provenant de l'extérieur ou de conducteurs adjacents ou de modules conducteurs adjacents, le niveau du blindage et la mise à la terre de l'ETE doivent être définis dans la spécification des équipements.

NOTE Pour les circuits sensibles aux brouillages électromagnétiques, l'utilisation de conducteurs coaxiaux ou triaxiaux constitue un moyen approprié de réduire les distorsions de durées de signaux. En variante, les conducteurs peuvent être protégés de manière adaptée, par exemple en plaçant les conducteurs des ETE dans un conduit métallique souple et en réalisant la mise à la terre nécessaire.

6.3.11 Échauffement et courant admissible

La détermination des courants nominaux dans les conducteurs doit être faite en tenant compte de l'échauffement admissible suivant l'équipement choisi et/ou des textes de réglementation. L'échauffement admissible sur chaque extrémité des éléments de raccordement des lignes de transmission et, si nécessaire, la superposition des températures accidentelles doivent être pris en considération.

6.3.12 Conception de l'isolement électrique (matériaux et construction)

L'isolement des conducteurs et l'isolement de l'interface de raccordement doivent être conçus afin de satisfaire aux exigences suivantes:

- Les lignes de fuite et les distances d'isolement des ETE à basse tension, de contrôle-commande et d'instrumentation doivent être conçues afin d'assurer la coordination de l'isolement, conformément à l'IEC 60664-1.
- La conception des lignes de fuite et l'épaisseur de l'isolement doivent prendre en considération le dépassement de courte durée et de longue durée de la tension du système ainsi que l'influence potentielle des tensions de choc de foudre et des impulsions provoquées par des opérations de commutation dans le système électrique.
- La conception des lignes de fuite et l'épaisseur de l'isolement doivent prendre en considération les exigences fonctionnelles en fonctionnement normal, lors d'incidents de fonctionnement prévus et en conditions d'EDD, et, lorsque cela est exigé dans la spécification des exigences, en conditions de DEC (par exemple, accident grave) pour les modules conducteurs dédiés. L'IEC 62855 donne des recommandations concernant les variations de tension qui peuvent être prises en compte lors de la vérification de la conception.
- L'isolement électrique des ETE doit résister aux charges thermiques transitoires et de longue durée, aux doses de rayonnement, au dépassement et aux charges mécaniques transitoires et de longue durée susceptibles de survenir en fonctionnement normal, lors d'incidents de fonctionnement prévus et d'EDD.
- Si cela est exigé dans la spécification des exigences, l'isolement électrique des ETE doit résister aux charges thermiques transitoires et de longue durée, aux doses de rayonnement, au dépassement et aux charges mécaniques transitoires et de longue durée susceptibles de survenir en conditions de DEC (par exemple, accident grave).

NOTE Les EDD ou les DEC sont censés se produire à la fin de la durée prévue du service de l'ETE. Dans ce contexte, la résistance comprend la réalisation de la fonction électrique exigée pendant et après les hypothèses de charges susmentionnées.

- Les matériaux d'isolement doivent résister aux ou être protégés contre les attaques chimiques prévues en fonctionnement normal, lors d'incidents de fonctionnement prévus et en conditions d'EDD, et, lorsque cela est exigé dans la spécification des exigences, en conditions de DEC pour les modules conducteurs dédiés.

7 Qualification à la conception

7.1 Sélection des spécimens d'essai

Lors de la détermination des ETE et/ou des modules conducteurs représentatifs, une attention particulière doit être portée au type d'ETE et à ses caractéristiques assignées. Les spécimens utilisés pour les essais doivent être choisis de sorte à être représentatifs de la conception, des procédés de production et de la configuration de la conception générique d'ETE à qualifier.

Ces essais de type ont pour but de démontrer, à l'aide de résultats d'essais réels, que l'ETE remplit sa fonction comme prévu lorsqu'il est soumis à des conditions qui simulent sa durée de vie installée dans les conditions d'utilisation spécifiées. Des résultats d'essais de qualification existants peuvent être utilisés lorsqu'il peut être démontré, soit analytiquement, soit par des essais supplémentaires, que ces résultats existants sont valables pour l'ensemble en cours de qualification. Des documents doivent être fournis à l'appui des ETE et/ou modules conducteurs utilisés pour la qualification de la conception, les plans d'essai, procédures et résultats d'essai.

7.2 Marges de qualification

De manière générale, sauf spécification contraire, les marges doivent être issues de l'IEC/IEEE 60780-323. Si les conditions de service spécifiées comprennent déjà les marges exigées, aucune marge supplémentaire n'est nécessaire.

NOTE Les marges peuvent être appliquées pour la température, les rayonnements, la pression, les tensions, les courants, les durées et les paramètres utilisés pour les essais aux vibrations induites.

7.3 Essais de conception (matériaux et construction)

7.3.1 Comportement en cas d'incendie

Les composants combustibles du système d'isolement électrique des ETE et de ses matériaux doivent être soumis à des essais, tel que spécifié dans la série IEC 60332 (réduction de la propagation de la flamme).

Si le système de câblage de la centrale exige des matériaux faiblement halogénés et des matériaux à faible densité de fumées, des essais doivent être effectués, comme exigé dans l'IEC 60754-2 et l'IEC 61034-2 afin de confirmer que:

- les gaz de combustion ont une faible quantité de gaz acide halogéné, et
- les gaz de combustion ont une faible densité de fumées.

Le montage d'essai et les composants de l'ETE à utiliser doivent être représentatifs de la conception de l'ETE à installer dans la centrale. Les écarts doivent être décrits et justifiés.

7.3.2 Résistance aux rayonnements

Il convient que la détermination des effets des rayonnements ionisants soit conforme à la série IEC 60544, sauf stipulation contraire dans la spécification des exigences.

Tous les matériaux de l'ETE nécessaires à la réalisation des fonctions de sûreté et pouvant être sujets à dégradation par suite d'une exposition aux rayonnements doivent être soumis à l'essai pour vérifier qu'ils conservent les propriétés électriques et physiques nécessaires.

7.3.3 Endurance thermique

Il convient que la détermination des effets des expositions thermiques soit conforme à la série IEC 60216, sauf stipulation contraire dans la spécification des exigences.

Tous les matériaux de l'ETE nécessaires à la réalisation des fonctions de sûreté et pouvant être sujets à dégradation par suite d'une exposition thermique doivent être soumis à l'essai pour vérifier qu'ils conservent les caractéristiques électriques et physiques nécessaires lorsqu'ils sont soumis à l'environnement de fonctionnement, pendant la durée de vie installée de l'ensemble.

7.3.4 Vieillessement et durée de vie qualifiée

La durée de vie qualifiée de l'ETE doit être déterminée en fonction de la résistance thermique et de la résistance aux rayonnements des matériaux utilisés en tenant compte des conditions les plus défavorables d'environnement d'emploi pendant sa durée de vie installée. La durée de vie qualifiée doit être établie en fonction des procédures de vieillissement effectuées avant les essais d'accident (EDD ou DEC).

7.3.5 Essais de type

7.3.5.1 Généralités

Les essais de type des ETE doivent être effectués pour chaque conception générique. Les essais de type peuvent être effectués sur différents spécimens d'essai. La séquence d'essai indiquée dans le présent paragraphe n'est pas obligatoire; cependant, tous les spécimens doivent être soumis à tous les essais définis comme des essais d'acceptation en usine.

7.3.5.2 Essai de pression pneumatique

L'essai de pression pneumatique doit concerner la pression statique telle qu'elle est déterminée par les règles du code national applicables aux chaudières et enceintes sous