

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Nuclear facilities – Electrical power systems – AC interruptible power supply systems

Installations nucléaires – Systèmes d'alimentation électrique – Systèmes d'alimentation électrique interruptibles en courant alternatif

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63272:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Nuclear facilities – Electrical power systems – AC interruptible power supply systems

Installations nucléaires – Systèmes d'alimentation électrique – Systèmes d'alimentation électrique interruptibles en courant alternatif

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-9381-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Abbreviated terms	16
5 System requirements.....	16
5.1 General requirements	16
5.2 Electrical system configuration.....	23
5.3 Interruptible electrical system architecture	24
5.4 Off-site power supplies	25
5.4.1 NPPs	25
5.4.2 Nuclear facilities other than NPPs.....	27
5.5 Safety classified power supply system	27
5.5.1 NPPs	27
5.5.2 Nuclear facilities other than NPPs.....	29
5.6 Non-safety classified power supply system	29
5.7 Power supply system operating limits.....	29
5.7.1 General	29
5.7.2 Under-voltages	30
5.7.3 Over-voltages	30
5.7.4 System current carrying capacity	31
5.7.5 Frequency operating limits.....	31
5.7.6 Grid operating parameters.....	32
5.7.7 Electromagnetic interference	32
5.7.8 Geomagnetically Induced Currents (GIC).....	33
5.7.9 Harmonics	33
5.7.10 System operating voltage and limits.....	33
5.8 Safety classification	33
5.9 Equipment qualification	34
5.10 Separation	35
5.11 Redundancy and single failure criterion	36
5.12 Power system capacity	36
5.13 Load allocation	37
5.14 Electrical protection	38
5.14.1 General	38
5.14.2 Source transfer.....	38
5.14.3 Protection of personnel and equipment.....	38
5.15 Motor starting.....	40
6 Equipment requirements.....	40
6.1 Standby power generators	40
6.2 Operation and starting of standby and alternate generators	42
6.3 Alternate power generators.....	42
6.4 Standby and alternate generator mission times.....	42
6.5 Fuel and support systems for standby and alternate generators.....	43
6.6 Electrical power generation source transfer	44

6.7	Programmable devices.....	44
6.8	Rating of electrical equipment.....	45
6.9	Load sequencing systems	46
6.10	Nuclear facility control system requirements	46
6.11	Automatic plant start-up systems	46
6.12	Generator manual start-up systems	47
6.13	Power cables	47
6.14	Power transformers.....	47
6.15	Circuit breaker tripping and closing supplies	48
6.16	Earthing and lightning protection system design.....	48
7	Maintenance of electrical equipment.....	49
8	Ageing of electrical equipment.....	51
9	Status monitoring of electrical power supply system	51
10	Periodic testing of electrical equipment.....	52
11	Commissioning of electrical equipment and systems.....	53
	Bibliography.....	54
	Figure 1 – Typical single line diagram of nuclear power plant power supply system	19
	Figure 2 – Typical single line diagram of power supply system for nuclear facilities other than NPPs	20
	Figure 3 – Typical single line diagram for SMR power supply system	21

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63272:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR FACILITIES – ELECTRICAL POWER SYSTEMS –
AC INTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEMS**

FOREWORD

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

IEC 63272 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
45A/1528/FDIS	45A/1544/RVD

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

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 63046.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63272:2024

INTRODUCTION

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

The purpose of this document is to provide high level requirements for the design of on-site AC interruptible power supply systems as part of the overall electrical distribution system in a nuclear facility.

The on-site AC interruptible electrical power system supports all plant operating functions including plant safety systems. This includes safety classified electrical distribution systems which provide interruptible power supplies to support plant safety systems. This document does not cover requirements for grid connections to the nuclear plant which is the subject of a separate standard. This document does not cover requirements for uninterruptible power supplies which are defined in IEC 61225.

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

This document is a second level document specifically addressing the particular topic of requirements for electrical supplies.

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

c) Recommendations and limitations regarding the application of this standard

This document defines the requirements for an electrical designer to establish the design of the AC interruptible electrical power supply for nuclear facilities. It is used in conjunction with Level 1 standard IEC 63046.

Requirements for uninterruptible power supplies are defined in Level 2 standard IEC 61225.

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 IEC SC 45A standard series comprises a hierarchy of four levels. The top-level documents of the IEC SC 45A standard series are IEC 61513 and IEC 63046.

IEC 61513 provides general requirements for instrumentation and control (I&C) systems and equipment that are used to perform functions important to safety in nuclear power plants (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 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 power systems for nuclear power plants.

IEC 61513 and IEC 63046 refer directly to other IEC SC 45A standards for general requirements for specific topics, such as categorization of functions and classification of systems, qualification, separation, defence against common cause failure, control room design, electromagnetic compatibility, human factors engineering, 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 requirements for specific equipment, technical methods, or activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general requirements, can be used on their own.

A fourth level extending the IEC SC 45 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, the IAEA safety guide SSG-51 dealing with human factors engineering in the design of NPPs and the implementing guide NSS42-G for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by the 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 9001 as well as to IAEA GSR part 2 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 rooms standards, IEC 63351 is the entry document for the human factors engineering standards and IEC 62342 is the entry document for the ageing management standards.

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

NOTE 2 IEC TR 63400 provides a more comprehensive description of the overall structure of the IEC SC 45A standards series and of its relationship with other standard bodies and standards.

NUCLEAR FACILITIES – ELECTRICAL POWER SYSTEMS – AC INTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEMS

1 Scope

This document specifies the performance and functional characteristics of the on-site AC interruptible power supply systems and applies to new nuclear facilities and newly installed or upgraded on-site AC interruptible power supply systems.

The specific design requirements for the components of the power supply system are defined by the IEC standards listed in the normative references and are outside the scope of this document.

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, *IEC standard voltages*

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

IEC 60076-1, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60709:2018, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems important to safety – Separation*

IEC 60909 (all parts), *Short-circuit currents in three phase a.c. systems*

IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 61000-4 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Testing and measurement techniques*

IEC 61226, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems important to safety – Categorization of functions and classification of systems*

IEC 61439 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 62003, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems – Requirements for electromagnetic compatibility testing*

IEC 62271 (all parts), *High-voltage switchgear and controlgear*

IEC 62305 (all parts), *Protection against lightning*

IEC 62671, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Selection and use of industrial digital devices of limited functionality*

IEC 62855:2016, *Nuclear power plants – Electrical power systems– Electrical power systems analysis*

IEC 63046:2020, *Nuclear power plants – Electrical power system – General requirements*

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

IEC/IEEE 60980-344, *Nuclear facilities – Equipment important to safety – Seismic qualification*

IEC/IEEE 63332-387¹, *Nuclear facilities – Electrical power systems – Diesel generator units applied as standby power sources*

IAEA Safety Report 91, *Impact of Open Phase Conditions on Electrical Power Systems of Nuclear Power Plants*

3 Terms and definitions

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

NOTE Other terms not defined below are defined in IAEA Safety Guide SSG-34 and IAEA Safety Guide SSG-39.

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

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

3.1

alternate power supply

generator reserved for the power supply to the plant during total loss of all non-battery power in the safety power systems (station blackout) and other design extension conditions

[SOURCE: IAEA SSG-34:2016, modified – Main term “alternate AC power supply” modified to read “alternate power supply”]

3.2

associated circuit

circuit of a lower safety class that is not physically separated or is not electrically isolated from the circuit(s) of the higher class by acceptable separation distances, safety class structures, barriers, or electrical isolation devices, but meets suitable criteria for safety

Note 1 to entry: Circuits include the interconnecting cabling and the connected loads.

[SOURCE: IEC 60709:2018, 3.1]

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/IEEE FDIS 63332-387:2024.

3.3

common cause failure

failure of two or more structures, systems or components due to a single event or cause

Note 1 to entry: Common causes may be internal or external to an I&C system.

Note 2 to entry: The definition from IEC differs from the IAEA as follows:

- 1) The term "specific" was deleted because otherwise the definition of CCF is not consistent with the definition of CMF "Common mode failure". Furthermore this additional word is not necessary to understand the definition.

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022, modified – the term "specific" has been removed]

3.4

defence in depth

hierarchical deployment of different levels of diverse equipment and procedures to prevent the escalation of anticipated operational occurrences and to maintain the effectiveness of physical barriers placed between a radiation source or radioactive material and workers, members of the public or the environment, in operational states and, for some barriers, in accident conditions

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.5

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

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.6

design extension conditions

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

Note 1 to entry: Design extension conditions comprise conditions in events without significant fuel degradation and conditions in events with melting of the reactor core.

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.7

diversity

presence of two or more independent (redundant) systems or components to perform an identified function, where the different systems or components have different attributes so as to reduce the possibility of common cause failure, including common mode failure

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.8 division

collection of items, including their interconnections, that form one redundancy of a redundant system or safety group

Note 1 to entry: Divisions may include multiple channels.

Note 2 to entry: In the context of this document, “division” includes a given system or set of components that enables the establishment and maintenance of physical, electrical and functional independence from other redundant sets of components.

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022, modified – Addition of a new Note 2 to entry.]

3.9 electric grid operator

organisation operating the electric grid, which could be either the transmission system operator or distribution system operator depending on the relevant part of the electric grid

[SOURCE: IEC 63298:20—, 3.4]

3.10 electrical disturbances

all disturbing phenomena that cause the mains voltage, current or frequency profile to depart from its nominal characteristics

Note 1 to entry: The electrical disturbances can also generate electromagnetic disturbances that can affect the AC electrical power supply system.

3.11 electrical isolation

electrical isolation is used to prevent electrical failures in one system from affecting connected systems

Note 1 to entry: Electrical isolation controls or prevents adverse interactions between equipment and components caused by factors such as electromagnetic interference, electrostatic pickup, short circuits, open circuits, earthing, or application of the maximum credible voltage.

[SOURCE: IAEA SSG-34:2016, modified – In Note 1 to entry, “grounding” replaced with “earthing”, and “(AC or DC)” deleted at the end of Note 1 to entry.]

3.12 electrical power system

system performing electrical power generation, transmission and distribution; performing supply functions to operate plant equipment (pumps, valves, heaters, etc) and to I&C systems

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.12, modified – Deletion of Note 1 to entry and Note 2 to entry.]

3.13 electrical source transfer

transfer from an initial electrical power source to an alternative supply source when the initial electrical power source does not provide the performance required by the electrical power supply system

Note 1 to entry: The transfer can be initiated either manually or automatically.

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.15, modified – Deletion of “(automatically or manually)” in the definition, and modification of Note 1 to entry.]

3.14

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 Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.15

house load operation

operation of a nuclear power plant to supply power only to its own electrical loads

[SOURCE: IEC 62855:2016, 3.2]

3.16

I&C system

system, based on electrical and/or electronic and/or programmable electronic technology, performing I&C functions as well as service and monitoring functions related to the operation of the system itself

Note 1 to entry: The term is used as a general term which encompasses all elements of the system such as internal power supplies, sensors and other input devices, data highways and other communication paths, interfaces to actuators and other output devices. The different functions within a system may use dedicated or shared resources.

[SOURCE: IEC 61513:2011, 3.29, modified – deletion of Notes 1 to 3 to entry.]

3.17

independence

condition that exists when successful completion of a system's required functions is not dependent upon any behaviour including failures and normal operation of another system, or upon any signals, data or information derived from the other system

[SOURCE: IEC 60709:2018, 3.13, modified – Deletion of Note 1 to entry.]

3.18

interruptible power supply system

power supply of loads for which a defined power supply interruption time does not impair the mission of the safety objective

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.22]

3.19

item important to safety

item that is part of a safety group and/or whose malfunction or failure could lead to radiation exposure of the site personnel or members of the public

Note 1 to entry: Items important to safety include:

- those structures, systems and components whose malfunction or failure could lead to undue radiation exposure of site personnel or members of the public;
- those structures, systems and components that prevent anticipated operational occurrences from leading to accident conditions;
- safety features (for design extension conditions);
- those features that are provided to mitigate the consequences of malfunction or failures of structures, systems and components

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.20**IT earthing system**

earthing system with the transformer neutral not earthed or with high impedance earth connection

3.21**loss of electrical power**

plant condition corresponding to a station black-out condition and also the loss of alternate AC power supplies

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.24, modified – Deletion of Note 1 to entry.]

3.22**loss of off-site power**

simultaneous loss of electrical power to all unit safety buses, requiring the standby AC power sources to start and supply power to the safety buses

[SOURCE: IEC 62855:2016, 3.4, modified – Deletion of Note 1 to entry.]

3.23**mission time**

operational period required for electrical loads or sources after the initiation of accidental conditions during which equipment shall be capable of operating within the limits of its acceptability criteria for the specified operating conditions

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.26]

3.24**nuclear facility**

facility (including associated buildings and equipment) in which nuclear material is produced, processed, used, handled, stored or disposed of

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.25**preferred power supply**

power supply from the transmission system to the safety classified electrical power system

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.26**protective conductor**

conductor provided for purposes of electrical safety, for example protection against electric shock

Note 1 to entry: In an electrical installation, the conductor identified PE is normally also considered as protective earthing conductor

3.27**probabilistic safety assessment****PSA**

comprehensive structured approach to identifying failure scenarios, constituting a conceptual and mathematical tool for deriving numerical estimates of risk

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.28

redundancy

provision of alternative (identical or diverse) structures, systems, and components, so that any single structure, system or component can perform the required function regardless of the state of operation or failure of any other

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.29

resilience

the capability of a power system to withstand, respond to, and recover from major power system disruptions

3.30

robustness of the Electrical Power System

ability of the Electrical Power Supply System to perform its safety functions whilst withstanding failures and electrical disturbances

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.39, modified – Addition of “Supply” and replacement of “missions” with “functions whilst” in the definition.]

3.31

safety case

collection of arguments and evidence in support of the safety of a facility or activity

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.32

safety classification

for nuclear power plants, the assignment to a limited number of safety classes of systems and components and other items of equipment on the basis of their functions and their safety significance

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.33

safety system

<nuclear power plant> system important to safety, provided to ensure the safe shutdown of the reactor or residual heat removal from the core, or to limit the consequences of anticipated operational occurrences and design basis accidents

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022, modified – “Reactor core” replaced with “core”.]

3.34

safety system

<nuclear facilities other than NPP> system important to safety, provided to limit the consequences of anticipated operational occurrences and design basis accidents

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022, modified – “to ensure the safe shutdown of the reactor or residual heat removal from the core”.]

3.35**segregation**

physical separation of structures, systems and components by distance or by means of some form of barrier to reduce the likelihood of common cause failures

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.36**separation**

set of measures that minimize the influence of one entity onto the other entity to improve the independence of the entities

[SOURCE: IEC 60709:2018, 3.20]

3.37**single failure criterion**

SFC

criterion (or requirement) applied to a system such that it must be capable of performing its task in the presence of any single failure

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022]

3.38**standby AC power source**

power source, capable of supplying the necessary power in anticipated operational occurrences and accident conditions, in the event of the loss of off-site power and main generator

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.48]

3.39**station blackout**

plant condition with complete loss of all AC power from off-site sources, from the main generator and from safety classified standby AC power sources to the essential and non-essential switchgear buses

[SOURCE: IAEA Nuclear Safety and Security Glossary:2022, modified – Addition of “safety classified”.]

3.40**transmission system operator**

party responsible for providing and operating networks for long distance transmission of electricity as well as regional distribution and responsible to ensure the system security with a high level of reliability and quality

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.51]

3.41**uninterruptible power supply system**

power supply for loads required to ensure functional availability during the unavailability of the interruptible power supply

Note 1 to entry: Specific loads requiring high voltage stability can also be supplied power by the uninterruptible power supply system.

Note 2 to entry: Typical loads of the uninterruptible power supply systems are: isolation valves, dampers, I&C and monitoring systems.

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.52]

4 Abbreviated terms

AC	alternating current
AOO	anticipated operational occurrences
CB	circuit breaker
CCF	common cause failure
DBC	design basis conditions
DC	direct current
DEC	design extension conditions
DSO	distribution system operator
EGO	electric grid operator (a collective name for TSO and DSO)
EMI	electromagnetic interference
GIC	geomagnetically induced current
HV	high voltage
I&C	instrumentation and control
IAEA	international atomic energy agency
IEC	international electrotechnical commission
IEEE	institute of electrical and electronics engineers
LEP	loss of electrical power
LOOP	loss of off-site power
LV	low voltage
NPP	nuclear power plant
PSA	probabilistic safety assessment
SBO	station black out
SFC	single failure criterion
SMR	small modular reactor
THD	total harmonic distortion
TSO	transmission system operator
UPS	uninterruptible power supply

5 System requirements

5.1 General requirements

This document is one of a series of standards covering the design of electrical power supply systems for nuclear facilities. This is a Level 2 standard and should be used in conjunction with the Level 1 standard IEC 63046 which defines general requirements for electrical power systems. Other Level 2 standards in the series are IEC 62855 covering electrical system studies, IEC 61225 covering uninterruptible power supply systems, IEC/IEEE 63332-387 for standby power supplies and IEC 63298 covering coordination and interaction with the electric grid.

This document applies to the electrical power supply system for all nuclear facilities. This covers Nuclear Power Plants (NPP) including Small Modular Reactors (SMR) and all nuclear facilities other than NPPs.

This document defines requirements for the design of on-site AC interruptible power supply systems in nuclear facilities to establish a robust and reliable electrical power system to support the items important to safety on the nuclear facility. This document covers the architectural design of the AC interruptible power supply system from the grid substation to the individual nuclear facility loads and includes the following equipment:

- auxiliary and standby transformers;
- main generator and supporting systems;
- standby generators and supporting systems;
- alternate generators and supporting systems;
- HV and LV switchgear;
- distribution transformers;
- power cabling;
- control cabling for electrical equipment;
- switchgear control and tripping supplies;
- switchgear protection and control systems.

The scope of this document for NPPs is shown in Figure 1. The scope of the document for a nuclear facility other than an NPP is shown in Figure 2. The scope of the document for SMRs is shown in Figure 3.

This document does not define detailed requirements for the design of individual electrical equipment items such as switchgear and transformers as these are covered in specific standards for the design and manufacture of these items.

The term safety system is used to apply to all nuclear facilities. Definition 3.33 describes safety systems for NPPs and SMRs based on the definition in the IAEA safety glossary. The definition in 3.34 describes systems to limit the consequences of anticipated operational occurrences and design basis accidents on nuclear facilities other than NPPs.

The AC interruptible power supply system shall be designed to provide power to supply all nuclear facility loads which are important to safety and not important to safety. The provision of supplies to systems which are not important to safety shall not adversely impact on the capability of the power supply system required to support the nuclear facility safety systems. The AC interruptible power supply system performs an important function in supporting safety of the nuclear facility. Therefore, the design of the electrical power supply system should be robust and resilient to disturbances to ensure that minor perturbations to the system do not result in the loss of power to systems required for safe operation and safe shutdown of the nuclear facility.

Detailed requirements for the design of grid connections to NPPs are defined in IEC 63298 which covers coordination and interaction with the electric grid.

The requirements for the design of grid connections to nuclear facilities other than NPPs are also defined in this document.

The requirements for the design of Uninterruptible Power Supply Systems (UPS) for nuclear facilities are defined in IEC 61225.

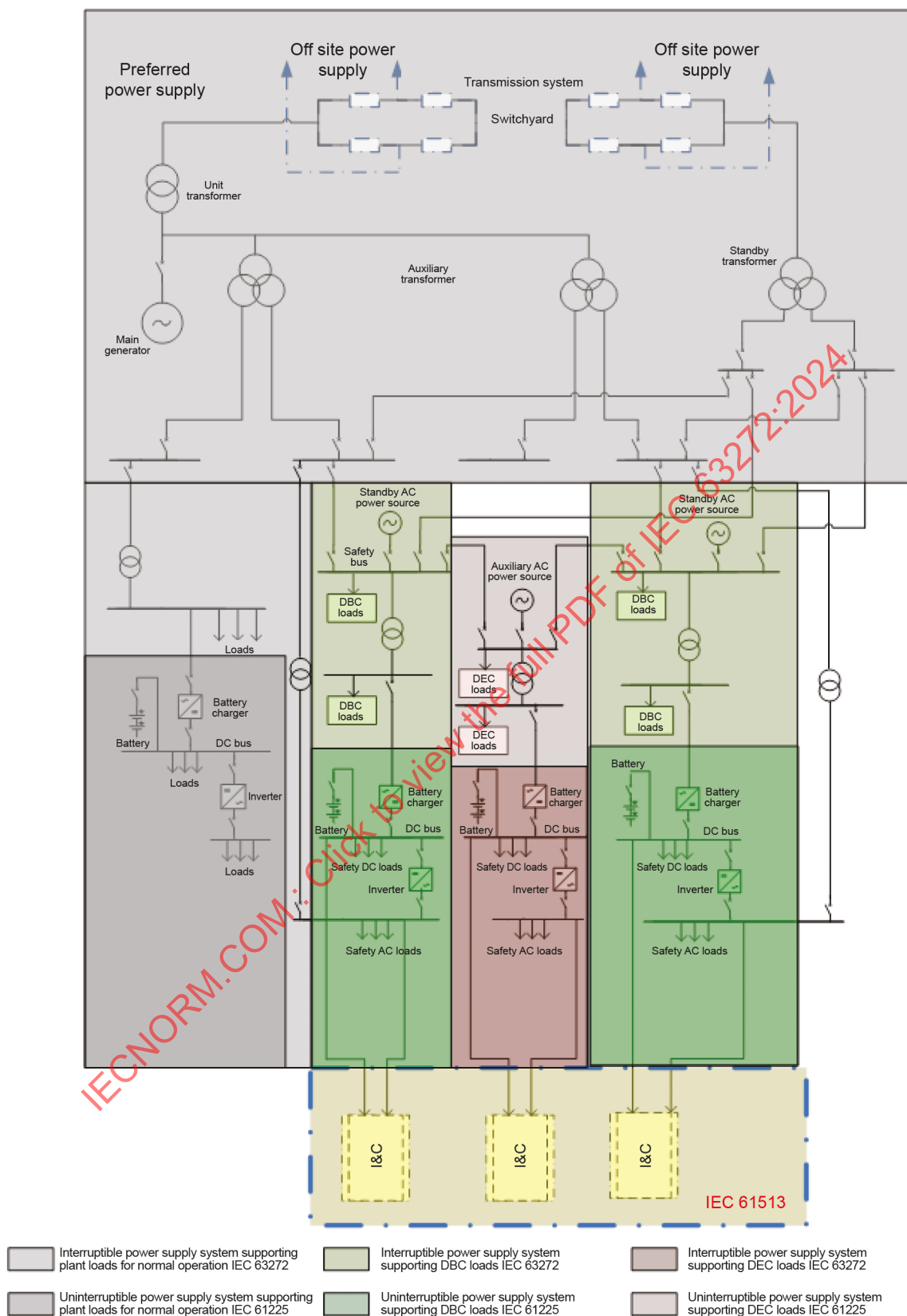
The requirements for the operation and testing of standby AC power diesel generators for nuclear facilities are defined in IEC/IEEE 63332-387.

The seismic qualification requirements for electrical equipment are defined in IEC/IEEE 60980-344.

Safety classifications of the different sub systems within the AC interruptible power supply system shall be applied in accordance with the requirements defined in IEC 61226 and IEC 63046. The design requirements for each part of the system should then be established in line with the overall nuclear facility safety classifications. These safety classifications should determine requirements for power supplies to the safety systems of the nuclear facility. The safety classification for each part of the power supply system should be used to determine requirements for the provision of standby power generators and for the application of diversity, separation, segregation and redundancy. Electrical equipment shall be designed with a seismic withstand capability in accordance with its safety classification. Electrical equipment shall be designed to supply its rated output in the extremes of environmental conditions during normal operation and accident conditions as defined by the design basis of the nuclear facility.

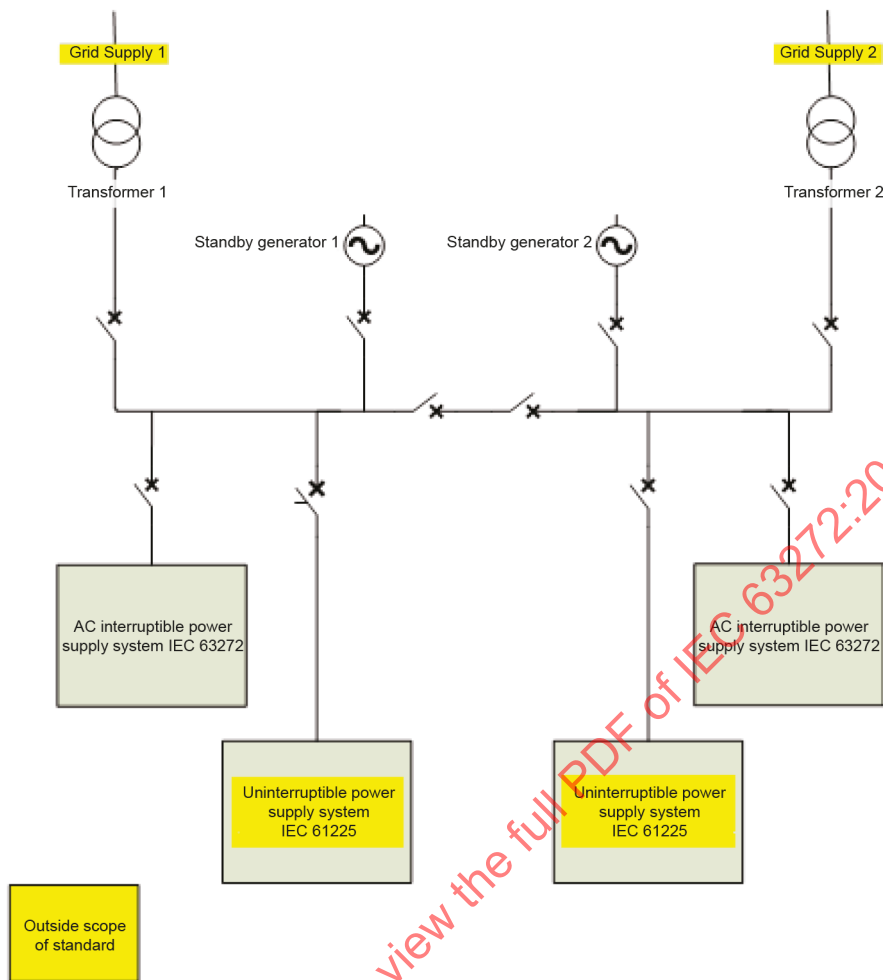
The establishment of a robust and reliable AC interruptible power supply system shall be supported by conducting analytical studies in accordance with the methodology defined in IEC 62855. The studies should demonstrate that the interruptible AC power supply system is stable following postulated supply perturbations and electrical fault conditions with the nuclear facility functioning in all defined operating modes and conditions. The studies should also demonstrate that all electrical equipment which forms the on-site AC interruptible power supply system is adequately rated to meet all DBC and DEC loading conditions for the nuclear facility. The studies should also demonstrate the capability of electrical power supply system to withstand maximum electrical fault conditions and the impacts of grid and nuclear facility power system perturbations.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63272:2024



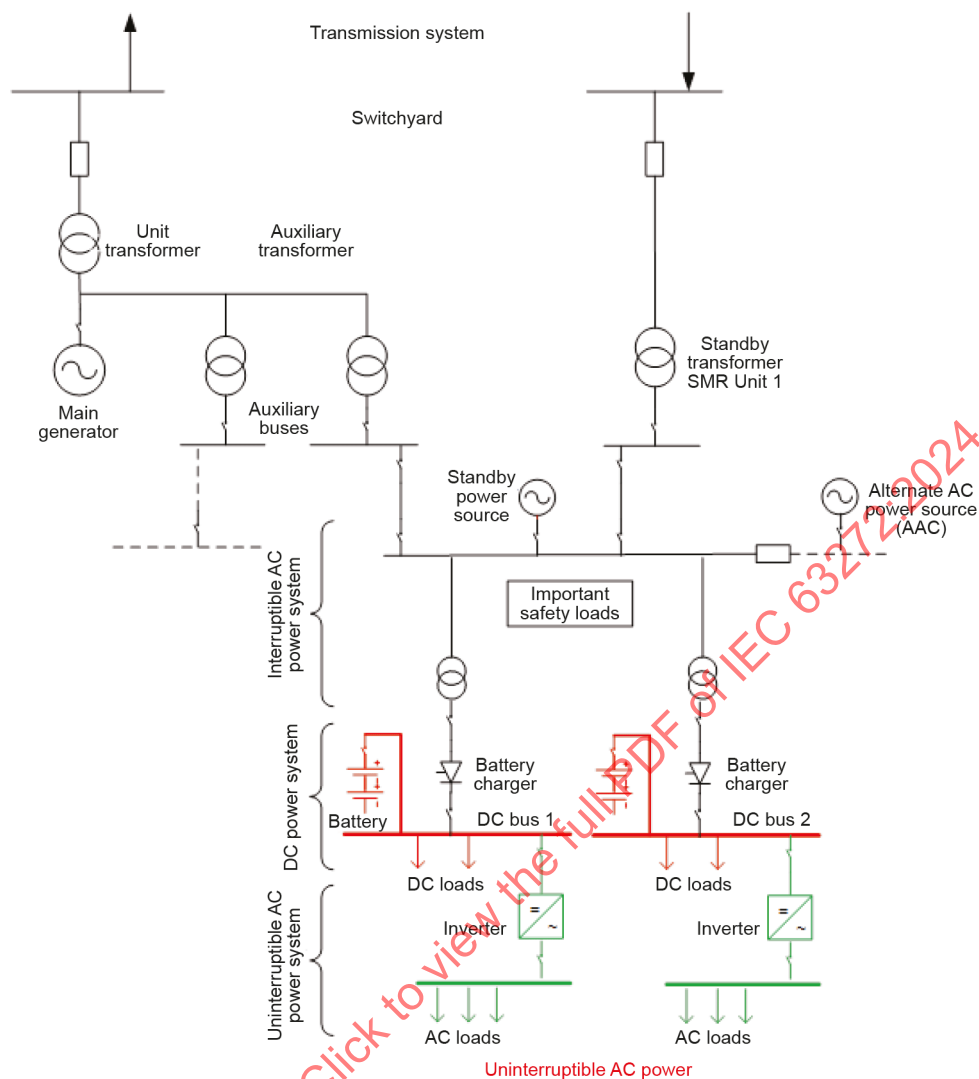
IEC

Figure 1 – Typical single line diagram of nuclear power plant power supply system



IEC

Figure 2 – Typical single line diagram of power supply system for nuclear facilities other than NPPs



IEC

Figure 3 – Typical single line diagram for SMR power supply system

Figure 1 shows a typical single line diagram of the AC interruptible power supply system for an NPP. This figure shows a typical relationship of the interruptible AC power supply system to the main generator, grid connections, safety classified loads, non-safety classified loads and safety classified UPS systems. It also shows the divisional structure of electrical power supplies in a NPP with a dedicated standby generator supplying each division. UPS systems are shown supplied with AC power from the AC interruptible power supply system. The alternate generator is shown in Division 1 to provide for station blackout events. The design of the specific NPP supported by its safety assessment should determine the required number of divisions and the requirements for standby generation and alternate generation in each division in response to Loss of Offsite Power (LOOP), Station Blackout (SBO) and Loss of Electrical Power (LEP) events.

Figure 2 shows a typical single line diagram of the AC interruptible power supply system for a nuclear facility other than an NPP. This consists of redundant power supplies from an external grid connection and standby power generators providing back up supplies to the loads on the AC interruptible power supply system. The UPS systems are shown with supplies from the standby power generators. Figure 2 shows a typical on-site and off-site power configuration. The nuclear facility safety case and requirements for supplies to safety systems should be used to determine the safety classification of the system. Power transformers between the main nuclear facility switchboard and the nuclear facility loads have not been included in the figure as these are not required for all applications. The requirements for voltage levels will differ between facilities and should be determined by considerations from the power system studies and the power rating of operating loads for the specific nuclear facility.

Figure 3 shows a configuration for an SMR with passive safety systems. This is a typical power supply arrangement, and the design of the plant specific power supply system should be determined from the SMR safety case.

The operational configuration of the electrical power supply system should include provisions for on-line monitoring of electrical equipment. This should facilitate the identification of faults before the equipment is deployed and reduce instances of failure on demand when the equipment is put into service.

The effective operation of the system is dependent on the establishment of a coordinated electrical protection system with appropriate protection relay settings. The high-level requirements for determining protection settings based on a power system study are defined in IEC 63046. The methodology for performing system studies and system co-ordination studies is defined in IEC 62855.

The AC interruptible power supply system shall be resilient to a range of electrical system disturbances that can originate from the grid supply or within the nuclear facility power supply system. The resilience of the power supply system to electrical system disturbances (lightning strikes, short circuit fault conditions, loss of large generating unit or transmission line etc.) shall be demonstrated by the performance of system studies in accordance with the methodology defined in IEC 62855.

When major modifications are made to the electrical power supply system then new power system studies shall be performed that demonstrate that the resilience of the design of the modified power supply system has not been degraded. The revised system studies shall be performed prior to returning the facility to service.

The design of the on-site AC interruptible power supply system shall be established from the incoming grid connections to the nuclear facility electrical loads. The arrangements for feeding individual loads shall be established based on factors such as:

- equipment loading;
- rated equipment operating voltage;
- system operating voltage range;
- system operating frequency range;
- system short circuit fault level calculations;
- protection coordination studies;
- safety classification;
- divisional segregation requirements;
- physical location of equipment;
- environmental conditions expected during defined operational and shutdown modes and accident conditions.

The AC interruptible power supply system shall be the main source of power for operation of the nuclear facility during all DBC and DEC. In order to meet its performance requirements for the provision of reliable electrical power supplies to the nuclear facility electrical loads the system configuration defined in IEC 63046 should be adopted. The power supply system shall have the capability to meet the performance requirements during maintenance on the primary/preferred power supply system and supporting systems required for the operation of the electrical power supply system. The maintenance and surveillance plans should define the nuclear facility maintenance requirements and should define the permissible plant states and return to service times to facilitate maintenance activities. The facility safety case should substantiate the capability to perform maintenance activities on the power supply system whilst ensuring that there are no impacts on the safety of the nuclear facility.

5.2 Electrical system configuration

The configuration of the AC interruptible power supply system shall be established to meet its performance requirements. These performance requirements should be defined with input from the safety assessment as defined by the nuclear facility safety case.

Different voltage levels should be considered on parts of the nuclear facility power supply system, as appropriate, to support load power requirements to optimise system performance and to meet supply diversity requirements.

Independent sources of back-up power generation shall be provided to support the nuclear facility safety requirements. Where defined by safety assessments, additional diverse sources of back-up power should be provided to support the safety systems.

For plants where the safety assessment defines requirements for rapid restoration of power supplies then automatic changeover systems between power supply sources should be implemented upon detection of loss of voltage or degradation of voltage to an unacceptable level. These systems should transfer power to standby power supply generators and isolate the degraded power supply source. Where there is a requirement to reduce the load on the standby power generators to prevent overloading the generators the automatic changeover system should shed system loads and apply prioritised reconnections for supplies to the safety classified systems and, where appropriate, any other facility system. Manual changeover systems between power supplies should be implemented where the safety assessment defines adequate time to achieve manual changeover to restore supplies. Manual starting systems shall not be implemented where restoration of supplies is required in less than 30 min.

Configuration of interconnections to support maintenance operations on nuclear facilities shall be controlled by physical interlocks. Where this is not possible management control processes should be used.

Interlocking schemes shall be developed to provide protection for temporarily connecting redundant divisions during maintenance operations. The design of the interlocking scheme shall preclude inadvertent connection of redundant divisions or redundant supplies of the AC interruptible power supply system that could result in a single failure adversely affecting the capability of the electrical power supply system to perform its defined safety role.

The management control processes should reduce the risk of failure by including guidance and verification processes to control the restoration of the correct operating configuration after completion of the maintenance activity. In addition, when the design makes provisions for interconnections between divisions or main and standby supplies, comprehensive procedures shall be developed to prevent any system configuration that could allow a fault on one redundant system affecting another system.

For NPPs, independent divisions shall be provided such that the reactor can be maintained in a safe state for all AOO, DBC and DEC. The divisions shall be electrically and physically independent with no potential for any action or fault within one division adversely impacting any other division. The only exception allowed should be during maintenance activities when interconnections between reactor divisions and redundant power supplies can be used to support NPP maintenance operations. The implementation of the interconnections shall be subject to them being configured to meet the following conditions:

- appropriate isolation devices are provided to minimise the risk of a fault or perturbation in one division degrading the redundant divisions;
- there is no potential for any NPP AC system load to be supplied in parallel from separate power sources in different electrical divisions or redundant power supplies;
- the interconnected systems have adequate capacity and capability to support loads in the redundant systems. Analyses shall be conducted to demonstrate the capacity and capability of the power supply system to support loads in normal operation and those that are designed to automatically start in response to a process related demand signal or emergency condition.

The interconnected systems shall have appropriate provisions to protect each system in the event of receipt of an emergency signal that requires safe shutdown of the NPP during on-line maintenance operations.

The AC interruptible power supply systems on nuclear facilities other than NPPs should be provided with redundant supplies where these are required to meet the safety and operational requirements of the nuclear facility. The safety case shall define the requirements for the nuclear facility based on the results of safety assessment.

5.3 Interruptible electrical system architecture

The architecture of the AC interruptible power supply system shall be developed to supply the nuclear facility safety systems under all AOO, DBC and DEC conditions as well as the electrical loads required for operation of the nuclear facility in all operational states. The architecture of the interruptible power supply system should be developed as part of the overall facility power supply system defined in IEC 63046. The AC interruptible power supply system shall supply the electrical loads of the nuclear facility that are important to safety and that are not important to safety. It shall also provide power to charge batteries and supply battery loads and UPS systems under all operating and shutdown conditions.

The AC interruptible power supply system shall support the electrical power supply system in meeting the nuclear facility functional requirements in the following plant operational states:

- normal operation;
- controlled nuclear facility shutdown and safe shutdown followed postulated events assessed by the safety analysis;
- maintenance shutdown;
- nuclear facility permanent shutdown;
- nuclear facility start up.

The AC interruptible power supply system shall support the NPP electrical power supply system in meeting the nuclear facility functional requirements in the following degraded operating conditions:

- loss of off-site power;
- station blackout;
- anticipated operational occurrences;
- design basis conditions;
- design extension conditions.

The design of the architecture of the AC interruptible power supply system shall include consideration of the following requirements:

- defence in depth;
- common cause failure;
- single failure criterion.

Provisions to meet the above requirements shall include an appropriate combination of:

- diversity;
- independence;
- power quality;
- facilities for equipment testing;
- physical separation;
- redundancy;
- robustness;
- seismic withstand capability;
- standby power supply provisions;
- standby power generator provisions;
- alternate power generator provisions;
- time to initiate standby power generation sources;
- segregation provisions;
- installation methods;
- electrical protection provisions;
- mechanical protection provisions.

5.4 Off-site power supplies

5.4.1 NPPs

The off-site AC power supply system shall consist of a grid substation with connections to the transmission network and the NPP.

The preferred power supply is the supply from the grid transmission system or main generator up to the safety classified power system. This power supply shall consist of the grid supply from the interconnection in the switchyard, main generator, and distribution system up to the safety classified power system.

The preferred power supply from the grid substation shall provide AC power to the NPP in all modes of operation and in all operating states and should distribute power from the NPP main generator and its connection from the grid substation via the auxiliary transformer. During power operation, the important to safety and not important to safety auxiliary NPP loads shall be supplied from the main generator. When the main generator is not available, these loads should be supplied from the grid via the auxiliary and/or standby transformers of the preferred power supply.

The power supply from the grid substation through the standby transformer should provide off-site power to plant safety classified loads in the event of loss of the main grid power supply.

SMRs with passive safety systems are generally designed with no requirement for important to safety AC power supplies to initially maintain the plant in a controlled state. SMRs generally require Class 2 AC power supplies as defined in IEC 61226 for the following:

- maintain the plant in a safe state following short time LOOP;
- take the reactor from a controlled state to a safe state;
- provide power to charge batteries on DC systems;
- to supply plant I&C systems which are important to safety when maintaining a controlled state for an extended period.

The grid connection requirements for NPPs shall be established based on the guidance defined in IEC 63298 covering NPP grid connections and Transmission System Operator (TSO) connection agreements. The on-site AC interruptible power supply system shall be designed to supply power to the NPP loads from either the grid via the preferred power supply or from the on-site standby generators.

Where required for periodic on-load testing of standby generators, provisions shall be made for the parallel operation of off-site and on-site power sources on a single operating division. Only one standby generator shall be tested at any one time.

The design of the grid substation and associated transmission line connections shall be such as to minimise the probability of LOOP to the NPP. The arrangements for transmission line connections to the NPP grid substation shall be subject to agreement between the NPP operator and the TSO.

The frequency and duration of the LOOP from the grid supply shall be established in conjunction with the TSO as an input to the NPP Probabilistic Safety Assessment (PSA).

The preferred power supply should consist of:

- the main off-site power supply consisting of the main transmission system and its associated grid switchyard;
- the standby off-site power supply from the grid substation;
- the unit transformer and auxiliary transformer connected to the grid substation;
- the standby transformer connected to the grid substation;
- the distribution system up to the safety classified interruptible power supply system;
- the main generator and its associated circuit breaker.

The physical design of the preferred power supply should be such as to minimise the probability of a single equipment failure resulting from an internal or external event causing the loss of electrical power supplies to safety classified loads on the interruptible AC power supply system.

The power supply from the grid substation through the standby transformer shall be physically independent and electrically separated from the main grid power supply. These design features should reduce the possibility of simultaneous failure of main and standby grid power connections in all environmental conditions and during all postulated operating and accident conditions.

For reactor designs where independent off-site power supplies are not required, this shall be justified through appropriate safety assessments.

The grid power supply through the standby transformer shall have the following features:

- be available for operation;
- be capable of being connected to the on-site supply distribution system to meet the plant safety case in the event of failure of the main grid power supply;
- be provided with a control supply independent from the control supply of the main grid power supply.

For a multi-unit nuclear facility connected via a common preferred supply, the ability to disconnect a single unit should not affect the availability of the external grid supply to any other units on the nuclear facility.

5.4.2 Nuclear facilities other than NPPs

Nuclear facilities other than NPPs should generally be provided with redundant main and standby power supplies from the external grid supply. The supplies should be physically independent to reduce the risks arising from CCF. Main and standby supplies should be provided with each having the capability to supply the nuclear facility electrical loads in all operating conditions. Where determined by the safety assessment for the nuclear facility, the main and standby power supply systems should be provided with appropriate segregation. The segregation should be maintained from the grid connection to the individual plant loads.

The provision of redundancy, diversity and protection from CCF should be based on the safety classifications of the electrical power supply system loads.

The nuclear facility operating configuration and electrical protection provisions should prevent a single electrical system fault from causing simultaneous loss of power supply to both main and standby plant loads.

The supplies from the external grid should have the capability to provide a reliable power supply to support the nuclear facility safety case.

Consideration should be given to the provision of interconnections between operating units on the nuclear facility to provide a site distribution network to connect each operating unit to the off-site supply system. The design of interconnections shall prevent a fault on any operating unit from causing supply disruption to any other operating unit.

5.5 Safety classified power supply system

5.5.1 NPPs

The AC interruptible power supply system for NPPs shall include safety classified power supplies to support the NPP systems which are important to safety. This shall include power supplies for AOO, DBC and DEC.

Supplies to plant systems important to safety generally require a source of standby generation to support the safety classified loads in the event of loss of the preferred power supply. The standby generators shall be designed to restore power to the NPP safety systems connected to the AC interruptible power supply system in the event of a loss of off-site power. The safety classified loads shall be re-connected in a defined time sequence in accordance with the requirements of the NPP safety case to ensure that the standby generators operate within the defined operational design limits of frequency and voltage during starting of loads.

Requirements for the provision of standby generation on the AC interruptible power supply system shall be derived from safety assessments that determine requirements for safety classifications of systems important to safety. This should then determine the required safety classifications for the supporting electrical power supplies.

Where there is a requirement for the restoration of supplies in a short time for applications such as cooling pumps or ventilation fans then on-site standby generators should start automatically to restore power supplies. The on-site generators should be started by the detection of conditions such as degraded switchboard voltage, open phase conditions or low power system frequency. Circuit breakers should be provided with automatic switching capability for the disconnection of degraded power supplies. Switchboards should then be energised by automatic connection to the on-site standby generators after the generators have been successfully started.

Loads should generally be automatically connected in sequence after restoration of power supplies. The sequencing of loads should be designed to maintain the frequency and voltage within the designed operational limits of standby generators, when subject to motor starting and inrush currents. The capability of the standby generators to restore supplies in the defined sequence should be demonstrated by the performance of analytical system studies in accordance with the methodology defined in IEC 62855 and IEC/IEEE 63332-387.

Where a longer interruption of supplies can be tolerated, generally for systems with lower safety classification, then supplies should be restored through safety classified transfer systems or manual starting of motors and switching of power supplies. No human intervention should be assumed for a period of 30 min from the start of safety system initiation. The required restoration time should be defined based on the functional safety requirements defined in the NPP safety case. Standby generators required to mitigate the consequences of events considered in the safety analysis on systems classified Class 1 in accordance with IEC 61226 should be permanently installed in the AC interruptible power supply system.

Safety assessments for NPPs should consider the measures for coping with SBO and LEP conditions. In applications where the safety assessments define a requirement alternate AC power sources shall be installed in the AC interruptible power supply system.

Power sources required for lower classified safety systems should preferably be permanently installed but mobile generators can be used when their application is supported by safety assessments. Mobile generators should be dedicated to the function and should be connected using suitable engineered connection facilities to the AC interruptible power supply system. Sufficient time should be available for transport and connection of the mobile generator to the connection point in accordance with the NPP safety case. Mobile generators should have adequate capacity to start and supply continuous power to the dedicated NPP safety system loads to maintain NPP safety following an event that involves LEP.

The AC interruptible power supply system shall be designed to ensure that standby generators only supply the defined safety classified loads to ensure that the generators are not overloaded due to the operation of loads of lower safety classification. Where loads of lower safety classifications are designed to be supplied from the safety classified AC interruptible power supply system then appropriate measures should be taken to protect the integrity of the higher classified system from any impact from the lower classified system. Suitable appropriate measures include:

- automatic disconnection of the lower classified system before the standby generator is connected to the safety classified system busbar;
- designing the electrical power supplies on the lower classified system in accordance with the requirements of the higher classified system and the provision of adequate capacity in the standby generator to supply the lower classified system loads;
- provision of suitable safety classified isolating electrical separation devices at the interface with the lower classified system and the provision of adequate capacity in the standby generator to supply the lower classified loads.

5.5.2 Nuclear facilities other than NPPs

For nuclear facilities other than NPPs, standby power generators should be provided to support the nuclear facility systems important to safety as determined by the safety assessments in the nuclear facility safety case. Standby power generators should have the capability to provide back-up power, where required, to the defined safety classified main and standby loads to support the nuclear facility systems important to safety.

The provisions for manual or automatic starting for connection of standby generators to nuclear facility loads shall be determined by the time required to restore power to safety loads as determined by the nuclear facility safety case. Where standby generators are started manually, the nuclear facility safety case should allow sufficient time for the operators to start the generator, carry out any switching operations and start the nuclear facility systems important to safety. No human intervention should be assumed for a period of 30 min from the start of safety system initiation.

5.6 Non-safety classified power supply system

The AC interruptible supply system generally includes non-safety-classified supplies that are required for normal operation of the nuclear facility and all AOO. The non-availability of these supplies can adversely impact reliable operation and should be considered in determining the nuclear facility maintenance procedures and schedules. The impact of these supplies on the systems important to safety should be considered in the determination of overall nuclear facility electrical loading, transient stability, and the potential for faults on these systems to affect the nuclear facility safety classified systems. The design of the non-safety classified system should ensure that there is no adverse impact on the availability of supplies to the safety classified systems of the nuclear facility.

5.7 Power supply system operating limits

5.7.1 General

The interruptible power supply system shall have the capability to maintain power supplies to systems important to safety when subject to internal and external disturbances to the supplies. The following subclauses define the design requirements to provide protection from the specific disturbances.

5.7.2 Under-voltages

Under-voltages on electrical supply systems can result from transient operations and electrical faults. Examples of these include:

- grid disturbances;
- electrical disturbances due to short circuit faults in the nuclear facility;
- reacceleration of motors following electrical system disturbances;
- starting of motors and groups of motors;
- combinations of the above;
- transformer inrush current;
- open phase events;
- gradual degradation of voltage (lack of reactive power, mismatch in loading and power generation etc.).

Voltage drops resulting from electrical faults and motor starting currents shall not:

- cause any degradation or result in permanent disconnection or interruption to operating safety classified and non-safety classified loads;
- result in an electrical generation source transfer operation to alternate off-site or on-site AC power sources before a defined time delay has elapsed;
- result in the operation of the overload protection.

The risk of unacceptable low voltage conditions during motor starting when operating from standby or alternate generators should be mitigated as these can adversely impact the operation of safety classified loads on the AC interruptible power supply system. The mitigation measures considered should include the following:

- implementation of an automatic load starting sequence with adequate time intervals for successive loads based on the load and power source characteristics and the results of safety assessments;
- the provision of adequate power capacity in the standby and alternate power generators to meet load requirements including the capability to start large motors;
- conservative design of the power system to reduce voltage drops.

5.7.3 Over-voltages

Over-voltages can occur due to transient operations or faults. Examples of these include:

- high frequency transients such as lightning and switching impulses;
- low frequency faults due to:
 - load rejection;
 - generator trip;
 - house load operation;
 - generator originated transients such as failure of automatic voltage regulation;
 - single phase to earth faults where IT earthing schemes are implemented;
 - reactive power generated in lightly loaded high voltage transmission lines;
 - bus transfers.

Lightning strikes can occur on buildings within the nuclear facility, in the vicinity of the nuclear facility, on connecting transmission lines and in the vicinity of connecting transmission lines. These can cause significant damage to the AC interruptible power supply system that can impair the capability of the electrical power supply system to provide power to the equipment supplying safety systems and facility operating systems.

Design provisions to mitigate the consequences of lightning strikes should include:

- Faraday cages;
- equipotential earth bonding networks;
- transformers;
- cable shielding;
- cable layouts, etc;
- surge protection.

Where applied, voltage surge protection should be provided with the capability to protect against the largest credible current surge at the nuclear facility location.

5.7.4 System current carrying capacity

The AC interruptible power supply system shall have the capacity to supply all starting currents required to reliably start motors in the designed starting time and with no detrimental effect on other parts of the system due to voltage drops resulting from high starting currents. There shall be adequate capacity during all system operating and power supply configurations to start and run all loads connected to the AC interruptible power supply system.

All sections of the AC interruptible power supply system shall have the capacity to withstand transformer inrush currents. These currents shall not result in the operation of electrical protection schemes resulting in disconnecting system loads.

All parts of the power supply system shall have the current carrying capability together with adequate design margins to continuously carry the calculated maximum thermal currents during all operating modes at maximum design ambient temperatures.

The interruptible power supply system shall have the capacity to supply all plant safety loads from an external grid connection within the voltage and current limits defined by the TSO in the event of a site accident.

All parts of the power supply system shall have the capability to carry the maximum short circuit currents for the specified design period to allow electrical protection trips without any detrimental effects on the capability of the equipment to continue to perform its design function post fault clearance.

5.7.5 Frequency operating limits

The AC interruptible power supply system shall be designed to operate within the grid frequency operating limits defined by the TSO. The capability of nuclear facility loads to operate continuously within these operating limits shall be substantiated by the power system studies. This substantiation is required in order to demonstrate the robustness of the design of the AC interruptible power supply system to withstand frequency disturbances. The substantiation should demonstrate that there are no detrimental effects from frequency disturbances on the capability of any equipment on the interruptible power supply system to operate safely and reliably.

The on-site standby generators shall be designed to maintain steady state system frequency within the design limits of operating equipment during normal operating conditions. The requirements of IEC/IEEE 63332-387 shall be complied with. The standby generators should also maintain the system frequency within defined limits during abnormal conditions such as load sequencing and load rejection. The capability of the system to operate within these limits should be substantiated by the performance of power system studies. The substantiation should include demonstration that there are no detrimental effects from frequency variations on the operation of the nuclear facility equipment when operating from standby generators.

Electrical equipment shall not be adversely affected by rates of change of frequency due to system disturbances within the limits defined by the TSO. All equipment shall remain in operation performing its design function throughout frequency disturbances within the defined TSO operating limits.

Electrical power supply systems shall be designed to provide immunity to the effects of electrical fast transients. The measures adopted should include selection of appropriate electrical switching equipment and system modelling, where required, to demonstrate the resilience of the electrical supply system to fast transients.

5.7.6 Grid operating parameters

For NPPs the TSO shall define the grid system operating parameters of voltage, frequency, rate of change of frequency and grid fault ride through response for which an NPP is required to remain connected to the grid. The demonstration shall take account of the reactor safety assessment to confirm that the safety of the reactor is not challenged by connection to the grid during operation across the full range of TSO grid code operating parameters. The capability of the NPP to remain connected and to operate safely within the defined electrical perturbations shall be presented in the nuclear facility safety case in conjunction with assessment by the fault studies discipline.

For all nuclear facilities the facility safety case should demonstrate the capability of all electrical equipment connected to the AC interruptible power supply system to perform its design function across the complete range of operating parameters defined by the TSO.

5.7.7 Electromagnetic interference

The AC interruptible power supply system shall be designed to comply with the design requirements defined in the IEC 61000 series to demonstrate the resilience of the power supply system to Electromagnetic Interference (EMI).

Electromagnetic compatibility testing to confirm the resilience of electrical components of the power supply system to electromagnetic disturbances shall be performed in accordance with the requirements defined in IEC 62003 prior to the installation of the electrical components on site.

The AC interruptible power supply system shall be designed to minimise the risk of disturbances to the operation of the nuclear facility due to electromagnetic disturbances. This shall include the implementation of good design practices such as robust installation to provide adequate segregation from sources of electromagnetic disturbance, provision of earthing facilities designed to minimise the propagation of electromagnetic disturbances and ensuring that electrical equipment is correctly designed to withstand defined limits of electromagnetic propagation for the nuclear facility.

Good design practice should mitigate against the effects of EMI in the execution of the following design activities:

- segregation of equipment and cabling;
- cable selection and installation;
- cable shielding;
- shielding of buildings, equipment rooms and electrical panels;
- design of earthing systems for the nuclear facility.

5.7.8 Geomagnetically Induced Currents (GIC)

The nuclear facility safety assessment shall substantiate the adequacy of the protection measures against the risk of GIC in the design of the nuclear facility. The design basis GIC shall be defined as part of the substantiation and the safety case shall demonstrate the adequacy of the design measures adopted to mitigate the effects of GIC.

5.7.9 Harmonics

The nuclear facility safety assessment shall demonstrate that the reliable operation of the AC interruptible power supply system is not adversely affected by harmonics generated from the internal nuclear facility and external grid sources. Harmonics can be generated internally from nonlinear loads such as battery chargers, switched mode power supplies, variable frequency drives and inverters which can all contribute to Total Harmonic Distortions (THD) to the power supply system. The analysis of THD should take full account of the worst-case power supply configuration with low short circuit power.

Harmonic analysis shall be performed on all potential sources of harmonics to verify that there are no adverse effects on nuclear protection systems and no temperature effects on electrical equipment due to harmonic distortions.

5.7.10 System operating voltage and limits

System operating voltage levels should be selected taking account of the capability to supply the nuclear facility loads. This shall include consideration of availability of electrical equipment to operate at the selected voltage levels in terms of operating current and system fault current levels.

The nominal voltage levels to supply all parts of the AC interruptible power supply system shall be in accordance with the requirements of IEC 60038.

The selection of voltage levels should be based on consideration of power requirements and electrical coordination. Particular consideration should be given to the following factors in selecting appropriate voltage levels:

- minimising power losses;
- maintaining acceptable voltage drops on motor starting;
- avoidance of high system fault levels;
- availability of suitable electrical equipment;
- avoidance of excessive numbers of voltage levels.

The upper and lower voltage operating limits shall be determined for all electrical equipment items installed on the AC interruptible power supply system. An analysis of the system shall be undertaken to determine operating voltages on the system in all operating modes and from all supply sources. This should take account of transients due to events such as motor starting, transformer inrush currents, transfer schemes and sequenced starting of large loads. Cable lengths should be considered when determining voltage drops.

The electrical power supply system shall be designed with an impedance envelope that ensures that voltage levels remain within operating tolerances in all operating modes.

5.8 Safety classification

The on-site AC interruptible power supply system shall be safety classified in accordance with the requirements of IEC 61226. This requires the application of safety classifications to the AC interruptible power supply system in accordance with the safety classifications applied to the systems supplied by the electrical power supply system.

Where a load of a lower safety classification is connected to a switchboard of higher safety classification then one of the following provisions shall be made so that a fault on the lower classified system does not have any impact on the operation of the higher classified system:

- electrical isolation shall be provided on the supply to the lower classified system;
- the lower safety classified loads shall be declared as associated circuits as defined in IEC 60709 and shall meet all the safety requirements of the higher classified circuit to which they are connected. Where the lower classified load is supplied from a switchboard supported by standby power generation then either the load shall be taken into account when calculating the load on the standby power generator or the lower classified load shall be automatically disconnected when the standby generator is in operation. The equipment provided to automatically disconnect the lower classified loads shall have the same safety classification as the higher safety classified system.

The design features of safety classified equipment of each safety classification shall be clearly specified. This shall include but not be limited to the following:

- equipment qualification requirements;
- seismic requirements;
- qualification requirements for programmable devices;
- routine testing requirements.

Safety classification of sections of the electrical AC interruptible power supply system shall be determined in accordance with IEC 61226 based on the safety classification of the important to safety systems which are supplied.

Lower safety classified systems should not generally be supplied from a power supply system of a higher safety classification but where this is not practical as a result of increased design complexity electrical isolation should be provided to prevent a downstream fault from having an impact on the operation of the higher classified upstream system. The power supply system should have the capacity to supply the lower classified load unless the loads on the lower classified system are automatically disconnected under design basis operating conditions. The systems for disconnecting these loads should be safety classified to the same safety classification as the higher safety classified system from which they are supplied.

5.9 Equipment qualification

All equipment used in the AC interruptible power supply system shall be qualified according to the specific rules and standards applicable to the equipment in line with its safety classification. This shall apply for all DBC and DEC operations to support the nuclear facility safety systems throughout its operational life.

The equipment shall be qualified for the maximum electrical ratings for which the equipment is required to operate. This qualification shall demonstrate the capability of the equipment to perform its design function at the extremes of environmental conditions at which the nuclear facility is designed to operate.

Where defined from the design basis of the nuclear facility, the equipment shall be qualified to withstand conditions that can arise due to natural events during operation of the nuclear facility. External events to be considered include seismic, solar storms, severe weather and flooding. Internal events to be considered include fires, pipe ruptures and electrical faults.

Electrical equipment installed on the AC interruptible power supply system shall be qualified via type testing or analysis in combination with type testing data to demonstrate its capability to operate at the maximum system fault level. Operating experience can be used to support equipment qualification provided that it can be demonstrated that this is relevant to the proposed use of the equipment. This shall include qualification of capability to withstand electrical system faults together with the capability of switching devices to operate to clear electrical faults based on the maximum system fault level.

Where appropriate, type testing of equipment shall be performed in accordance with relevant IEC and other standards to prove the capability of the equipment to perform its rated operating duties at defined environmental conditions.

Type tests for electrical equipment installed on nuclear facilities shall be verified by an accredited testing organisation. The tests shall be performed on test samples which replicate the design of the installed equipment.

The qualification programme shall meet the applicable requirements as defined in IEC/IEEE 60780-323, IEC 62271 (all parts), IEC 60980-344, IEC 60909 (all parts), IEC 60076 (all parts), IEC 61000-4 (all parts) and IEC 61439 (all parts) respectively.

Typical type tests should include:

- short circuit withstand capability;
- short circuit switching capability;
- temperature rise tests at rated operating current;
- dielectric capability;
- seismic withstand capability (where defined);
- radiation withstand tests (where defined);
- vibration tests (where defined);
- equipment ageing tests (where defined);
- mechanical withstand;
- mechanically induced thermal effects e.g. worn bearings;
- standby power generator load tests at rated and overload current for the defined mission time.

Where programmable devices are used on safety classified AC interruptible electrical power supply systems each device shall be qualified in accordance with the requirements defined in applicable IEC standards.

5.10 Separation

The design of the safety classified AC interruptible power supply system shall provide physical separation between equipment of different redundant safety divisions on NPPs.

For nuclear facilities other than NPPs electrical equipment on the main and standby supply systems shall be provided with appropriate separation.

For all nuclear facilities consideration should be given in the safety case to the provision of physical and electrical separation between equipment of different safety classifications or identical systems providing redundant supplies. This shall include separation between the main electrical components of the system including switchgear and transformers and separation of electrical cable routes in order to protect against the risk of common cause failure.

The design basis shall be established for the resilience of the nuclear facility against identified hazards such as fire, flooding, explosion, EMI, etc. The separation requirements for equipment shall be derived from the safety assessment of protection requirements for the nuclear facility to achieve the defined design basis resilience. The Level 2 standard IEC 60709 provides guidance on the different forms of separation to be adopted on nuclear facilities such as:

- separation by distance;
- structural separation;
- separation of cables and cable support structures;
- separation between redundant power supplies;
- divisional separation of redundant cables and cable support structures;
- separation of different safety classes;
- separation of signal cables from power cables;
- separation of cables from tubes and pipes;
- Installation of cables above tubes and pipes where separation is not possible.

IEC 60709 provides guidance on the approach to the provision of appropriate protection and requirements for safety case substantiation where it is required to reduce separation distances due to layout factors in the nuclear facility.

5.11 Redundancy and single failure criterion

The design of the AC interruptible electrical supply system shall include the provision of redundancy of electrical equipment items. The provision of redundancy shall provide that no single failure in the interruptible AC power supply system shall result in the loss of redundant parts of any system important to safety. The level of redundancy in the design of the AC interruptible power supply system should be determined from safety assessments and defined in the nuclear facility safety case. This should enable the AC interruptible power supply system to supply power to systems important to safety in the event of equipment failures and during planned and unplanned maintenance operations to support the maintenance of the Single Failure Criterion (SFC).

The SFC defines that; systems important to safety shall perform all safety functions required for a design basis event in the presence of the following:

- any single detectable failure within the systems important to safety concurrent with all identifiable but non-detectable failures;
- all failures caused by the single failure;
- all failures and spurious system actions that cause or are caused by the design basis event requiring the safety functions.

The single failure could occur prior to, or at any time during, the design basis event for which the safety system is required to function. The SFC applies to the systems important to safety whether control is by automatic or manual means.

5.12 Power system capacity

The AC interruptible power supply system shall be designed with the thermal and short circuit capacity to meet facility loading requirements for all defined operating modes and power supply arrangements for all design basis and design extension conditions. The power supply system shall be adequately rated for all defined design basis and beyond design basis operating conditions.

The capability of the power supply system to perform its design function shall be demonstrated by performing system studies in accordance with the methodology defined in IEC 62855. These studies shall assess the performance of the system in response to all credible challenges in order to demonstrate the robustness of the electrical power system design.

During initial system design defined margins shall be applied to calculated system parameters to support the adequacy of the AC interruptible power supply system to meet all the system operating requirements. These margins shall provide adequate capacity to provide for load growth during design and construction and for future nuclear facility modifications without the requirement for major design modifications to the power supply system. Where modifications to the nuclear facility are implemented, the capability of the system to support additional electrical loads shall be assessed by the performance of system studies in accordance with IEC 62855 to demonstrate the continuing capacity of the power supply system to safely meet its design function.

When designing interruptible power supply systems for nuclear facilities other than NPPs it is important to consider future overall site development in determining power supply system capacity requirements.

Where lower safety classified loads are supplied from a higher classified system, the lower safety class loads should be included in loading calculations unless there are appropriately classified automatic disconnecting facilities which disconnect the loads in defined operating conditions.

The capability of the AC interruptible power supply system to support motor starting currents and transformer inrush currents shall be demonstrated by system study calculations performed in accordance with the methodology defined in IEC 62855.

The level of fault current shall be determined by performing system study calculations for all operating conditions to determine the system fault level throughout the AC interruptible power supply system. The fault level studies shall take account of motor fault contributions and parallel operation of other power sources in test mode to calculate the system fault current. These studies shall be used to verify that the fault current remains within the specified levels for all electrical equipment on the AC interruptible power supply system.

When the grid is disconnected, the electrical power supply system shall have the capability to perform its design function to supply plant safety systems when subject to the operating limits of the standby generators.

When modifications are implemented to electrical power supply systems of nuclear facilities then the capability of the power supply system to continue to meet its defined operating requirements shall be confirmed by updating of the electrical power system studies prior to implementation of the updated design.

Nuclear facilities other than NPPs can incorporate an overall site electrical power supply system which supplies a number of different operating units on the site. The design of the overall electrical power supply system shall comply with the safety case requirements for each of the site operating units.

5.13 Load allocation

The AC interruptible power supply system design architecture for nuclear facilities should include appropriate voltage levels to support the nuclear facility loads. Voltage levels should be selected in accordance with the requirements defined in 5.7.10.

Loads should be allocated to the AC interruptible power supply system according to the nuclear facility safety requirements which should define allocations of loads between divisions and between redundant power sources. The diversity requirements between different power generation sources should be determined from the assessment of the nuclear facility safety case and available data from operating experience.

The safety classifications of electrical power supply system loads should be considered in allocating loads to plant switchboards.

5.14 Electrical protection

5.14.1 General

The electrical protection system shall have three functions:

- electrical source transfer when the power source does not have the capacity to support the loads;
- protection scheme to protect site personnel and equipment from electrical disturbances on the electrical power system;
- Limit the consequences of an electrical fault to the equipment which is faulty (selectivity).

5.14.2 Source transfer

The source transfer to standby generation sources should be initiated by under-voltage or under/over frequency devices. The transfer should be initiated after suitable time delays to avoid the potential for spurious transfer to occur. The transfer should be performed by a dedicated control scheme which connects the standby generators to the load when a stable state on the supply system has been established.

5.14.3 Protection of personnel and equipment

A comprehensive electrical protection system shall be implemented for the AC interruptible power supply system. Disconnection of supplies under fault conditions shall be performed automatically by tripping of circuit-breakers or by the operation of fuses.

The system shall protect operating personnel from the effects of insulation failures and equipment failures by automatically disconnecting supplies in the event of an electrical system fault.

The protection system shall have the following features:

- Co-ordination with off-site supplies to minimise disturbance to the on-site system from off-site disturbances;
- Capability to isolate electrical system faults by coordination of protection settings so that the supply is only lost to the affected part of the system to minimise the impact on other parts of the electrical distribution system. It shall not be possible for a single fault to cause the loss of multiple independent power supply systems;
- Capability for the system to recover following clearance of an electrical fault so that there is no impact on the continuing provision of power supplies to nuclear facility safety systems;
- Provide protection for supplied equipment to minimise equipment damage under electrical fault conditions;
- Where it is essential for equipment to continue operation under fault conditions to protect the nuclear facility then provision shall be made for blocking the operation of the electrical protection in these operating scenarios. Protection systems that protect the power supply from a standby generator against catastrophic failure shall not be blocked;

- Coordination of electrical protection devices shall take account of system fault levels in all operating configurations including supply from the grid and operation from standby generators. The designer shall ensure that protective device settings are determined so that there is sufficient fault current for protective devices to operate under all design basis operating conditions;
- Consideration should be given, where appropriate, to the use of differential protection schemes based on the comparison of electrical quantities at each end of the protected section;
- Consideration should be given to requirements for blocking schemes and intertripping facilities;
- Motor overload protection shall protect the equipment on the nuclear facility from damage resulting from electrical and mechanical faults;
- Overcurrent protection shall protect the system from symmetrical and asymmetrical short circuit faults on the electrical power supply system;
- Earth fault protection shall be provided. Where IT earthing systems are utilised, the protection system shall detect and alarm the first earth fault and trip the load in the event of a second earth fault before the first fault has cleared;
- Protection shall be provided to prevent damage to electrical equipment due to excessive thermal and short circuit currents.

Provisions shall be made for the detection, annunciation or protection of the nuclear facility from open phase conditions which could adversely impact the performance of its electrical power supply system. These provisions shall be in accordance with IAEA Safety Report 91.

Transformer inrush and motor starting currents shall not initiate the operation of electrical protection relays causing circuit breakers to trip and disconnect electrical system loads.

Nuclear facility operators shall implement a robust system to control protection settings to ensure that there is no potential for the loss of power supplies due to incorrect protection settings. This shall include the following:

- access controls to prevent access to modify protection settings;
- detailed recording of settings;
- verification process to undertake periodic checking of settings by testing;
- verification of settings against system study results.

An assessment shall be undertaken on a routine basis of the risk of CCF from software errors and cyber security challenges on programmable devices that are embedded in the AC interruptible power supply system electrical protection relays. The design of the electrical protection system shall include suitable mitigation measures to address the risk of CCF.

Protection from CCF shall apply particularly where networking of programmable protection relays is proposed. Networking of programmable protection relays can introduce the potential for CCF to impact on the safe operation of the electrical power supply system unless appropriate measures are taken to mitigate the risk. If networking of protection relays is adopted, then this should only be for one way communication to provide operating data for monitoring purposes. Networking should not be used for control of switching devices on the nuclear facility due to the potential impact of CCF on redundant electrical power supply systems.

The use of programmable devices on electrical protection systems shall take account of the potential for CCF. The architecture of the electrical system shall be designed to reduce the risk of CCF resulting from faults on programmable devices.

Where programmable devices are used on systems important to safety then these shall be suitably be validated in accordance with the requirements defined in IEC 62671.

5.15 Motor starting

The AC interruptible power supply system shall have the capability to start all electrically driven motors within defined maximum starting times under all power supply configurations. This shall include starting from all off-site and on-site power generation sources defined in the nuclear facility safety case. There shall be no adverse impact on the capability of the supply generation sources to maintain supplies to other nuclear facility systems during starting of any motor on the facility.

The capability of the system to support starting of motors shall be demonstrated by conducting system studies in accordance with the methodology defined in IEC 62855. These studies shall demonstrate that system voltages remain within the defined acceptable limits and that maximum motor starting times are not exceeded for the largest motor on the power supply system. The studies shall also confirm that motor starting currents do not cause the spurious operation of electrical protection relays.

In order to avoid excessive loads on the power supply system when operating from standby generators the motors shall be started according to a defined automatically controlled starting sequence with staged starting of groups of motors. The system studies should demonstrate the adequacy of the sequence starting control to limit the maximum system motor starting current.

6 Equipment requirements

6.1 Standby power generators

Detailed design requirements for standby power generators are defined in appropriate IEC standards for electrical equipment. The requirements additional to the electrical equipment standards which are specifically applicable to the design requirements for nuclear facilities are defined in this document.

Detailed requirements for application and testing of diesel generators are defined in IEC/IEEE 63332-387.

Standby power generators for all nuclear facilities shall consist of an electrical generating unit complete with all auxiliaries and dedicated separate and independent stored energy supplies for starting and running the prime mover.

Requirements for the provision of standby generation on the AC interruptible power supply system shall be determined by safety assessments which should define requirements for classifications of safety systems. The safety classifications for the electrical supply systems which supply the safety systems should be based on the classifications of the safety systems.

Requirements for automatic or manual start-up of generators shall be determined from safety assessments to define the required time for availability of supplies to support the systems important to safety following LOOP, SBO and LEP. The safety case should allow sufficient time for generators which are started and connected manually to the safety classified loads of the nuclear facility for the manual restoration of power supplies to the nuclear facility systems important to safety. No human intervention shall be required for a period of 30 min from the initiation of the safety system.

The electrical distribution system for loads that are supplied by standby interruptible AC generators should have the provision for automatic or manual connection to meet the requirements of the nuclear facility safety case. The load characteristics, starting and acceleration times and operating durations should be used to specify the requirements for the design and performance capabilities of the standby generator.

It shall not be possible on NPPs for standby generators of different reactor divisions or different levels of defence in depth to operate in parallel with each other. Except for periodic on-load testing it shall not be possible for standby generators to operate in parallel with main to redundant systems. This reduces the risk of common cause failure on the power supply system.

System studies shall be undertaken to confirm the capability of standby generators to supply the safety classified loads when operating with no external power source. These studies shall be performed in accordance with the methodology defined in IEC 62855 and should include load flow, motor starting and transient stability studies. The capability of the generator to start the largest load with other loads operating at full load shall be verified by these studies.

In accordance with the individual site testing strategy, facilities should be provided for periodic on load testing of standby generators. Where this testing is carried out with the standby generator operating in parallel with off-site power sources suitable synchronising facilities shall be provided. Only one standby generator shall be tested on the plant at any one time. Where it is not practical to test the on-site power generator in parallel with the grid during normal nuclear facility operation then dedicated load test facilities should be provided. The test load should be rated at the maximum power of the standby generator and should validate real and reactive power capability.

Synchronising facilities shall be provided to facilitate synchronisation of the standby generator with the grid to support continuity of supply after restoration of the offsite power supply.

Load sequencing facilities shall be provided to progressively re-start loads following transfer to standby generators in order to minimise potential voltage and frequency transients due to overloading of the generator. The sequencer time settings should preclude overlapping of starting of sequential motors.

Where mobile generators are provided to support the nuclear facility safety systems important to safety then permanent provisions should be made to enable these to be connected to the AC electrical distribution system and sufficient time should be defined for this connection to meet the nuclear facility safety requirements. The installed equipment for the connection of mobile generators should be safety classified in accordance with the classification of the supported safety systems.

Standby power generators for NPPs shall be dedicated to supplying power to the facility systems which are important to safety. The standby generators shall not be used for commercial power production for export to the grid system.

Standby power generators on nuclear facilities other than NPPs shall be dedicated to supporting systems which are important to safety. Where standby generators also supply systems which are not important to safety the generator shall have the capacity to supply these loads in addition to the loads which are important to safety. In addition, isolating facilities shall be provided on the feeds to these loads to prevent a fault on the system which is not important to safety causing loss of supply on the system which is important to safety.

The use of central standby generation feeding multiple plant operating units should be considered for nuclear facilities other than NPPs. Where central standby generation is employed the site generators should be capable of supplying the maximum load for all the plant operating units and should have the capability to start the largest motor with no adverse impact on operation of any connected equipment in all operating configurations.

6.2 Operation and starting of standby and alternate generators

Standby and alternate AC power generators shall be provided to supply safety classified loads during LOOP conditions in nuclear facilities as defined by the nuclear facility safety case in the following operating conditions:

- design basis conditions;
- design extension conditions.

The standby and alternate power generators shall support safety of the nuclear facility in the event of loss of grid supply by supplying power to the safety systems. Requirements for automatic or manual starting shall be determined by the safety classification of the safety system loads and by the safety case for the nuclear facility, which should define the maximum allowable time for the restoration of supplies to comply with the nuclear facility safety case.

The requirements for automatic or manual starting of the standby or alternate generators shall be determined by the required restoration time as determined by the nuclear facility safety case. Where mobile generators provide standby or alternate power supplies, then adequate time should be defined in the nuclear facility safety case for transport of the generator to the connection point, connection to the AC power supply system, starting of the generator and connection and starting of nuclear facility loads.

Where it is required to connect and start standby or alternate power generators automatically, an automatic transfer system shall be provided to start the generator and connect to the power supply system and to isolate other supply sources. A sequencing system shall then automatically apply loads in a defined time sequence so as not to exceed the defined frequency of the generator during motor starting loads from multiple motors.

6.3 Alternate power generators

Alternate power generators should be provided on NPPs as defined in the safety case to provide power supplies to defined loads which are important to safety during SBO and other DEC such as LEP. The design of alternate power generators should meet all the requirements defined for standby generators. Mission times and starting requirements should be defined in the NPP safety case.

6.4 Standby and alternate generator mission times

Mission times for standby power generators shall be determined by the assessment of functional safety requirements and assessment of the probability and duration of loss of the preferred power supply due to external events such as severe weather, seismic events and grid disturbances. The mission times shall be adequate to support systems important to safety for design basis, beyond design basis and severe accident conditions. The mission time should take account of availability of other generation sources and required power restoration times as determined by safety assessments. The capability of standby power generators to operate for the time required to perform the safety function shall be confirmed by periodic load testing. Fuel supplies shall be adequate to support the defined mission time of the generator and shall take account of any maintenance or test runs that can occur prior to commencement of the mission time and without refilling of fuel tanks. The capability to meet the safety requirements shall be supported by the provision of on-site storage capabilities for consumables such as fuel and lubricating oil together with detailed arrangements for replenishing capabilities from off-site sources to meet long term operating requirements.

6.5 Fuel and support systems for standby and alternate generators

The following support systems are typically required for standby and alternate generators:

- ventilation systems;
- control and instrumentation systems;
- cooling water systems;
- lubrication systems;
- fuel transfer systems;
- generator starting systems.

The design of these systems shall meet the requirements defined in applicable IEC standards and support performance capabilities of standby power sources as described in IEC/IEEE 63332-387.

The safety classification and redundancy requirements for these systems shall meet the requirements of the standby power system and the nuclear facility safety case.

For NPPs, the power supplies to these systems shall be derived from the division served by the standby or alternate generator to preserve the redundancy and independence of the divisions.

For nuclear facilities other than NPPs, the power supply arrangements shall take account of the requirement to maintain supplies to these systems for all nuclear facility operating conditions as defined in the safety case for the nuclear facility.

The starting energy systems for standby and alternate AC power generators shall have the capacity for multiple starts of the generator. Typically, the systems should have the capability for a minimum of five starts. In order to maintain the multiple starting capability, all starting attempts should be aborted after a defined maximum time in order to conserve resources.

Fuel for standby and alternate generators shall be suitable for long-term storage as it is likely the fuel storage will be required for long periods due to the minimal normal usage. Fuel deliveries shall be tested to verify that the fuel meets specifications. Consideration should be given to implementing separate fuel deliveries to generators of redundant systems in order to reduce the risk of common cause failure due to contaminated fuel. For all deliveries the fuel should be tested before delivery. The arrangements for the provision, storage and feed of fuel to the standby generator should address the risk of common cause failure arising from contamination of fuel supplies.

Adequate fuel supplies shall be provided to support the defined mission time of the standby or alternate generator. The fuel supply provisions should also take account of the requirements for fuel supplies to support periodic test starts. Where additional fuel is required to support the defined generator mission time then clearly defined arrangements shall be made for supplying the fuel to the site within the defined time so as to ensure continued operation in accordance with the plant safety case. Starting systems shall be provided that are independent of the AC interruptible power supply systems. Independent redundant starting systems shall be provided for starting of each standby and alternate generator.

6.6 Electrical power generation source transfer

Electrical power generation source transfer systems shall be provided on nuclear facilities to initiate the next level of defence to support continuity of power supplies to the nuclear facility systems important to safety. The operating parameters for the transfer should be established based on factors such as voltage, operating thresholds and initiation delay times to allow the system to recover following events such as short circuit faults, motor starting and transformer inrush currents. System study analysis in accordance with IEC 62855 shall be undertaken of the operation of transfer systems to verify the stability of the system during and following a generation source or a load transfer. The studies should take account of generator control characteristics, motor starting and motor reacceleration characteristics.

Source transfers on NPPs from the main grid power supply to the standby grid power supply can be fast transfer systems with no interruption to supplies when the standby supply is in phase. System studies should be performed to verify that the phase angle and frequency differences are sufficiently low at minimum voltage to prevent excessive over-currents on the electrical power supply system. Where the power supply sources are not synchronised then a slow transfer system should be provided with a short loss of supply to allow the bus voltage to decay before the transfer takes place.

Slow transfer systems should incorporate a time delay prior to disconnection of supplies to allow the electrical power system to ride through minor disturbances. Time delays and reconnection arrangements should be appropriate to meet the safety requirements for the nuclear facility as defined in the safety case derived from fault analysis.

On NPPs transfer schemes for connecting site standby AC generators to a divisional distribution system shall be independent from transfer schemes on the other divisions. Each independent transfer scheme shall be provided with independent voltage detection on the busbars important to safety in order to disconnect from the preferred power supply, to shed non-essential loads and to start and connect standby generators. There shall be no potential for failure propagation due to any interactions with other divisions or between main grid supplies and standby generator supplies.

The nuclear facility safety case should demonstrate that motor starting sequence controls do not pose any risk of CCF to the electrical power supply system. This should be achieved by implementing independent motor start sequencing systems for each division and by demonstrating the adequacy of the nuclear facility control systems to prevent the risk of CCF during the motor start sequences. Where programmable systems are utilised, there should be no risk to the independence of the motor start sequencing systems due to a single failure.

6.7 Programmable devices

An assessment should be undertaken to identify the implementation of programmable devices in equipment connected to the AC interruptible power supply system. This should include devices that are embedded in the electrical equipment such as engine control systems in generators and electrical protection equipment in switchgear. This assessment should identify the potential for CCF due to the implementation of the programmable devices in electrical equipment designs. The AC interruptible power supply system should be designed to reduce the risk of CCF due to the incorporation of programmable devices in equipment. Measures to prevent CCF should include identification of potential single point failures in the system and designing the AC interruptible power supply system to ensure that there is no vulnerability to CCF from any individual programmable device.

Particular attention should be taken where there are proposals to network electrical protection systems through programmable protection relays with two-way communication from central control systems. These systems present a significant risk of common cause failure and should be avoided wherever possible in the design of electrical power supply systems of nuclear facilities. Where a networked system with two-way communication is implemented then comprehensive validation and verification of the programmable devices should be undertaken to demonstrate the mitigations against potential CCF. The validation should demonstrate that the risk of CCF due to software error or cyber-attack is acceptable in accordance with overall nuclear facility safety case.

Where programmable networked systems are used for monitoring purposes then the use of one-way communication provisions should provide protection from CCF. The resilience to CCF of these systems should be substantiated in the facility safety case.

All programmable devices used on the AC interruptible power supply system shall be validated in accordance with the requirements defined in applicable IEC standards.

6.8 Rating of electrical equipment

Each component of the on-site AC interruptible power supply system shall have adequate capacity to supply maximum system loads in all defined operating configurations and operating conditions such as maximum and minimum design ambient temperatures, humidity, atmospheric pressure, allowable voltage and frequency range, etc. This requirement covers on-site generators, transformers, HV and LV switchgear, cables, motors etc. This capability should include the following:

- capability to start and run at full load the largest motor with its auxiliary systems;
- capability to energise, start, re-accelerate and run all defined loads important to safety from on-site standby generators;
- provision of load sequencing to enable the maintenance of acceptable voltage and frequency during starting of loads from standby generators;
- capability to operate at the limits of voltage and frequency when connected to the grid network as agreed with the TSO. Special consideration should be given to the capability to operate motorised valves;
- capability of motor driven pumps to maintain acceptable fluid flows at limits of system frequency and voltage without adversely impacting on the capability of the pumps to support the safety requirements of the nuclear facility;
- provision of adequate margins in equipment designs to provide for future load growth and to meet short term overload requirements;
- adequacy of standby generators to meet load demands including load shedding capability to isolate loads of lower safety classification;
- load capacity provisions based on future strategic design requirements for plant operating units on facilities other than NPPs.

Each component of the electrical power supply system shall have adequate short circuit withstand capability for the maximum short circuit load in all operating configurations. Protective switching devices such as circuit breaker shall have the capability to perform their rated duties in all anticipated electrical fault conditions under all plant operating states.

Purchase specifications for electrical equipment shall define thermal and short circuit equipment ratings for the maximum operating levels under all environmental conditions as defined by the plant design basis. These ratings shall be determined by the results of the electrical system studies in accordance with IEC 62855.

6.9 Load sequencing systems

Transfer systems should disconnect non-safety classified loads from the system prior to start-up of back-up generation power supplies except where it can be demonstrated that the back-up supplies have the capacity to support the non-safety classified loads in addition to the safety classified loads.

Reconnection sequences on restoration of supplies should be automatic to prioritise safety critical loads. The sequences should be designed so that system voltage and frequency remain within defined limits and there should be no adverse impact on electrical power system and overall nuclear facility operation.

Manual restoration and connection of standby power supplies can be considered for nuclear facilities other than NPPs where this is compatible with the requirements for power supply restoration defined in the plant safety case. There should be no requirement for any human intervention in less than 30 min.

Adequate time between reconnection blocks should be allowed in order to prevent unacceptable voltage and frequency dips and to allow time for the system to recover from these dips. The acceptable performance of the interruptible AC power supply system during operation of load sequencing systems shall be verified by the performance of system studies in accordance with the methodology defined in IEC 62855.

6.10 Nuclear facility control system requirements

Opening and closing of electrical switching devices on the AC interruptible power supply system for normal operation should be performed by the nuclear facility control systems. Exceptions to this are automatic tripping of electrical protection relays in response to electrical power system faults.

Manual switching operations for maintenance or under specified operating conditions should be performed by permission of the nuclear facility operators. Safety assessments should be undertaken prior to the performance of manual switching.

An assessment should be undertaken of the capability of the AC interruptible power supply system to respond to the nuclear facility control systems covering such as starting sequences to ensure that the electrical power supply system has the capability to respond to operational demands of the nuclear facility. This assessment should include verifying that operation of sequencing systems do not cause the operational limits of frequency and voltage on the electrical power supply systems to be exceeded during start up and that postulated faults in the nuclear facility control systems do not apply unacceptable loads to the electrical power supply system by starting multiple plant systems simultaneously.

6.11 Automatic plant start-up systems

Requirements for automatic starting of electrical loads should be determined by the nuclear facility functional safety requirements particularly the time to initiate the starting of back-up power supply sources.

Where automatic starting of electrical loads is required to meet the nuclear facility safety requirements, the changeover should be initiated from detection of loss of voltage at the switchboard busbars.

Operating times for start-up systems should be defined in the nuclear facility safety case determined by functional safety requirements for the nuclear facility.

6.12 Generator manual start-up systems

Manual starting systems should be used where there is adequate time defined by the facility safety case for the system operator to initiate the system. No human intervention shall be necessary for a period of 30 min from the start of the safety system initiation so manual starting systems shall not be implemented where initiation is required in less than 30 min.

The adequacy of the time to initiate the system should be determined from human factors assessment of the requirements to initiate the safety system in support of the functional safety requirements for the nuclear facility.

6.13 Power cables

The design of the electrical power cabling system on the nuclear facility shall take account of the following factors in order to achieve a safe and reliable design:

- maximum design ambient temperature;
- minimum design ambient temperature;
- radiation exposure;
- derating factors for installation methods;
- derating factors for bunching of cables;
- derating factors for temperature;
- acceptable voltage drops during maximum loading under operating conditions;
- acceptable voltage drops during motor starting;
- cable termination arrangements in electrical equipment items;
- cable design current ratings;
- allowances for load factors;
- allowances for future load growth;
- mechanical protection of cable routes;
- physical segregation requirements between divisions on NPPs;
- physical segregation between different voltage levels for EMC protection;
- physical separation requirements between main and standby generator supplies in accordance with IEC 60709;
- physical separation of cables of different safety classes in accordance with IEC 60709;
- protection of operating personnel on nuclear facilities.

The plant designer should perform design calculations to verify the capability of all power cables on the AC interruptible power supply system to perform their design function under all design loading and defined environmental conditions.

6.14 Power transformers

Power transformers installed on the nuclear facility electrical supply system shall comply with the requirements of IEC 60076-1. The transformers shall be rated to supply the maximum plant load connected to the transformer under all design ambient conditions without exceeding the thermal rating of the transformer. Transformers shall be capable of withstanding the maximum system short circuit current. Transformer impedances shall be appropriately selected to facilitate motor starting and the maximum allowable system fault level on the nuclear facility electrical power supply system.

Power transformers should be provided with off-load tap changers as appropriate to maintain acceptable voltage levels. Where required for control of nuclear facility power supply system voltages in response to grid supply variations; then on-load tap changers should be provided.

6.15 Circuit breaker tripping and closing supplies

An important requirement for the provision of a robust and reliable electrical power supply system for the nuclear facility is the capability for supplies to be tripped in the event of degraded power supplies.

In the event of under-voltages on the system, the tripping can be initiated by contactors tripping on low voltage on its dedicated control supply or automatic under voltage trips on circuit breakers.

In all other electrical fault conditions, the capability of circuit breakers to operate in response to nuclear facility operating requirements is dependent upon the provision of reliable tripping and closing systems. Under electrical fault conditions circuit breaker tripping shall be powered by energy storage systems.

Where operations on systems important to safety on the nuclear facility require circuit breaker closing operations to support systems important to safety these are dependent upon reliable circuit breaker tripping and closing supplies. The tripping and closing supplies shall have the same levels of diversity as the main power supply systems so that there is no potential for CCF due to failure of a closing and tripping supply.

Diverse and redundant electrical distribution systems shall be supported by independent tripping and closing supplies. Each operating division and redundant power system shall have an independent tripping and closing supply. Tripping and closing supplies shall not operate circuit breakers on multiple divisions or redundant power supplies. Redundant power supplies to the nuclear facility safety systems shall not be dependent on a single tripping and closing supply as this is a potential source of CCF.

Unnecessary tripping of loads during supply voltage transients should be prevented as spurious tripping can adversely impact upon safety of the nuclear facility. Suitable latching provisions on circuit breakers and contactors should be provided to prevent the interruption of supplies due to system voltage transients. The latching provisions should avoid requirements for tripping and closing supplies to reclose circuit breakers and contactors in order to maintain power supplies to the nuclear facility systems important to safety.

6.16 Earthing and lightning protection system design

The nuclear facility shall be provided with an earthing network for the purposes of personnel safety and to provide the required protection for all nuclear facility electrical and I&C equipment. Designs of earthing systems in nuclear power plants vary depending on their design era. Some nuclear power plants are fitted with four conceptually identifiable, but not necessarily physically distinct, earthing systems: personnel safety, lightning, electrical power system and I&C – including signal earthing. All earthing systems should finally be tied to the one deep earthing grid. A well-designed station earthing system is essential for protection of power plant equipment from earth faults and lightning strikes.

The design of an earthing system for the AC interruptible power supply system in accordance with the requirements of EN 50522 performs an important role in enabling the AC power supply system to provide continuity of supply to the nuclear facility safety system loads which are important to safety.

For the AC interruptible power supply system, the earthing and lightning protection system shall protect against CCF due to lightning strikes. Lightning protection on nuclear facilities shall comply with the requirements of IEC 62305 (all parts). This shall be achieved by the provision of an earthing network of adequate rating to provide appropriate paths to earth and by the provision of surge protectors on the power supply system.

On the nuclear facility low voltage distribution systems suitably rated protective conductors shall be provided for the return path of the fault current to provide effective earth fault protection for the system. Where the protected systems are safety classified then safety classifications shall be applied to the protective conductors in line with the overall safety classification of the power supply system.

For some applications IT earthing systems can be implemented where the electrical power supply system operates with an isolated neutral. These systems can have advantages in enabling the electrical power supply to loads that are important to safety to be maintained following an earth fault whilst a controlled transfer to alternative systems takes place. In all instances an alarm should be initiated in the control room to indicate the earth fault. The power system should be allowed to remain in operation for a defined period to allow the provision of alternative supplies to the nuclear facility safety systems. Plant specific measures should be taken to ensure that the fault is repaired within the defined period.

Where IT earthing systems are implemented, an effective earth monitoring system shall be implemented to quickly detect earth faults and precisely identify fault locations. This enables repairs to be carried out in the minimum time in order to support continuity of power supplies. Circuit breakers operating on these systems shall have the capability to operate at the higher voltage across the isolating contacts that are associated with these systems.

7 Maintenance of electrical equipment

The performance of regular maintenance on nuclear facility electrical equipment forming the interruptible AC power supply system is essential to support the reliability of the electrical power supply system to support safe operation of the nuclear facility.

Following all plant maintenance activities, the functional tests shall be performed on electrical equipment before return to service to confirm the capability of the equipment to perform its rated duty.

Detailed maintenance and surveillance plans shall be developed which define the maintenance and surveillance intervals for all electrical equipment on the power supply system. The surveillance plans shall take account of the risks of CCF during maintenance activities. The maintenance and surveillance plans should define periodic activities to perform maintenance activities. Condition monitoring equipment can be used where applicable for condition-based maintenance to supplement regular preventative maintenance activities. Condition-based maintenance can be used to identify degraded conditions which enables repairs to the equipment to be scheduled in accordance with the nuclear facility operational requirements so to reduce the risk of equipment failures. Condition-based maintenance shall not be used to replace the performance of regular preventative maintenance activities on the nuclear facility.

Equipment maintenance shall be conducted in accordance with the provisions of the qualification report and manufacturer's recommendations to support the reliability of the nuclear facility. The operating life of electrical equipment and components shall be determined by the manufacturer's recommendations, the equipment obsolescence and the availability of technical support. The electrical equipment and components shall be replaced before reaching the end of their design life except where life extension is shown by safety assessment to pose no risk to the safety of the nuclear facility. Where the equipment is considered for life extension then this shall be substantiated by safety assessment. In addition to demonstrating the continued operability of the equipment, the safety assessment should consider the availability of spare parts to support continued operation of the electrical equipment.

Electrical power supply system availability requirements during maintenance activities on the AC interruptible power supply system should be established based on the results of the nuclear facility safety assessments. The design of the AC interruptible power supply system shall support these availability requirements for all nuclear facility operating states whilst facilitating regular maintenance and surveillance activities on the electrical equipment. The design of the AC interruptible power supply system shall provide sufficient redundancy to allow electrical equipment items to be taken out of service for maintenance whilst the power supply system continues to provide supplies to support nuclear facility safety requirements.

The maintenance and surveillance plans shall identify the minimum system availability for each mode of operation to ensure that essential nuclear facility maintenance can be conducted safely whilst maintaining the integrity of the power supply system to support safe operation of the nuclear facility.

Provision of alternative power supplies during maintenance can include temporary connections between redundant parts of the system. Where cross connections are used it should be verified that adequate capacity exists to supply the system loads. Appropriate interlocks, electrical protection and isolation should be provided to protect against the risk of CCF.

The maintenance and surveillance plans shall define the availability requirements for each major item of electrical equipment and the actions to be taken when it is out of service due to equipment faults. The plans shall identify the following:

- actions to be taken upon equipment failure;
- response times for actions following equipment failure;
- maximum time out of service before shutdown of the nuclear facility is required;
- minimum availability requirements for alternative equipment to support safe operation of the nuclear facility.

Mobile generators can be used to facilitate maintenance activities on the nuclear facility. These should have engineered facilities for connection to the power supply system and adequate capacity to supply the connected system loads.

Condition monitoring facilities can provide important data to identify faulty equipment to enable it to be taken out of service for repair in a controlled manner and avoiding the operation of automatic electrical protection systems. Typical examples of condition monitoring equipment include:

- dissolved gas analysis for power transformers;
- cable conditioning monitoring;
- battery monitoring systems;
- temperature monitoring equipment;
- insulation resistance monitoring;
- systems for trending of motor currents;
- vibration monitoring of motors;
- earth fault monitoring equipment on systems with IT earthing systems.

The use of condition monitoring equipment should not adversely impact the reliability and capability of any part of the electrical power supply system.

Where condition monitoring systems incorporate programmable devices then safety claims should not be made on the monitoring system unless the programmable device is safety classified in accordance with the electrical power supply system which it is monitoring.

8 Ageing of electrical equipment

Ageing mechanisms that could significantly affect the integrity of electrical equipment and components shall be identified in the design process. The methods to be adopted for measuring the sources of ageing shall also be identified. Ageing effects are most commonly due to the number of operations of nuclear facility equipment, heat and radiation exposure. It is important to identify the levels of exposure of equipment during the design process to correctly specify the required withstand capability of equipment during operation of the nuclear facility.

Requirements for ageing management of cables are defined in IEC 62465.

The qualified lifetime of safety components shall be determined for the defined operating environment in which it is installed. When the design lifetime of equipment is reached, it should either be replaced by new equipment or its suitability for further operation should be demonstrated by testing and inspection and an assessment of the availability of spare parts and technical support. The effects of exposure to ageing mechanisms during operation shall also be considered in this assessment.

Maintenance programmes, surveillance programmes and ageing management programmes should include activities to identify any degradation trends that could result in equipment becoming incapable of effectively performing its design function.

Where electrical equipment is installed within equipment cubicles, manufacturers should demonstrate the suitability of equipment to operate at the internal compartment ambient operating temperature under maximum design basis environmental and operating conditions. This ambient operating temperature shall be considered when assessing the ageing of electrical equipment.

9 Status monitoring of electrical power supply system

Monitoring facilities shall be provided on the AC interruptible power supply system to provide information to the nuclear facility operators on the status of the power supply system. This information should be used by the facility operators to support the provision of continuity of power supply. Output signals shall be provided from electrical equipment to provide data to the nuclear facility control room. Typical required status signals are:

- open/ closed status of main circuit breakers;
- system operating voltage;
- system operating frequency;
- operating currents of main switchboards;
- protection relay trip data;
- standby generator faults and alarms;
- transformer faults and alarms;
- earth faults where IT earthing systems are installed.

An event recording system should be provided to enable a detailed analysis of the electrical system disturbances and trips. Data shall be provided from the electrical equipment items as required to the event recording system. In order to facilitate a detailed analysis of events, it is essential that all measurements to the event recording system should be to a common time base.

10 Periodic testing of electrical equipment

Provisions shall be made for the periodic testing of all electrical equipment including standby generators. This testing shall prove the capability of equipment to operate on demand to support the safety requirements of the nuclear facility.

The testing of standby generators shall be performed periodically on load for a defined mission time. The regular testing for the purposes of demonstrating the capability of generator to start and run will typically be for a duration of 1 h. Periodic test intervals shall be defined and shall be of sufficient frequency to demonstrate the capability of the generator to supply the system loads. The periodic testing of standby generators shall be performed in accordance with the requirements defined in IEC/IEEE 63332-387.

Starting of generators and running under off-load conditions for the purposes of demonstrating the generator starting capability can be detrimental to the reliability of the generator and should be avoided if possible.

The periodic testing of standby generators for extended mission times shall be performed to demonstrate the capability of the supply source to meet the requirements defined in the nuclear facility safety case. The mission time should be of adequate duration to demonstrate the capability of the standby generator to supply the load for an extended period in line with the safety requirements of the nuclear facility.

Where required for nuclear facility operations, the design of the AC interruptible power supply system shall facilitate the testing of standby generators on-load by the provision of synchronising facilities with off-site power sources. This provision will enable the power supply system to continue to supply systems important to safety during the testing of standby generators.

Alternatively, where safe operations of the nuclear facility allow it, standby generators should be tested on load with the grid supply disconnected. Where it is not possible to periodically test standby generators connected to nuclear facility operating loads, then dedicated load banks should be provided for the periodic testing of the electrical equipment.

The design of the AC interruptible power supply system shall facilitate all defined system availability testing requirements without impacting the capability of the power supply system to perform its defined safety and operational functions.

Facilities shall be provided to allow the periodic testing of the following:

- power transfer systems;
- sequenced starting systems to apply loads;
- electrical protection relays;
- electronic power conversion systems;
- motor generator sets.

The testing of these systems can be carried out with sections or portions of the AC electrical power supply system disconnected. However, the periodic testing arrangements should ensure that there are adequate power supplies to supply the nuclear facility systems important to safety and, more importantly, that the safe operation of the nuclear facility is not jeopardized.

The designer should review the merits of on-line and off-line tests for each part of the system and the need to minimize manual reconfiguration of the system to carry out the tests. Inoperability of or bypass of safety system components shall be indicated in the main control room.

A system test schedule for the nuclear facility should be developed to define test intervals, operating modes when tests can be performed, acceptance criteria for tests and acceptable operating configurations to enable the performance of tests.

11 Commissioning of electrical equipment and systems

The electrical equipment and systems on nuclear facilities shall be subject to full site commissioning tests before putting into service. This requirement applies to equipment installed during new construction and new equipment installed on existing facilities. The commissioning tests shall verify the capability of the equipment to perform its designated function in the defined nuclear facility operating conditions. Commissioning tests shall, wherever possible, be accomplished under the actual, or simulated, operating conditions prevailing when the power supply is required to supply loads. The tests shall also demonstrate the operability of the loads over the entire design basis voltage span of the electrical power supply system.

The commissioning tests shall verify the following:

- the capability of the electrical equipment to perform its designated function;
- the capability of plant operators to operate and maintain the equipment;
- the procedures that support the design operation and the maintenance of the system.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63272:2024

Bibliography

IEC 60034 (all parts), *Rotating electrical machines*

IEC 60880, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category A functions*

IEC 60964, *Nuclear power plants – Control rooms – Design*

IEC 60987, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Hardware requirements*

IEC 61225, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems – Requirements for static uninterruptible DC and AC power supply systems*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61508-1, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 1: General requirements*

IEC 61508-2, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61508-3, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements*

IEC 61508-4, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 4: Definitions and abbreviations*

IEC 61513:2011, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – General requirements for systems*

IEC 62138, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer based systems performing category B or C functions*

IEC 62271-200, *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 62340, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Requirements for coping with common cause failure (CCF)*

IEC 62342, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Management of ageing*

IEC 62443 (all parts), *Industrial communication networks*

IEC 62465, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Management of ageing of electrical cabling systems*

IEC 62566, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits for systems performing category A functions*

IEC 62645, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems – Cybersecurity requirements*

IEC 62859, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems – Requirements for coordinating safety and cybersecurity*

IEC 63298:20—², *Nuclear power plants – Electrical power systems – Coordination and interaction with electric grid*

IEC 63351³, *Nuclear facilities – Human factors engineering – Application to the design of human machine interfaces*

IEC TR 63400, *Nuclear facilities – Instrumentation, control and electrical power systems important to safety – Structure of the IEC SC 45A standards series*

ISO/IEC 27001, *Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements*

ISO/IEC 27002, *Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security controls*

EN 50522, *Earthing of power installations exceeding 1 kV a.c.*

ISO 9001, *Quality management systems – Requirements*

IAEA GS-G-3.1, *Application of the Management System for Facilities and Activities*

IAEA GS-G-3.5, *The Management System for Nuclear Installations*

IAEA Nuclear Security Series NSS42-G, *Computer Security for Nuclear Security*

IAEA Specific Safety Standard SSR 2/1:2016, *Safety of Nuclear Power Plants: Design*

IAEA Specific Safety Guide SSG-30, *Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants*

IAEA Specific Safety Guide SSG-34:2016, *Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants*

IAEA Specific Safety Guide SSG-39:2016, *Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants*

IAEA Specific Safety Guide SSG-51, *Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants*

IAEA Safety Glossary:2018, *Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection*

² Under preparation. Stage at the time of publication: IEC FDIS 63298:2024.

³ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC FDIS 63351:2024.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	58
INTRODUCTION.....	60
1 Domaine d'application	63
2 Références normatives	63
3 Termes et définitions	64
4 Termes abrégés	71
5 Exigences du système	72
5.1 Exigences générales.....	72
5.2 Configuration du système électrique	79
5.3 Architecture des systèmes électriques interruptibles	80
5.4 Alimentations externes.....	82
5.4.1 NPP.....	82
5.4.2 Installations nucléaires autres que les NPP	83
5.5 Système d'alimentation électrique classé de sûreté	84
5.5.1 NPP.....	84
5.5.2 Installations nucléaires autres que les NPP	85
5.6 Système d'alimentation électrique non classé de sûreté.....	86
5.7 Limites de fonctionnement du système d'alimentation électrique	86
5.7.1 Généralités	86
5.7.2 Sous-tensions.....	86
5.7.3 Surtensions	87
5.7.4 Capacité de transport du courant du système	88
5.7.5 Limites de fonctionnement en fréquence.....	88
5.7.6 Paramètres de fonctionnement du réseau.....	89
5.7.7 Brouillages électromagnétiques	89
5.7.8 Courants géomagnétiques induits (CGI)	90
5.7.9 Harmoniques	90
5.7.10 Tension et limites de fonctionnement du système	90
5.8 Classification de sûreté.....	91
5.9 Qualification de l'équipement	91
5.10 Séparation	93
5.11 Redondance et critère de défaillance unique.....	93
5.12 Capacité du système d'alimentation	94
5.13 Répartition des charges	95
5.14 Protection électrique	95
5.14.1 Généralités	95
5.14.2 Basculement de la source.....	96
5.14.3 Protection du personnel et du matériel.....	96
5.15 Démarrage du moteur	98
6 Exigences relatives aux équipements	98
6.1 Générateurs d'alimentation de secours	98
6.2 Fonctionnement et démarrage des générateurs de secours et auxiliaires	100
6.3 Générateurs d'alimentation auxiliaires.....	100
6.4 Durée de mission des générateurs de secours et auxiliaires	101
6.5 Combustible et systèmes de support pour les générateurs de secours et auxiliaires	101

6.6	Basculement de la source de génération d'énergie électrique	102
6.7	Dispositifs programmables	103
6.8	Classement des équipements électriques	104
6.9	Systèmes de séquençage des charges	104
6.10	Exigences relatives au système de contrôle-commande d'une installation nucléaire.....	105
6.11	Systèmes de démarrage automatique d'une installation	105
6.12	Systèmes de démarrage manuel du générateur	106
6.13	Câbles d'alimentation.....	106
6.14	Transformateurs de puissance	107
6.15	Alimentation des systèmes de déclenchement et de fermeture des disjoncteurs	107
6.16	Conception du système de mise à la terre et de protection contre la foudre	108
7	Maintenance des équipements électriques.....	108
8	Vieillessement des équipements électriques	110
9	Surveillance d'état du système d'alimentation électrique.....	111
10	Essais périodiques des équipements électriques	111
11	Mise en service d'équipements et de systèmes électriques.....	113
	Bibliographie.....	114
	Figure 1 – Schéma unifilaire type du système d'alimentation d'une centrale nucléaire.....	75
	Figure 2 – Schéma unifilaire type du système d'alimentation électrique des installations nucléaires autres que les NPP.....	76
	Figure 3 – Schéma unifilaire type du système d'alimentation d'un SMR.....	77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS NUCLÉAIRES – SYSTÈMES D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE – SYSTÈMES D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE INTERRUPTIBLES EN COURANT ALTERNATIF

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 63272 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. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
45A/1528/FDIS	45A/1544/RVD

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

La présente Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 63046.

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

INTRODUCTION

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

Le présent document a pour objet de fournir les exigences générales pour la conception d'un système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif interne dans le cadre du réseau général de distribution électrique d'une installation nucléaire.

Le système d'alimentation interruptible en courant alternatif interne prend en charge l'ensemble des fonctions d'exploitation de l'installation, y compris les systèmes de sûreté de l'installation. Cela inclut les réseaux de distribution électrique classés de sûreté qui fournissent des alimentations interruptibles pour prendre en charge les systèmes de sûreté de l'installation. Le document ne couvre pas les exigences relatives aux raccordements au réseau de la centrale nucléaire qui font l'objet d'une norme distincte. Le document ne couvre pas les exigences relatives aux alimentations sans interruption qui sont définies dans l'IEC 61225.

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

Le présent document est un document de deuxième niveau qui traite spécifiquement du sujet particulier des exigences relatives aux alimentations électriques.

Pour plus d'informations sur la structure de la **collection** de normes du SC 45A de l'IEC, voir le point d) de la présente introduction.

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

Le présent document définit les exigences que doit respecter un concepteur d'installations électriques afin d'établir la conception de l'alimentation électrique interruptible en courant alternatif pour les installations nucléaires. Le présent document est utilisé conjointement avec la norme de premier niveau IEC 63046.

Les exigences relatives aux alimentations sans interruption sont définies dans la norme de deuxième niveau IEC 61225.

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

La collection de normes de l'IEC SC 45A est structurée en quatre niveaux. Les documents de niveau supérieur dans la collection de normes de l'IEC SC 45A sont l'IEC 61513 et l'IEC 63046.

L'IEC 61513 établit les exigences générales relatives aux matériels et systèmes d'I&C utilisés pour réaliser des fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires (NPP, *Nuclear Power Plant*). L'IEC 63046 traite des exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique des NPP; elle couvre les systèmes d'alimentation électrique y compris les alimentations des systèmes d'I&C.

L'IEC 61513 et l'IEC 63046 sont prises en compte ensemble et au même niveau. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 structurent la collection de normes de l'IEC SC 45A et forment un cadre complet qui établit les exigences générales relatives aux systèmes d'I&C et d'alimentation électrique des centrales nucléaires.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font directement référence à d'autres normes du SC 45A de l'IEC qui établissent les exigences générales relatives à des sujets spécifiques, 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, l'ingénierie des facteurs humains, la cybersécurité, les aspects logiciels et matériels relatifs aux systèmes numériques programmables, la coordination des exigences de sûreté et de sécurité, et la gestion du vieillissement. Il convient de considérer que ces normes, auxquelles il est fait référence à ce deuxième 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 pas citées en référence directement par les normes IEC 61513 ou IEC 63046, traitent des exigences particulières de matériels particuliers, de méthodes techniques ou d'activités. Généralement, ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les exigences générales, peuvent être utilisés de façon isolée.

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

Les normes de la collection du SC 45A de l'IEC mettent en œuvre de manière systématique et décrivent les principes de sûreté et de sécurité et les aspects fondamentaux donnés dans les normes de sûreté de l'AIEA pertinentes pour les centrales nucléaires, ainsi que dans les documents pertinents de la collection de l'AIEA pour la sécurité nucléaire (NSS). Cela concerne en particulier le document d'exigences SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires (NPP), le Guide de sûreté SSG-30 de l'AIEA qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des NPP, le Guide de sûreté SSG-39 de l'AIEA qui traite de la conception des systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande des NPP, le Guide de sûreté SSG-34 de l'AIEA qui traite de la conception des systèmes d'alimentation électrique des NPP, le Guide de sûreté SSG-51 de l'AIEA qui traite de l'ingénierie des facteurs humains lors de la conception des NPP et le guide de mise en œuvre NSS42-G qui traite de la sécurité informatique pour les installations nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées pour la sûreté et la sécurité dans les normes établies 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 la publication fondamentale de sécurité IEC 61508, avec un cycle de vie d'ensemble et un cycle de vie des systèmes. En ce qui concerne la sûreté nucléaire, les normes IEC 61513 et IEC 63046 donnent 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 cadre, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566 correspondent à la partie 3 de l'IEC 61508 pour le secteur nucléaire.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font référence à la norme ISO 9001, ainsi qu'aux documents AIEA GSR partie 2 et IAEA GS-G-3.1 et IAEA GS-G-3.5 pour ce qui concerne l'assurance qualité (QA).

Au deuxième niveau, en ce qui concerne la sûreté nucléaire, la norme IEC 62645 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur la cybersécurité. Elle se fonde sur les principes pertinents de haut niveau et sur les concepts principaux des normes génériques de sûreté, en particulier l'ISO/IEC 27001 et l'ISO/IEC 27002; elle les adapte et les complète pour qu'ils deviennent pertinents pour le secteur nucléaire; elle est coordonnée étroitement avec la série de normes IEC 62443. Au deuxième niveau, la norme IEC 60964 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC applicables aux salles de commande, la norme IEC 63351 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC applicables à l'ingénierie des facteurs humains et la norme IEC 62342 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC applicables à la gestion du vieillissement.

NOTE 1 On considère que pour la conception des systèmes d'I&C qui mettent en œuvre des fonctions de sûreté conventionnelle dans les NPP (par exemple, pour assurer la sécurité des travailleurs, la protection des biens, la prévention contre les risques chimiques, la prévention contre les risques liés au procédé énergétique), des Normes nationales ou internationales sont appliquées.

NOTE 2 L'IEC TR 63400 donne une description plus complète de la structure globale de la **collection** de normes du SC 45A de l'IEC, ainsi que ses relations avec les autres organismes de normalisation et les autres normes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63272:2024

INSTALLATIONS NUCLÉAIRES – SYSTÈMES D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE – SYSTÈMES D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE INTERRUPTIBLES EN COURANT ALTERNATIF

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les caractéristiques de performances et les caractéristiques fonctionnelles des systèmes d'alimentation électrique interruptibles en courant alternatif interne et s'applique aux nouvelles installations nucléaires et aux systèmes d'alimentation électrique interruptibles en courant alternatif internes nouvellement installés ou mis à niveau.

Les exigences de conception spécifiques aux composants du système d'alimentation électrique sont définies dans les normes IEC citées dans les références normatives et ne relèvent pas du domaine d'application de la présente norme.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60038, *Tensions normales de l'IEC*

IEC 60076 (toutes les parties), *Transformateurs de puissance*

IEC 60076-1, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 60709:2018, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation, de contrôle et d'alimentation électrique importants pour la sûreté – Séparation*

IEC 60909 (toutes les parties), *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif*

IEC 61000 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM)*

IEC 61000-4 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Techniques d'essai et de mesure*

IEC 61226, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation, de contrôle et d'alimentation électrique importants pour la sûreté – Catégorisation des fonctions et classification des systèmes*

IEC 61439 (toutes les parties), *Ensembles d'appareillage de commutation et de commande basse tension*

IEC 62003, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation, de contrôle et d'alimentation électrique – Exigences relatives aux essais de compatibilité électromagnétique*

IEC 62271 (toutes les parties), *Appareillage de commutation et de commande haute tension*

IEC 62305 (toutes les parties), *Protection contre la foudre*

IEC 62671, *Centrales nucléaires – Instrumentation et contrôle importants pour la sûreté – Sélection et utilisation de dispositifs numériques industriels à fonctionnalité limitée*

IEC 62855:2016, *Centrales nucléaires – Systèmes d'alimentation électrique – Analyse des systèmes d'alimentation électrique*

IEC 63046:2020, *Centrales nucléaires – Système d'alimentation électrique – Exigences générales*

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

IEC/IEEE 60980-344, *Installations nucléaires – Équipements importants pour la sûreté – Qualification sismique*

IEC/IEEE 63332-387¹, *Installations nucléaires – Systèmes d'alimentation électrique: groupes électrogènes diesel utilisés comme sources d'alimentation de secours*

IAEA Safety Report 91, *Impact of Open Phase Conditions on Electrical Power Systems of Nuclear Power Plants* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

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

NOTE Pour les termes non définis ci-dessous, se référer au Guide de sûreté AIEA SSG-34 et au Guide de sûreté AIEA SSG-39 de l'AIEA.

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

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

3.1

alimentation auxiliaire

générateur réservé à l'alimentation de la centrale en cas de perte totale des sources non secourues par batteries (perte totale des alimentations électriques de la centrale) et d'autres conditions additionnelles de dimensionnement

[SOURCE: IAEA SSG-34:2016, modifié - Cette source existe en anglais seulement.]

¹ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC/IEEE FDIS 63332-387:2024.

3.2

circuit associé

circuit de classe de sûreté inférieure qui n'est pas physiquement séparé ou électriquement isolé du ou des circuits de classe supérieure par des distances de séparation acceptables, par des structures de classe de sûreté, des barrières ou des dispositifs d'isolement électrique, mais qui satisfait aux critères de sûreté appropriés

Note 1 à l'article: Les circuits comprennent les câblages d'interconnexion et les charges connectées.

[SOURCE: IEC 60709:2018, 3.1, modifié – Remplacement d'"appareils" par "dispositifs".]

3.3

défaillance de cause commune

défaillance de plusieurs structures, systèmes ou composants due à un événement ou à une cause unique

Note 1 à l'article: Les causes communes peuvent être internes ou externes au système d'I&C.

Note 2 à l'article: La définition de l'IEC diffère de celle de l'AIEA comme suit:

- 1) Le terme "spécifique" a été supprimé car autrement la définition de DCC n'aurait pas été compatible avec celle de MDC "Mode de défaillance commun". De plus, ce terme supplémentaire n'est pas nécessaire pour comprendre la définition.

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022, modifié – Le terme "spécifique" a été supprimé.]

3.4

défense en profondeur

mise en place hiérarchisée de différents niveaux d'équipements et de procédures variés pour prévenir la multiplication des incidents de fonctionnement prévus et maintenir l'efficacité des barrières physiques placées entre une source de rayonnements ou des matières radioactives et les travailleurs, les personnes du public ou l'environnement, dans différentes conditions de fonctionnement et, pour certaines barrières, dans des conditions accidentelles

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.5

base de conception

éventail des conditions et des événements pris explicitement en considération dans la conception des structures, systèmes et composants et du matériel d'une installation, conformément aux critères fixés, de façon que l'installation puisse y résister sans dépassement des limites autorisées

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.6

conditions additionnelles de dimensionnement

conditions accidentelles postulées non considérées comme des accidents de dimensionnement mais prises en compte 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

Note 1 à l'article: Les conditions additionnelles de dimensionnement comprennent les conditions des événements sans dégradation sensible du combustible et les conditions des événements avec fusion du cœur du réacteur.

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.7

diversité

présence de plusieurs systèmes ou composants indépendants (redondants) pour l'accomplissement d'une fonction déterminée, lorsque ces différents systèmes ou composants possèdent des attributs différents afin de réduire le risque de défaillance de cause commune, y compris de défaillance de mode commun

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.8

division

collection d'articles formant, avec leurs interconnexions, une redondance d'un système redondant ou d'un groupe de sûreté

Note 1 à l'article: Les divisions peuvent comporter de multiples circuits.

Note 2 à l'article: Dans le contexte du présent document, la "division" inclut un système ou un ensemble de composants donné qui permet d'établir et de maintenir l'indépendance physique, électrique et fonctionnelle vis-à-vis des autres ensembles de composants redondants.

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022, modifié – Ajout d'une nouvelle Note 2 à l'article.]

3.9

gestionnaire de réseau électrique

organisation qui exploite le réseau électrique, qui peut être soit le gestionnaire de réseau de transport, soit le gestionnaire de réseau de distribution selon la partie considérée du réseau électrique

[SOURCE: IEC 63298:20—, 3.4]

3.10

perturbations électriques

ensemble des phénomènes perturbateurs qui font que la tension, le courant ou le profil de fréquence du réseau s'écartent de ses caractéristiques nominales

Note 1 à l'article: Les perturbations électriques peuvent également générer des perturbations électromagnétiques qui peuvent avoir une incidence sur le système d'alimentation électrique en courant alternatif.

3.11

isolement électrique

isolement électrique utilisé pour empêcher les défaillances électriques d'un système d'affecter les systèmes connectés.

Note 1 à l'article: L'isolement électrique gère ou empêche les interactions néfastes entre le matériel et les composants, causées par différents facteurs comme les brouillages électromagnétiques, la récupération électrostatique, les courts-circuits, les circuits ouverts, la mise à la terre ou l'application de la tension plausible maximale.

[SOURCE: IAEA SSG-34:2016, modifié - Cette source existe en anglais seulement.]

3.12

système d'alimentation électrique

système assurant la production, la transmission et la distribution et qui alimente les fonctions pour faire fonctionner les équipements de l'installation (pompes, vannes, réchauffeurs, etc.) et les systèmes d'I&C

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.12, modifié – Suppression de la Note 1 à l'article et de la Note 2 à l'article.]

3.13**basculement de source électrique**

basculement d'une source d'alimentation électrique initiale à une source d'alimentation de secours lorsque la source d'alimentation électrique initiale ne satisfait pas aux exigences de performances du système d'alimentation électrique

Note 1 à l'article: Ce basculement peut être déclenché de manière manuelle ou automatique.

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.15, modifié – Suppression de "(de manière automatique ou manuelle)" dans la définition, et modification de la Note 1 à l'article.]

3.14**qualification d'équipement**

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 et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.15**îlotage**

régime de fonctionnement d'une centrale nucléaire, sans couplage au réseau, et dont l'énergie produite n'alimente que ses propres auxiliaires électriques

[SOURCE: IEC 62855:2016, 3.2, modifié – Terme "fonctionnement en régime îloté" remplacé par "îlotage", et remplacement de "régime d'exploitation" par "régime de fonctionnement" et de "l'énergie" par "la puissance".]

3.16**système d'I&C**

système exécutant des fonctions d'I&C ainsi que des fonctions de service et d'affichage liées au fonctionnement du système lui-même. Sa technologie est électrique et/ou électronique et/ou électronique programmable

Note 1 à l'article: Le terme est utilisé comme terme général comprenant tous les éléments du système, tels que les alimentations électriques, les capteurs et autres dispositifs d'entrée, les bus de données et autres chemins de communication, les interfaces vers les actionneurs et autres dispositifs de sortie. Les différentes fonctions d'un système peuvent utiliser des ressources dédiées ou partagées.

[SOURCE: IEC 61513:2011, 3.29, modifié – Suppression des Notes 1 à 3 à l'article.]

3.17**indépendance**

condition qui existe lorsque la réalisation avec succès de fonctions nécessaires d'un système ne dépend d'aucun comportement, y compris les défaillances et le fonctionnement normal, d'un autre système, ou d'aucun autre signal, ou donnée ou information provenant d'un autre système

[SOURCE: IEC 60709:2018, 3.13, modifié – Suppression de la Note 1 à l'article.]

3.18**système d'alimentation électrique interruptible**

alimentation de charges pour lesquelles un temps de coupure défini de l'alimentation ne compromet pas la mission de l'objectif de sûreté

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.22]

3.19

constituant important pour la sûreté

constituant faisant partie d'un groupe de sûreté et/ou dont le mauvais fonctionnement ou la défaillance pourrait entraîner une exposition à des rayonnements du personnel du site ou de personnes du public

Note 1 à l'article: Les constituants importants pour la sûreté comprennent:

- les structures, systèmes et composants dont le mauvais fonctionnement ou la défaillance pourraient entraîner une exposition indue à des rayonnements du personnel du site ou de personnes du public;
- les structures, systèmes et composants qui empêchent les incidents de fonctionnement prévus d'aboutir à des conditions accidentelles;
- les dispositifs de sûreté (pour les conditions additionnelles de dimensionnement);
- les dispositifs prévus pour atténuer les conséquences d'un mauvais fonctionnement ou d'une défaillance de structures, systèmes ou composants.

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.20

système de liaison à la terre IT

système de mise à la terre, où le neutre du transformateur n'est pas relié à la terre ou qui comporte une connexion à la terre à haute impédance

3.21

perte d'alimentation électrique

situation correspondant à une condition de manque de tension généralisé cumulé à la perte des alimentations de secours en courant alternatif diversifiées

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.24, modifié – Suppression de la Note 1 à l'article.]

3.22

perte totale des sources d'alimentation externes

perte simultanée de toutes les sources électriques externes sur tous les tableaux de sûreté de la centrale, exigeant le démarrage des sources internes de secours en courant alternatif puis la réalimentation des tableaux de sûreté (séquence de reprise diesel)

[SOURCE: IEC 62855:2016, 3.4, modifié – Suppression de la Note 1 à l'article.]

3.23

durée de mission

période de fonctionnement exigée pour les charges ou les sources électriques après l'initiation de conditions accidentelles, pendant laquelle l'équipement doit être capable de fonctionner dans les limites de ses critères d'acceptabilité pour les conditions d'exploitation spécifiées

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.26]

3.24

installation nucléaire

installation (y compris les bâtiments et équipements associés) dans laquelle des matières nucléaires sont produites, transformées, utilisées, manipulées, entreposées ou stockées définitivement

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.25**alimentation électrique privilégiée**

alimentation électrique allant du réseau de transport jusqu'au réseau électrique classé aux fins de la sûreté

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.26**conducteur de protection**

conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

Note 1 à l'article: Dans une installation électrique, le conducteur identifié PE est normalement aussi considéré comme un conducteur de mise à la terre de protection.

3.27**étude probabiliste de sûreté**

EPS

approche détaillée, structurée, utilisée pour élaborer les scénarios de défaillance, constituant un outil conceptuel et mathématique servant à établir des estimations chiffrées du risque

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.28**redondance**

mise en place de structures, systèmes et composants (identiques ou différents) supplémentaires, de sorte que chacun de ces éléments puisse remplir la fonction requise indépendamment de l'état de fonctionnement ou de défaillance des autres

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.29**résistance**

capacité d'un système d'alimentation à supporter les perturbations majeures du système d'alimentation, à y réagir et à récupérer après coup

3.30**robustesse du système d'alimentation électrique**

capacité du système d'alimentation électrique à accomplir ses missions de sûreté en résistant aux défaillances et aux perturbations électriques

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.39]

3.31**argumentaire de sûreté**

ensemble d'arguments et d'éléments d'information relatifs à la sûreté d'une installation ou d'une activité

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.32**classification de sûreté**

dans le contexte des centrales nucléaires, répartition dans un nombre limité de classes de sûreté des systèmes, des composants et des autres équipements sur la base de leurs fonctions et leur importance du point de vue de la sûreté

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.33

système de sûreté

<centrale nucléaire> système important pour la sûreté destiné à garantir la mise à l'arrêt sûr du réacteur ou l'évacuation de la chaleur résiduelle du cœur, ou à limiter les conséquences des incidents de fonctionnements prévus et des accidents de dimensionnement

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022, modifié – "cœur du réacteur" remplacé par "cœur".]

3.34

système de sûreté

<installations nucléaires autres que les NPP> système important pour la sûreté destiné à limiter les conséquences des incidents de fonctionnement prévus et les accidents de dimensionnement

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022, modifié – "destiné à garantir la mise à l'arrêt sûr du réacteur ou l'évacuation de la chaleur résiduelle du cœur".]

3.35

séparation

séparation physique des structures, des systèmes et des composants par une distance ou au moyen d'une forme de barrière pour réduire la probabilité de défaillances de cause commune

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.36

séparation

ensemble de dispositions qui minimise l'influence d'une entité sur une autre entité pour améliorer l'indépendance des entités

[SOURCE: IEC 60709:2018, 3.20]

3.37

critère de défaillance unique

SFC

critère (ou contrainte) appliqué à un système en vertu duquel ce dernier doit être capable de remplir sa fonction en cas de défaillance unique

Note 1 à l'article: L'abréviation "SFC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "single failure criterion".

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022]

3.38

source interne de secours en courant alternatif

source de puissance pouvant fournir, en cas de perte des sources externes et du générateur principal, la puissance nécessaire à l'alimentation des auxiliaires classés de sûreté lors d'incidents de fonctionnement prévus ainsi que lors de conditions accidentelles

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.48]

3.39**perte totale des alimentations électriques de la centrale**

état d'une centrale ayant perdu toute alimentation en courant alternatif provenant de sources hors site, du principal groupe électrogène et des sources d'alimentation de secours classées de sûreté des lignes connectant les appareillages électriques essentiels et non essentiels

[SOURCE: Glossaire de sûreté et de sécurité nucléaire de l'AIEA:2022, modifié – Ajout de la mention "classées de sûreté"]

3.40**gestionnaire de réseau de transport**

entité chargée de fournir et de gérer les réseaux de transport et de répartition d'électricité. Elle est également en charge de la sûreté du système avec un niveau élevé de qualité et de fiabilité

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.51]

3.41**système d'alimentation électrique sans interruption**

alimentation de charges exigées pour assurer la disponibilité fonctionnelle en cas d'indisponibilité de l'alimentation interruptible

Note 1 à l'article: Des charges spécifiques exigeant une stabilité à haute tension peuvent également être alimentées en puissance par le système d'alimentation électrique sans interruption.

Note 2 à l'article: Les charges types des systèmes d'alimentation électrique sans interruption sont les suivantes: vannes d'isolement, amortisseurs, systèmes d'I&C et de surveillance.

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.52]

4 Termes abrégés

CA	courant alternatif
IFP	incidents de fonctionnement prévus
CB (Circuit Breaker)	disjoncteur
DCC	défaillance de cause commune
CDD	conditions de dimensionnement
CC	courant continu
CAD	conditions additionnelles de dimensionnement
DSO (Distribution System Operator)	gestionnaire de réseau de distribution
EGO (Electric Grid Operator)	gestionnaire de réseau électrique (nom collectif recouvrant le GRT et le DSO)
EMI (Electromagnetic Interference)	brouillage électromagnétique
CGI	courant géomagnétique induit
HT	haute tension
I&C	instrumentation et contrôle-commande
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
IEC (International Electrotechnical Commission)	Commission électrotechnique internationale
IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)	Institut des ingénieurs en électricité et en électronique
LEP (Loss Of Electrical Power)	perte d'alimentation électrique
PTAE	perte totale des sources d'alimentation externes

BT	basse tension
NPP (Nuclear Power Plant)	centrale nucléaire
EPS	étude probabiliste de sûreté
SBO (Station Black-Out)	perte totale des alimentations électriques de la centrale
SFC (Single Failure Criterion)	critère de défaillance unique
SMR (Small Modular Reactor)	petit réacteur modulaire
THD (Total Harmonic Distortion)	taux de distorsion harmonique totale
GRT	gestionnaire de réseau de transport
ASI	alimentation sans interruption

5 Exigences du système

5.1 Exigences générales

Le présent document fait partie d'un corpus de normes couvrant la conception des systèmes d'alimentation électrique pour les installations nucléaires. Il s'agit d'une norme de deuxième niveau qu'il convient d'utiliser conjointement avec la norme de premier niveau IEC 63046 qui établit les exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique. Les autres normes de deuxième niveau du corpus sont l'IEC 62855 qui couvre les études des systèmes électriques, l'IEC 61225 qui couvre les systèmes d'alimentation électrique sans interruption, l'IEC/IEEE 63332-387 qui couvre les alimentations de secours et l'IEC 63298 qui couvre la coordination et l'interaction avec le réseau électrique.

Le présent document s'applique au système d'alimentation électrique pour toutes les installations nucléaires. Sont concernées les centrales nucléaires (NPP), y compris les petits réacteurs modulaires (SMR), ainsi que l'ensemble des installations nucléaires autres que les centrales nucléaires.

Le présent document définit les exigences relatives à la conception des systèmes d'alimentation électrique interruptibles en courant alternatif internes dans les installations nucléaires afin d'établir un système d'alimentation électrique robuste et fiable pour prendre en charge les éléments importants pour la sûreté de l'installation nucléaire. Le présent document couvre la conception architecturale du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif, depuis le poste réseau jusqu'aux différentes charges de l'installation nucléaire, et il inclut les équipements suivants:

- les transformateurs auxiliaires et de secours;
- le générateur principal et les systèmes de support;
- les générateurs de secours et les systèmes de support;
- les générateurs auxiliaires et les systèmes de support;
- les appareillages HT et BT;
- les transformateurs de distribution;
- le câblage d'alimentation;
- le câblage de commande pour les équipements électriques;
- la commande des appareillages et les alimentations de déclenchement;
- les systèmes de protection et de commande des appareillages.

Le domaine d'application du présent document pour les NPP est représenté à la Figure 1. Le domaine d'application du document pour une installation nucléaire autre qu'une NPP est représenté à la Figure 2. Le domaine d'application du document pour les SMR est représenté à la Figure 3.

Le présent document ne définit pas d'exigences détaillées pour la conception des éléments d'équipements électriques, comme les appareillages et les transformateurs, car ceux-ci sont couverts par des normes spécifiques pour la conception et la fabrication de ces éléments.

Le terme système de sûreté est utilisé pour s'appliquer à toutes les installations nucléaires. La définition 3.33 décrit les systèmes de sûreté pour les NPP et les SMR, selon la définition donnée dans le Glossaire de sûreté de l'AIEA. La définition 3.34 décrit les systèmes destinés à limiter les conséquences des incidents de fonctionnement prévus et des accidents de dimensionnement sur les installations nucléaires autres que les NPP.

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être conçu pour fournir de l'énergie afin d'alimenter l'ensemble des charges de l'installation nucléaire importantes ou non pour la sûreté. La fourniture d'alimentation aux systèmes non importants pour la sûreté ne doit pas compromettre la capacité du système d'alimentation à prendre en charge les systèmes de sûreté de l'installation nucléaire. Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif joue un rôle important dans la prise en charge de la sûreté de l'installation nucléaire. Il convient donc que la conception du système d'alimentation électrique soit robuste et qu'elle supporte les perturbations afin de s'assurer que les perturbations mineures du système n'entraînent pas une perte de puissance avec les systèmes exigés pour le fonctionnement et la mise à l'arrêt de l'installation nucléaire en toute sécurité.

Les exigences détaillées relatives à la conception des connexions du réseau aux NPP sont définies dans l'IEC 63298, qui couvre la coordination et l'interaction avec le réseau électrique.

Les exigences relatives à la conception des connexions du réseau aux installations nucléaires autres que les NPP sont également définies dans le présent document.

Les exigences relatives à la conception des systèmes d'alimentation électrique sans interruption (ASI) pour les installations nucléaires sont définies dans l'IEC 61225.

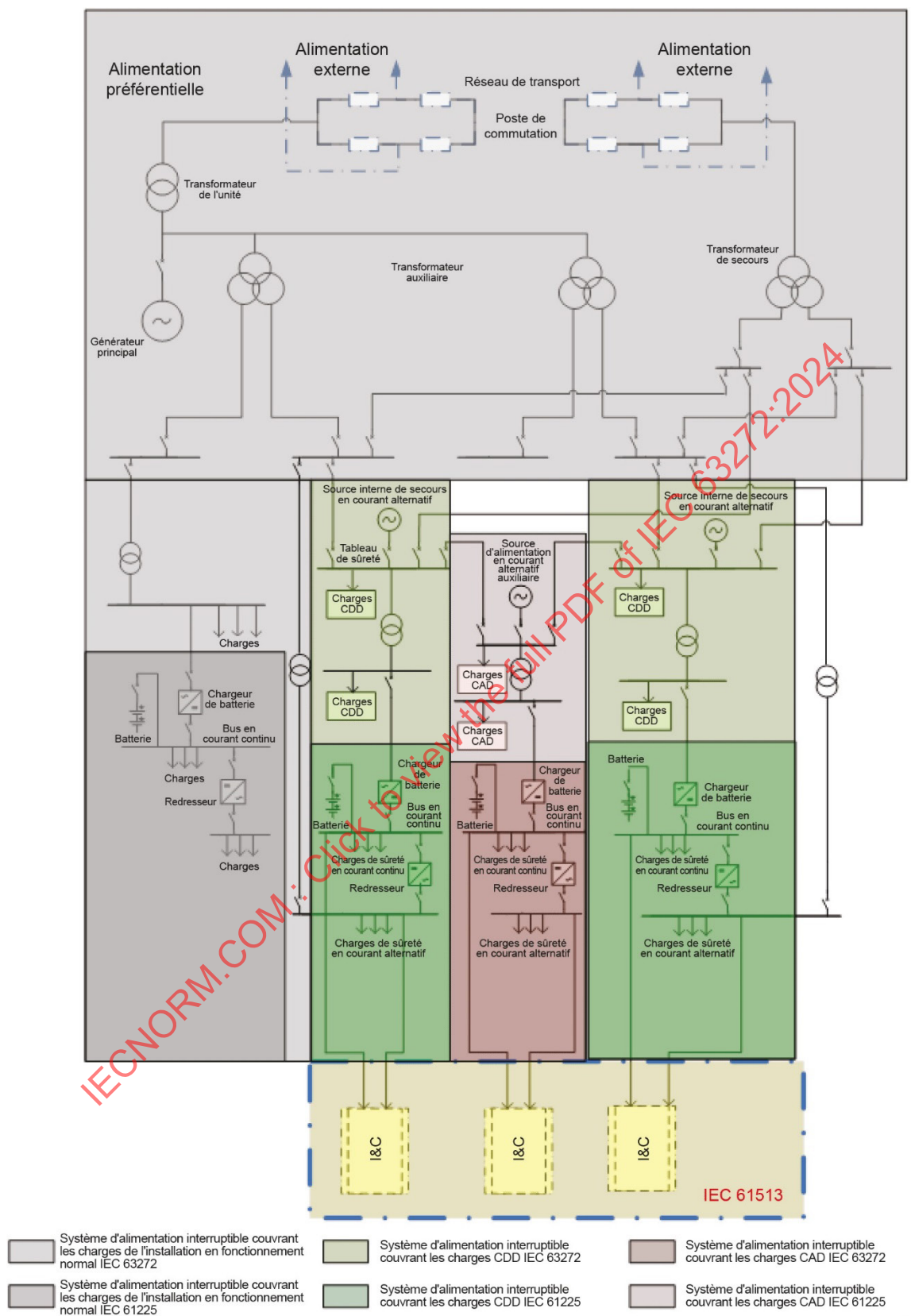
Les exigences relatives au fonctionnement et aux essais des générateurs diesel d'alimentation en courant alternatif de secours pour les installations nucléaires sont définies dans l'IEC/IEEE 63332-387.

Les exigences de qualification sismique pour les équipements électriques sont définies dans l'IEC/IEEE 60980-344.

Les classements de sûreté des différents sous-systèmes dans le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doivent être appliqués conformément aux exigences définies dans l'IEC 61226 et dans l'IEC 63046. Il convient ensuite d'établir les exigences de conception pour chaque partie du système conformément aux classements généraux de sûreté des installations nucléaires. Il convient que ces classements de sûreté déterminent les exigences relatives aux alimentations électriques des systèmes de sûreté de l'installation nucléaire. Il convient d'utiliser la classification de sûreté pour chaque partie du système d'alimentation afin de déterminer les exigences relatives à la fourniture de générateurs d'alimentation de secours et à la mise en œuvre de la diversité, de la séparation, de la ségrégation et de la redondance. L'équipement électrique doit être conçu avec une capacité de résistance aux chocs sismiques, conformément à sa classification de sûreté. L'équipement électrique doit être conçu pour fournir sa puissance assignée dans les conditions d'environnement extrêmes en fonctionnement normal et dans les conditions accidentelles définies dans la base de conception de l'installation nucléaire.

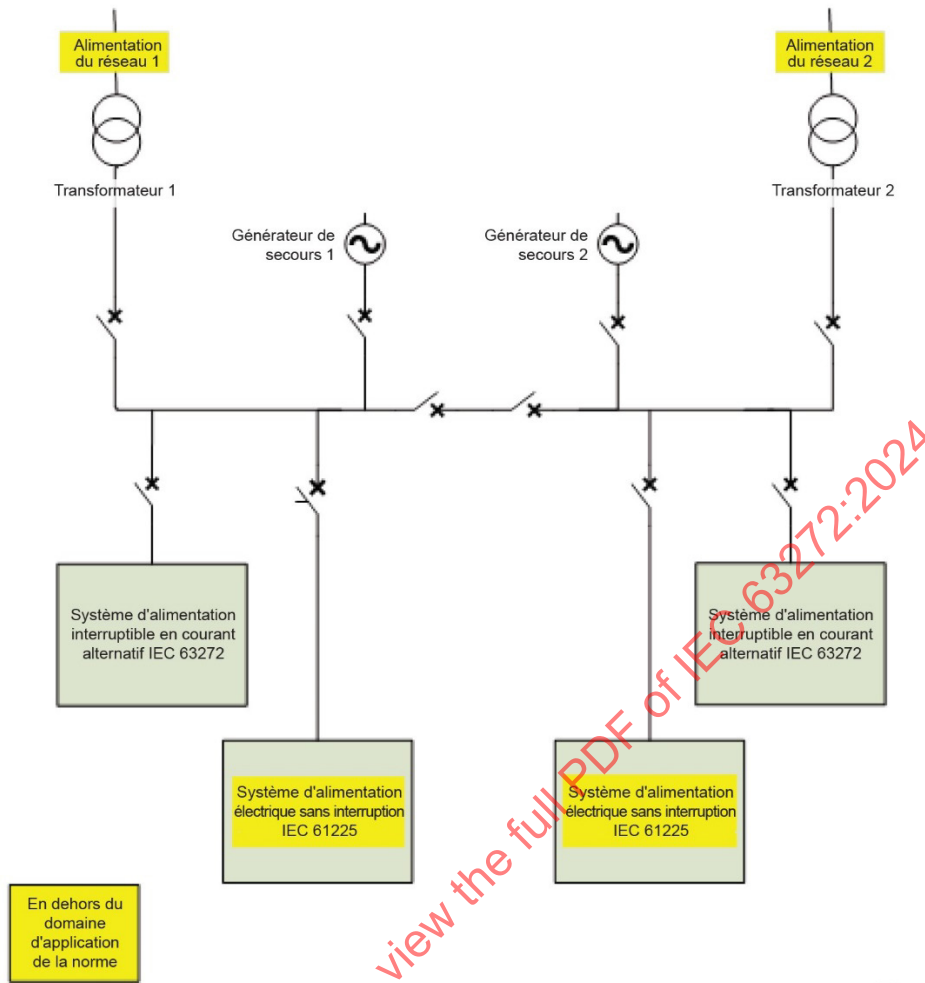
L'établissement d'un système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif robuste et fiable doit être soutenu par la conduite d'études analytiques conformément à la méthodologie définie dans l'IEC 62855. Il convient que ces études démontrent que le système d'alimentation interruptible en courant alternatif est stable à la suite de perturbations d'alimentation et de conditions de défaut électrique hypothétiques, tandis que l'installation nucléaire fonctionne dans tous les modes et conditions de fonctionnement définis. Il convient également qu'elles démontrent que l'ensemble des équipements électriques qui constituent le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif externe sont correctement dimensionnés pour remplir toutes les conditions de charge CDD et CAD pour l'installation nucléaire. Il convient également qu'elles démontrent la capacité du système d'alimentation électrique à supporter les conditions de défaut électrique maximales et les effets des perturbations du réseau électrique et du système d'alimentation des installations nucléaires.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63272:2024



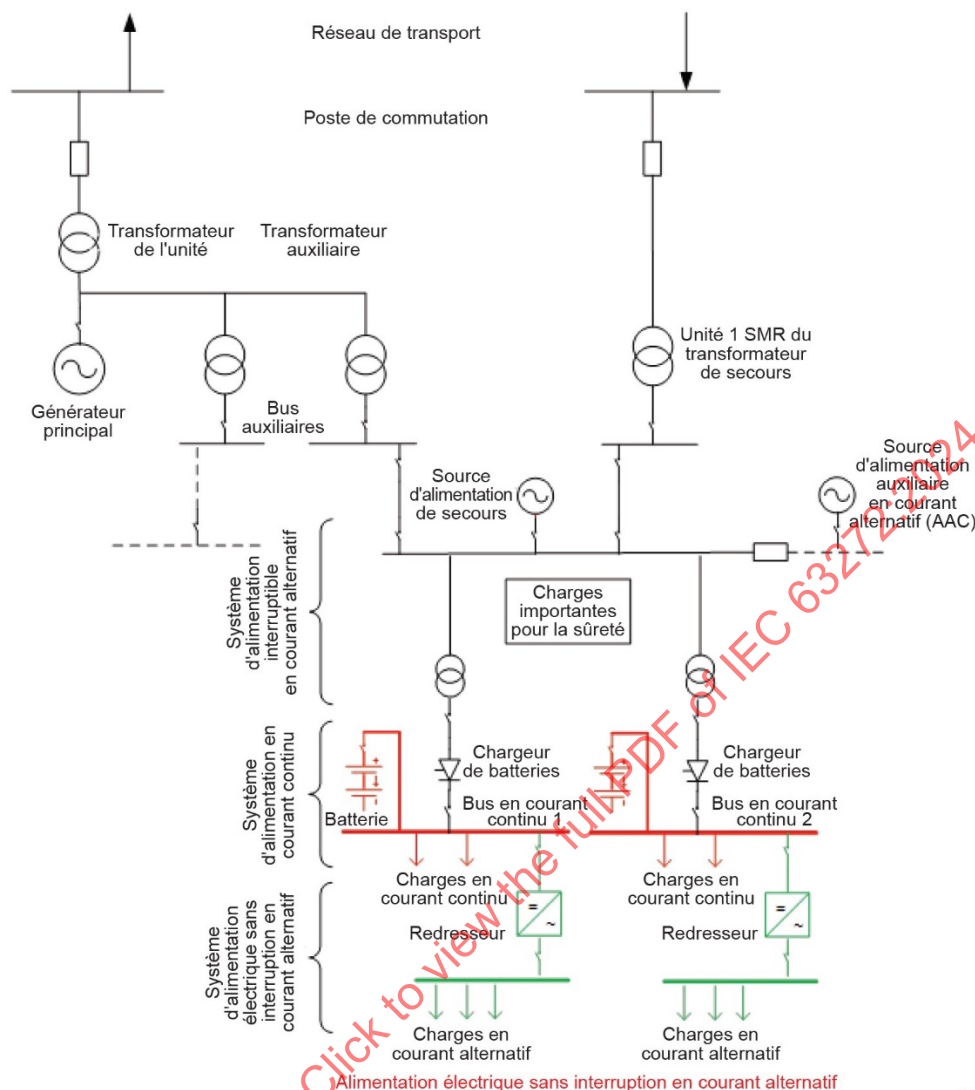
IEC

Figure 1 – Schéma unifilaire type du système d'alimentation d'une centrale nucléaire



IEC

Figure 2 – Schéma unifilaire type du système d'alimentation électrique des installations nucléaires autres que les NPP



IEC

Figure 3 – Schéma unifilaire type du système d'alimentation d'un SMR

La Figure 1 représente un schéma unifilaire type du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif pour une NPP. Cette figure représente une relation type entre le système d'alimentation interruptible en courant alternatif et le générateur principal, les connexions au réseau, les charges classées de sûreté, les charges non classées de sûreté et les systèmes ASI classés de sûreté. Elle montre également la structure divisionnaire des alimentations électriques dans une NPP, avec un générateur de secours spécifique qui alimente chaque division. Les systèmes ASI sont représentés comme étant alimentés en courant alternatif par le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif. Le générateur auxiliaire est représenté dans la Division 1 pour couvrir les événements de perte totale des alimentations électriques de la centrale. Il convient que la conception de la NPP spécifique fondée sur son évaluation de la sûreté détermine le nombre exigé de divisions, ainsi que les exigences de génération électrique de secours et de génération auxiliaire dans chaque division à la suite d'événements de perte totale des sources d'alimentation externes (PTAE), de perte totale des alimentations électriques de la centrale (SBO) et de perte d'alimentation électrique (LEP).

La Figure 2 représente un schéma unifilaire type du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif pour une installation nucléaire autre qu'une NPP. Il s'agit d'alimentations redondantes provenant d'une connexion au réseau externe et de générateurs d'alimentation de secours qui fournissent une alimentation de réserve aux charges sur le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif. Les systèmes ASI sont représentés avec les alimentations des générateurs d'alimentation de secours. La Figure 2 représente une configuration d'alimentation type interne et externe. Il convient d'utiliser l'argumentaire de sûreté de l'installation nucléaire et les exigences relatives aux alimentations des systèmes de sûreté pour déterminer la classification de sûreté du système. Les transformateurs d'alimentation entre le principal tableau de commutation de l'installation nucléaire et les charges de l'installation nucléaire n'ont pas été inclus dans la figure, car ils ne sont pas exigés pour toutes les applications. Les exigences relatives aux niveaux de tension varient d'une installation à l'autre et il convient de les déterminer en tenant compte des études sur les systèmes d'alimentation et de la puissance assignée des charges de fonctionnement pour l'installation nucléaire spécifique.

La Figure 3 représente une configuration pour un SMR équipé de systèmes de sûreté passifs. Il s'agit d'une configuration d'alimentation type, et il convient de déterminer la conception du système d'alimentation spécifique à la centrale à partir de l'argumentaire de sûreté du SMR.

Il convient que la configuration opérationnelle du système d'alimentation électrique comporte des dispositions relatives à la surveillance en ligne des équipements électriques. Il convient que cela facilite l'identification des défauts avant le déploiement des équipements tout en réduisant les cas de défaillance sur demande lorsque les équipements sont mis en service.

Le fonctionnement efficace du système dépend de l'établissement d'un système de protection électrique coordonné avec des réglages de relais de protection appropriés. L'IEC 63046 définit les exigences générales pour déterminer les réglages de protection à partir d'une étude du système d'alimentation électrique. La méthodologie utilisée pour réaliser des études du système et des études de la coordination du système est définie dans l'IEC 62855.

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être résistant à une gamme de perturbations du système électrique qui peuvent provenir de l'alimentation du réseau ou du système d'alimentation de l'installation nucléaire. La résistance du système d'alimentation aux perturbations du système électrique (foudre, conditions de défaut de court-circuit, perte d'une unité génératrice ou d'une ligne de transport d'électricité importante, etc.) doit être démontrée par des études du système conformément à la méthodologie définie dans l'IEC 62855.

Lorsque des modifications majeures sont apportées au système d'alimentation électrique, de nouvelles études de système d'alimentation doivent être réalisées afin de démontrer que la résistance de la conception du système d'alimentation modifié n'a pas été dégradée. Les études de système révisées doivent être réalisées avant de remettre l'installation en service.

La conception du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif interne doit être établie depuis les connexions au réseau entrantes jusqu'aux charges électriques de l'installation nucléaire. Les configurations de l'alimentation des différentes charges doivent être établies en s'appuyant sur différents facteurs, notamment:

- mise en charge des équipements;
- tension nominale de fonctionnement des équipements;
- plage de tensions de fonctionnement du système;
- plage de fréquences de fonctionnement du système;
- calculs du niveau de défauts de court-circuit du système;
- études de coordination de la protection;
- classification de sûreté;

- exigences relatives à la séparation divisionnaire;
- emplacement physique des équipements;
- conditions d'environnement attendues pendant les modes de fonctionnement et d'arrêt définis, ainsi que dans les conditions accidentelles.

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être la principale source d'alimentation pour le fonctionnement de l'installation nucléaire dans toutes les conditions CDD et CAD. Afin de respecter ses exigences de performances pour la fourniture d'une alimentation électrique fiable aux charges électriques de l'installation nucléaire, il convient d'adopter la configuration du système définie dans l'IEC 63046. Le système d'alimentation doit avoir la capacité de respecter les exigences de performances pendant la maintenance du système d'alimentation électrique principal/privilégié et des systèmes de support exigés pour le fonctionnement du système d'alimentation électrique. Il convient que les plans de maintenance et de surveillance définissent les exigences de maintenance de l'installation nucléaire, définissent les états admissibles de l'installation et les délais de remise en service afin de faciliter les activités de maintenance. Il convient que l'argumentaire de sûreté de l'installation confirme la capacité à effectuer des activités de maintenance sur le système d'alimentation tout en assurant l'absence de répercussions sur la sûreté de l'installation nucléaire.

5.2 Configuration du système électrique

La configuration du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être établie pour satisfaire à ses exigences de performances. Il convient de définir ces exigences de performances à partir de l'évaluation de la sûreté, comme cela est défini dans l'argumentaire de sûreté de l'installation nucléaire.

Il convient de tenir compte des différents niveaux de tension sur certaines parties du système d'alimentation électrique de l'installation nucléaire, selon le cas, pour respecter les exigences de puissance de charge afin d'optimiser les performances du système et de respecter les exigences de diversité des sources d'alimentation.

Des sources indépendantes de génération de puissance de réserve doivent être fournies pour répondre aux exigences de sûreté des installations nucléaires. Lorsque cela est défini par les évaluations de la sûreté, il convient de fournir différentes sources de puissance de réserve supplémentaires afin de soutenir les systèmes de sûreté.

Pour les installations dans lesquelles l'évaluation de la sûreté définit les exigences de rétablissement rapide des alimentations, il convient de mettre en œuvre des systèmes de basculement automatique entre les sources d'alimentation lors de la détection d'une perte de tension ou d'une dégradation de tension à un niveau inacceptable. Il convient que ces systèmes basculent l'alimentation sur les générateurs d'alimentation de secours et qu'ils isolent la source d'alimentation dégradée. Lorsqu'il est exigé de réduire la charge des générateurs d'alimentation de secours pour éviter une surcharge des générateurs, il convient que le système de basculement automatique élimine les charges et applique des reconnexion prioritaires pour l'alimentation des systèmes classés de sûreté ainsi que, si nécessaire, de tout autre système de l'installation. Il convient de mettre en œuvre des systèmes de basculement manuel entre les alimentations lorsque l'évaluation de la sûreté définit un délai suffisant pour effectuer le basculement manuel afin de rétablir les alimentations. Les systèmes de démarrage manuel ne doivent pas être mis en œuvre lorsque le rétablissement des alimentations est exigé en moins de 30 min.

La configuration des interconnexions pour la prise en charge des opérations de maintenance sur les installations nucléaires doit être contrôlée par des verrouillages physiques. Lorsque cela n'est pas possible, il convient d'utiliser des processus de contrôle de gestion.

Des schémas d'interverrouillage doivent être élaborés afin de protéger les connexions temporaires des divisions redondantes pendant les opérations de maintenance. La conception du schéma d'interverrouillage doit empêcher la connexion involontaire de divisions redondantes ou d'alimentations redondantes du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif qui pourrait entraîner une défaillance unique susceptible d'altérer la capacité du système d'alimentation électrique à exécuter sa fonction de sûreté définie.

Il convient que les processus de contrôle de gestion réduisent le risque de défaillance en incluant des recommandations et des processus de vérification pour contrôler le rétablissement de la configuration de fonctionnement correcte à l'issue de l'activité de maintenance. De plus, lorsque la conception prévoit des interconnexions entre les divisions ou les alimentations principales et de secours, des procédures complètes doivent être élaborées afin d'empêcher toute configuration du système susceptible d'introduire un défaut sur un système redondant affectant un autre système.

Pour les NPP, des divisions indépendantes doivent être prévues de sorte que le réacteur puisse être maintenu à l'état de sûreté pour toutes les conditions IFP, CDD et CAD. Les divisions doivent être indépendantes du point de vue électrique et physique, sans possibilité qu'une action ou qu'un défaut à l'intérieur d'une division puisse compromettre une autre division. Il convient que la seule exception admise soit pendant les activités de maintenance lorsque des interconnexions entre les divisions du réacteur et les alimentations redondantes peuvent être utilisées pour prendre en charge les opérations de maintenance de la NPP. La mise en œuvre des interconnexions doit être conditionnée par le respect des conditions suivantes:

- des dispositifs d'isolement appropriés sont fournis pour réduire le plus possible le risque qu'un défaut ou une perturbation dans une division dégrade les divisions redondantes;
- aucune charge du système d'alimentation en courant alternatif de la NPP ne peut être alimentée en parallèle à partir de sources d'alimentation distinctes dans différentes divisions électriques ou dans différentes alimentations redondantes;
- les systèmes interconnectés ont la capacité et les ressources adéquates pour supporter les charges dans les systèmes redondants. Des analyses doivent être effectuées pour démontrer la capacité du système d'alimentation à supporter les charges en fonctionnement normal ainsi que celles qui sont conçues pour démarrer automatiquement en réponse à un signal de demande associé au processus ou à une situation d'urgence.

Les systèmes interconnectés doivent comporter des dispositions appropriées pour protéger chaque système en cas de réception d'un signal d'urgence qui exige une mise à l'arrêt de la NPP en toute sécurité pendant les opérations de maintenance en ligne.

Il convient de fournir aux systèmes d'alimentation électrique interruptibles en courant alternatif des installations nucléaires autres que les NPP des alimentations redondantes lorsque celles-ci sont exigées pour satisfaire aux exigences de sûreté et de fonctionnement de l'installation nucléaire. L'argumentaire de sûreté doit définir les exigences de l'installation nucléaire à partir des résultats de l'évaluation de la sûreté.

5.3 Architecture des systèmes électriques interruptibles

L'architecture du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être élaborée dans le but d'alimenter les systèmes de sûreté de l'installation nucléaire dans toutes les conditions IFP, CDD et CAD, ainsi que les charges électriques exigées pour le fonctionnement de l'installation nucléaire dans tous les états opérationnels. Il convient de développer l'architecture du système d'alimentation électrique interruptible dans le cadre du système global d'alimentation de l'installation défini dans l'IEC 63046. Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit alimenter les charges électriques de l'installation nucléaire qui sont importantes pour la sûreté et celles qui ne le sont pas. Il doit également fournir de l'énergie pour recharger les batteries et alimenter les charges des batteries ainsi que les systèmes ASI dans toutes les conditions de fonctionnement et d'arrêt.

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit aider le système d'alimentation électrique à satisfaire aux exigences fonctionnelles de l'installation nucléaire dans les états de fonctionnement de l'installation suivants:

- fonctionnement normal;
- la mise à l'arrêt contrôlée de l'installation nucléaire et la mise à l'arrêt en toute sécurité sont intervenues après les événements hypothétiques évalués par l'analyse de sûreté;
- arrêt pour maintenance;
- arrêt permanent de l'installation nucléaire;
- démarrage de l'installation nucléaire.

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit aider le système d'alimentation électrique de la NPP à satisfaire aux exigences fonctionnelles de l'installation nucléaire dans les conditions de fonctionnement dégradées suivantes:

- perte totale des sources d'alimentation externes;
- perte totale des alimentations électriques de la centrale;
- incidents de fonctionnement prévus;
- conditions de dimensionnement;
- conditions additionnelles de dimensionnement.

La conception de l'architecture du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit tenir compte des exigences suivantes:

- défense en profondeur;
- défaillance de cause commune;
- critère de défaillance unique.

Les dispositions nécessaires pour satisfaire aux exigences ci-dessus doivent inclure une combinaison appropriée des éléments suivants:

- diversité;
- indépendance;
- qualité de l'alimentation;
- installations pour l'essai des équipements;
- séparation physique;
- redondance;
- robustesse;
- capacité de résistance sismique;
- dispositions relatives à l'alimentation de secours;
- dispositions relatives aux générateurs d'alimentation de secours;
- dispositions relatives aux générateurs d'alimentation auxiliaires;
- temps nécessaire pour démarrer les sources de génération d'énergie de secours;
- dispositions relatives à la séparation;
- méthodes d'installation;
- dispositions relatives à la protection électrique;
- dispositions relatives à la protection mécanique.

5.4 Alimentations externes

5.4.1 NPP

Le système d'alimentation en courant alternatif externe doit être constitué d'un poste réseau qui comporte des connexions au réseau de transport et à la NPP.

L'alimentation électrique privilégiée est l'alimentation fournie par le système de transport du réseau ou du générateur principal jusqu'au système d'alimentation classé de sûreté. Cette alimentation doit être constituée de l'alimentation du réseau à partir de l'interconnexion dans le poste de commutation, du générateur principal et du réseau de distribution jusqu'au système d'alimentation classé de sûreté.

L'alimentation électrique privilégiée du poste réseau doit fournir de l'énergie en courant alternatif à la NPP dans tous les modes de fonctionnement et dans tous les états de fonctionnement. Il convient qu'elle distribue l'énergie provenant du générateur principal de la NPP et de sa connexion au poste réseau par l'intermédiaire du transformateur auxiliaire. Pendant le fonctionnement en puissance, les charges importantes pour la sûreté et les charges auxiliaires non importantes pour la sûreté de la NPP doivent être alimentées par le générateur principal. Lorsque le générateur principal n'est pas disponible, il convient de fournir ces charges à partir du réseau électrique par l'intermédiaire des transformateurs auxiliaires et/ou de secours de l'alimentation électrique privilégiée.

Il convient que l'alimentation du poste réseau par le transformateur de secours fournisse une alimentation externe aux charges classées de sûreté de l'installation en cas de perte de l'alimentation du réseau principal.

Les SMR équipés de systèmes de sûreté passifs sont généralement conçus sans qu'une d'alimentation en courant alternatif importante pour la sûreté soit exigée pour assurer le maintien initial de l'installation à l'état contrôlé. Les SMR exigent généralement des alimentations en courant alternatif de Classe 2 définies dans l'IEC 61226 pour:

- maintenir l'installation dans un état sûr après une condition PTAE de courte durée;
- rétablir le réacteur d'un état contrôlé à un état sûr;
- fournir de l'énergie pour recharger les batteries sur les systèmes en courant continu;
- alimenter les systèmes I&C de la centrale qui sont importants pour la sûreté lors du maintien d'un état contrôlé pendant une longue période.

Les exigences de connexion au réseau pour les NPP doivent être établies à partir des recommandations définies dans l'IEC 63298 qui couvre les connexions de la NPP au réseau et les accords de connexion avec le gestionnaire de réseau de transport (GRT). Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif interne doit être conçu pour alimenter les charges de la NPP soit à partir du réseau par l'intermédiaire de l'alimentation électrique privilégiée, soit à partir des générateurs de secours internes.

Lorsque cela est exigé pour l'essai périodique en charge des générateurs de secours, des dispositions doivent être prises pour permettre le fonctionnement en parallèle des sources d'alimentation externes et internes sur une même division opérationnelle. Un seul générateur de secours doit être soumis à l'essai à la fois.

La conception du poste réseau et des connexions aux lignes de transport d'énergie associées doit être telle qu'elle réduit le plus possible le risque de condition de PTAE pour la NPP. La configuration des connexions de ligne de transport d'énergie au poste réseau de la NPP doit faire l'objet d'un accord entre l'opérateur de la NPP et le GRT.

La fréquence et la durée de l'état PTAE du réseau d'alimentation doivent être établies conjointement avec le GRT en tant qu'entrée dans l'étude probabiliste de sûreté (EPS) de la NPP.

Il convient que l'alimentation électrique privilégiée comporte les éléments suivants:

- l'alimentation électrique externe principale, qui est constituée du réseau de transport principal et de son poste de commutation réseau associé;
- l'alimentation externe de secours fournie par le poste réseau;
- le transformateur de l'unité et le transformateur auxiliaire connectés au poste réseau;
- le transformateur de secours connecté au poste réseau;
- le réseau de distribution jusqu'au système d'alimentation électrique interruptible classé de sûreté;
- le générateur principal et son disjoncteur associé.

Il convient que la conception physique de l'alimentation électrique privilégiée soit telle qu'elle réduise le plus possible la probabilité d'une défaillance d'équipement unique résultant d'un événement interne ou externe qui entraîne une perte de l'alimentation électrique des charges classées de sûreté sur le système d'alimentation interruptible en courant alternatif.

L'alimentation du poste réseau par le transformateur de secours doit être physiquement indépendante et électriquement séparée de l'alimentation du réseau principal. Il convient que ces caractéristiques de conception réduisent les risques de défaillance simultanée des connexions au réseau électrique principal et de secours dans toutes les conditions d'environnement et dans toutes les conditions hypothétiques de fonctionnement et d'accident.

Pour les conceptions de réacteurs qui n'exigent pas d'alimentations externes indépendantes, ce point doit être justifié par des évaluations de sûreté appropriées.

L'alimentation du réseau par le transformateur de secours doit avoir les caractéristiques suivantes:

- être disponible pour le fonctionnement;
- être en mesure de se connecter au réseau de distribution d'alimentation externe pour satisfaire à l'argumentaire de sûreté de l'installation en cas de défaillance de l'alimentation du réseau principal;
- comporter une alimentation de contrôle-commande indépendante de l'alimentation de contrôle-commande du réseau électrique principal.

Pour une installation nucléaire à plusieurs unités connectée par l'intermédiaire d'une alimentation préférentielle commune, il convient que la capacité de déconnexion d'une seule unité n'ait pas d'incidence sur la disponibilité du réseau d'alimentation externe pour les autres unités de l'installation nucléaire.

5.4.2 Installations nucléaires autres que les NPP

Il convient généralement que les installations nucléaires autres que les NPP comportent une alimentation principale et des alimentations de secours redondantes provenant du réseau externe. Il convient que les alimentations soient physiquement indépendantes afin de réduire les risques liés aux DCC. Il convient que les alimentations principale et de secours aient chacune la capacité d'alimenter les charges électriques de l'installation nucléaire dans toutes les conditions de fonctionnement. Lorsque cela est déterminé par l'évaluation de la sûreté de l'installation nucléaire, il convient que les systèmes d'alimentation principale et de secours bénéficient d'une séparation appropriée. Il convient de maintenir la séparation entre la connexion au réseau électrique et les différentes charges de l'installation.

Il convient que la mise en œuvre de la redondance, de la diversité et de la protection contre les DCC repose sur les classements de sûreté des charges des systèmes d'alimentation électrique.

Il convient que la configuration opérationnelle de l'installation nucléaire et que les dispositions de protection électrique empêchent qu'un premier défaut sur le système électrique n'entraîne une perte simultanée de l'alimentation électrique des charges principales et de secours de l'installation.

Il convient que les alimentations du réseau externe aient la capacité de fournir une alimentation électrique fiable pour respecter l'argumentaire de sûreté de l'installation nucléaire.

Il convient de tenir compte de la mise en place d'interconnexions entre les unités d'exploitation de l'installation nucléaire afin de fournir un réseau de distribution sur site pour connecter chaque unité d'exploitation au système d'alimentation externe. La conception des interconnexions doit empêcher un défaut sur l'une des unités d'exploitation de perturber l'alimentation des autres unités d'exploitation.

5.5 Système d'alimentation électrique classé de sûreté

5.5.1 NPP

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif pour les NPP doit inclure des alimentations classées de sûreté pour soutenir les systèmes de la centrale qui sont importants pour la sûreté. Cela doit inclure les alimentations pour les conditions IFP, CDD et CAD.

L'alimentation électrique des systèmes de l'installation importants pour la sûreté exige généralement une source de production d'électricité de secours pour supporter les charges classées de sûreté en cas de perte de l'alimentation électrique privilégiée. Les générateurs de secours doivent être conçus pour rétablir l'alimentation des systèmes de sécurité de la NPP connectés au système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif en cas de perte totale des sources d'alimentation externes. Les charges classées de sûreté doivent être reconnectées selon une séquence temporelle donnée conformément aux exigences définies dans l'argumentaire de sûreté de la NPP afin de s'assurer que les générateurs de secours fonctionnent dans les limites de conception opérationnelle de fréquence et de tension définies pendant le démarrage des charges.

Les exigences relatives à la fourniture d'une production d'énergie électrique de secours sur le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doivent être issues des évaluations de la sûreté qui déterminent les exigences relatives aux classements de sûreté des systèmes importants pour la sûreté. Il convient ensuite que cela détermine les classements de sûreté exigés pour les alimentations électriques de soutien.

Lorsqu'il est exigé de rétablir les alimentations en peu de temps pour des applications telles que les pompes de refroidissement ou les ventilateurs, il convient que des générateurs de secours internes démarrent automatiquement pour rétablir les alimentations. Il convient que les générateurs internes soient démarrés par la détection de conditions, comme une tension dégradée du tableau de commutation, des coupures de phase ou une faible fréquence du système de puissance. Il convient de fournir aux disjoncteurs une capacité de commutation automatique pour la déconnexion des alimentations dégradées. Il convient ensuite de mettre les tableaux de commutation sous tension par une connexion automatique aux générateurs de secours internes après le démarrage correct de ces derniers.

Il convient généralement de connecter automatiquement les charges en séquence après le rétablissement des alimentations. Il convient que le séquençage des charges soit conçu de manière à maintenir la fréquence et la tension dans les limites opérationnelles de fonctionnement prévues des générateurs de secours lorsqu'ils sont soumis aux courants de démarrage du moteur et aux courants d'appel. Il convient de démontrer la capacité des générateurs de secours à rétablir les alimentations dans la séquence définie par la réalisation d'études de système analytiques conformément à la méthodologie définie dans l'IEC 62855 et l'IEC/IEEE 63332-387.

Lorsqu'une interruption plus longue des alimentations peut être tolérée, généralement pour les systèmes de classe de sûreté inférieure, il convient de rétablir les alimentations par le biais de systèmes de basculement classés de sûreté ou par le démarrage manuel de moteurs et la commutation des alimentations. Il convient de n'effectuer aucune intervention humaine pendant 30 min à compter de l'enclenchement du système de sûreté. Il convient de définir le temps de rétablissement exigé en fonction des exigences de sécurité fonctionnelle définies dans l'argumentaire de sûreté de la NPP. Il convient d'installer en permanence dans le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif les générateurs de secours exigés pour atténuer les conséquences des événements pris en compte dans l'analyse de la sûreté sur les systèmes de Classe 1 selon l'IEC 61226.

Il convient que les évaluations de la sûreté des NPP tiennent compte des mesures prises pour supporter les conditions SBO et LEP. Dans les applications où les évaluations de sûreté définissent une exigence, des sources d'alimentation en courant alternatif auxiliaires doivent être installées dans le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif.

Il convient de préférence d'installer en permanence les sources d'alimentation exigées pour les systèmes de sûreté de classe inférieure, mais des générateurs mobiles peuvent être utilisés lorsque des évaluations de la sûreté justifient leur utilisation. Il convient que les générateurs mobiles soient spécifiques à la fonction et qu'ils soient connectés au moyen d'un appareillage de connexion adapté au système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif. Il convient de disposer d'un délai suffisant pour le transport et la connexion du générateur mobile au point de connexion, conformément à l'argumentaire de sûreté de la NPP. Il convient que les générateurs mobiles disposent d'une capacité suffisante pour démarrer et fournir une alimentation continue aux charges spécifiques du système de sûreté de la NPP afin de maintenir la sûreté de la NPP après un événement impliquant une LEP.

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être conçu de façon à s'assurer que les générateurs de secours alimentent uniquement les charges de la classe de sûreté définie afin d'empêcher qu'ils ne soient surchargés en raison du fonctionnement des charges de classe de sûreté inférieure. Lorsque des charges de classe de sûreté inférieure sont conçues pour être alimentées par le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif de la classe de sûreté définie, il convient de prendre les mesures appropriées pour protéger l'intégrité du système de classe supérieure contre toute incidence liée au système de classe inférieure. Les mesures appropriées incluent les suivantes:

- déconnexion automatique du système de classe inférieure avant la connexion du générateur de secours au jeu de barres du système classé de sûreté;
- conception des alimentations électriques du système de classe inférieure conformément aux exigences du système de classe supérieure et mise à disposition d'une capacité suffisante dans le générateur de secours pour alimenter les charges du système de classe inférieure;
- mise à disposition de dispositifs de séparation électrique appropriés classés de sûreté à l'interface avec le système de classe inférieure, et mise à disposition d'une capacité adéquate dans le générateur de secours pour alimenter les charges de classe inférieure.

5.5.2 Installations nucléaires autres que les NPP

Pour les installations nucléaires autres que les NPP, il convient de fournir des générateurs d'alimentation de secours pour soutenir les systèmes de l'installation nucléaire importants pour la sûreté, comme cela est déterminé par les évaluations de la sûreté dans l'argumentaire de sûreté de l'installation nucléaire. Il convient que les générateurs d'alimentation de secours aient la capacité de fournir une alimentation de secours, le cas échéant, aux charges principales et de secours classées de sûreté définies afin de soutenir les systèmes de l'installation nucléaire importants pour la sûreté.

Les dispositions relatives au démarrage manuel ou automatique pour le raccordement des générateurs de secours aux charges de l'installation nucléaire doivent être déterminées en fonction du temps exigé pour rétablir l'alimentation des charges de sûreté, comme cela est défini dans l'argumentaire de sûreté de l'installation nucléaire. Lorsque les générateurs de secours sont démarrés manuellement, il convient que l'argumentaire de sûreté de l'installation nucléaire laisse suffisamment de temps aux opérateurs pour démarrer le générateur, effectuer les opérations de commutation et démarrer les systèmes de l'installation nucléaire importants pour la sûreté. Il convient de n'effectuer aucune intervention humaine pendant 30 min à compter de l'enclenchement du système de sûreté.

5.6 Système d'alimentation électrique non classé de sûreté

Le système d'alimentation interruptible en courant alternatif inclut généralement des alimentations non classées de sûreté qui sont exigées pour le fonctionnement normal de l'installation nucléaire et toutes les conditions IFP. L'indisponibilité de ces alimentations peut compromettre le fonctionnement fiable, et il convient de tenir compte de cet aspect lors de la détermination des procédures et du programme de maintenance de l'installation nucléaire. Il convient de tenir compte de l'incidence de ces alimentations sur les systèmes importants pour la sûreté lors de la détermination de la charge électrique globale de l'installation nucléaire, de la stabilité transitoire et de la possibilité que des défauts sur ces systèmes dégradent les systèmes classés de sûreté de l'installation nucléaire. Il convient que la conception du système non classé de sûreté assure l'absence d'incidence négative sur la disponibilité des alimentations pour les systèmes classés de sûreté de l'installation nucléaire.

5.7 Limites de fonctionnement du système d'alimentation électrique

5.7.1 Généralités

Le système d'alimentation électrique interruptible doit avoir la capacité de maintenir l'alimentation électrique des systèmes importants pour la sûreté en cas de perturbations internes et externes des alimentations. Les paragraphes suivants définissent les exigences de conception afin de fournir une protection contre les perturbations spécifiques.

5.7.2 Sous-tensions

Les sous-tensions sur les systèmes d'alimentation électrique peuvent être la conséquence de phénomènes transitoires et de défauts électriques. Des exemples sont donnés ci-après:

- perturbations du réseau;
- perturbations électriques dues aux défauts de court-circuit dans l'installation nucléaire;
- réaccélération des moteurs à la suite de perturbations du système électrique;
- démarrage de moteurs et de groupes de moteurs;
- combinaisons des éléments ci-dessus;
- courant d'appel du transformateur;
- événements de rupture de phase;
- dégradation progressive de la tension (manque de puissance réactive, incohérence dans la mise en charge et la génération d'énergie, etc.).

Les chutes de tension dues aux défauts électriques et aux courants de démarrage du moteur ne doivent pas:

- provoquer une dégradation ou entraîner une déconnexion permanente ou une interruption des charges d'exploitation classées de sûreté et non classées de sûreté;
- entraîner une opération de basculement de la source de génération électrique vers d'autres sources d'alimentation en courant alternatif externes ou internes avant l'expiration d'un délai défini;
- entraîner le déclenchement de la protection contre les surcharges.

Il convient d'atténuer le risque de conditions de basse tension inacceptables pendant le démarrage du moteur à partir de générateurs de secours ou auxiliaires, car cela peut avoir une incidence négative sur le fonctionnement des charges classées de sûreté sur le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif. Il convient d'envisager les mesures d'atténuation suivantes:

- mise en œuvre d'une séquence de démarrage de charge automatique avec des intervalles de temps adéquats pour les charges successives en fonction des caractéristiques de la charge et de la source d'alimentation et des résultats des évaluations de la sûreté;
- mise à disposition d'une capacité de puissance suffisante dans les générateurs d'alimentation de secours et auxiliaires pour respecter les exigences de charge, y compris la capacité de démarrer de grands moteurs;
- conception prudente du système d'alimentation pour réduire les chutes de tension.

5.7.3 Surtensions

Des surtensions peuvent se produire sous l'effet de phénomènes transitoires ou de défauts. Des exemples sont donnés ci-après:

- transitoires à hautes fréquences, comme les tensions de choc de foudre et de manœuvre;
- défauts à basses fréquences dus aux éléments suivants:
 - rejet de charge;
 - déclenchement du générateur;
 - îlotage;
 - transitoires provenant du générateur, comme une défaillance de la régulation automatique de la tension;
 - défauts monophasés vers la terre, lorsqu'un système de liaison à la terre IT est mis en œuvre;
 - puissance réactive générée dans les lignes de transport à haute tension faiblement chargées;
 - basculement de charges.

La foudre peut tomber sur des bâtiments situés dans l'installation nucléaire, à proximité de l'installation nucléaire, sur des lignes de transport d'énergie connectées et à proximité de lignes de transport d'énergie connectées. Cela peut causer des dommages considérables au système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif, ce qui peut compromettre la capacité du système d'alimentation électrique à alimenter les équipements qui fournissent les systèmes de sûreté et les systèmes d'exploitation de l'installation.

Il convient d'inclure les éléments suivants dans les dispositions de conception destinées à atténuer les conséquences des chocs de foudre:

- cages Faraday;
- réseaux de liaison équipotentielle de mise à la terre;
- transformateurs;
- blindage des câbles;
- disposition des câbles, etc.;
- protection contre les surtensions.

Lorsqu'elle est appliquée, il convient de fournir une protection contre les surtensions capable de protéger le système contre les surtensions plausibles les plus élevées à l'emplacement de l'installation nucléaire.

5.7.4 Capacité de transport du courant du système

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être capable de fournir tous les courants de démarrage exigés pour démarrer les moteurs de manière fiable dans le délai de démarrage prévu et sans altérer les autres parties du système en raison des chutes de tension induites par les courants de démarrage élevés. Toutes les configurations d'alimentation et de fonctionnement du système doivent disposer d'une capacité suffisante pour démarrer et exécuter toutes les charges connectées au système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif.

Toutes les sections du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doivent avoir la capacité de supporter les courants d'appel du transformateur. Ces courants ne doivent pas entraîner le fonctionnement de schémas de protection électrique entraînant une déconnexion des charges du système.

Toutes les parties du système d'alimentation doivent avoir la capacité de transport de courant ainsi que des marges de conception adéquates pour transporter en continu les courants thermiques maximaux calculés pendant tous les modes de fonctionnement aux températures ambiantes maximales de conception.

Le système d'alimentation électrique interruptible doit avoir la capacité d'alimenter toutes les charges de sûreté de l'installation par une connexion au réseau externe dans les limites de tension et de courant définies par le GRT en cas d'accident sur le site.

Toutes les parties du système d'alimentation doivent avoir la capacité d'acheminer les courants de court-circuit maximaux pendant la période de conception spécifiée pour permettre les déclenchements de protection électrique sans aucun effet néfaste sur la capacité de l'équipement à continuer d'exécuter sa fonction prévue après l'élimination d'un défaut.

5.7.5 Limites de fonctionnement en fréquence

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être conçu pour fonctionner dans les limites de fonctionnement en fréquence du réseau définies par le GRT. La capacité des charges de l'installation nucléaire à fonctionner en continu dans ces limites de fonctionnement doit être justifiée par les études des systèmes d'alimentation. Cette justification est exigée afin de démontrer la robustesse de la conception du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif pour supporter les perturbations de fréquence. Il convient que la justification démontre l'absence d'effet néfaste des perturbations de fréquence sur la capacité d'un équipement du système d'alimentation électrique interruptible à fonctionner de manière sûre et fiable.

Les générateurs de secours internes doivent être conçus de manière à maintenir la fréquence du système en régime permanent dans les limites de conception de l'équipement d'exploitation en conditions de fonctionnement normal. Les exigences de l'IEC/IEEE 63332-387 doivent être respectées. Il convient que les générateurs de secours maintiennent également la fréquence du système dans les limites définies dans des conditions anormales telles que le séquençage de la charge et le rejet de la charge. Il convient de justifier la capacité du système à fonctionner dans ces limites par la réalisation d'études des systèmes d'alimentation. Il convient que la justification démontre entre autres l'absence d'effets néfastes des variations de fréquence sur le fonctionnement des équipements de l'installation nucléaire lorsqu'ils fonctionnent à partir de générateurs de secours.

Les vitesses de variation de fréquence dues aux perturbations du système dans les limites définies par le GRT ne doivent avoir aucune incidence négative sur les équipements électriques. Tous les équipements doivent rester en fonctionnement pour assurer leur fonction de conception tout au long des perturbations de fréquence dans les limites de fonctionnement définies par le GRT.

Les systèmes d'alimentation électrique doivent être conçus pour assurer l'immunité contre les effets des transitoires rapides électriques. Il convient d'inclure dans les mesures adoptées le choix du matériel de commutation électrique approprié et, le cas échéant, la modélisation du système afin de démontrer la résistance du système d'alimentation électrique aux transitoires rapides.

5.7.6 Paramètres de fonctionnement du réseau

Pour les NPP, le GRT doit définir les paramètres de fonctionnement du réseau concernant la tension, la fréquence, le taux de variation de la fréquence et le comportement sur défauts du réseau, pour lesquels une NPP doit rester connectée au réseau. La démonstration doit tenir compte de l'évaluation de la sûreté du réacteur pour confirmer que la sûreté du réacteur n'est pas compromise par la connexion au réseau pendant le fonctionnement sur toute la plage de paramètres de fonctionnement du code de réseau du GRT. La capacité de la NPP à rester connectée et à fonctionner en toute sécurité dans les limites des perturbations électriques définies doit être indiquée dans l'argumentaire de sûreté de l'installation nucléaire en même temps que l'évaluation selon la discipline des études des défauts.

Pour l'ensemble des installations nucléaires, il convient que l'argumentaire de sûreté de l'installation démontre la capacité de tous les équipements électriques connectés au système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif à exécuter leur fonction de conception sur toute la plage de paramètres de fonctionnement définis par le GRT.

5.7.7 Brouillages électromagnétiques

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être conçu de manière à respecter les exigences de conception définies dans la série IEC 61000 afin de démontrer la résistance du système d'alimentation aux brouillages électromagnétiques (EMI).

Les essais de compatibilité électromagnétique visant à confirmer la résistance des composants électriques du système d'alimentation aux perturbations électromagnétiques doivent être réalisés conformément aux exigences définies dans l'IEC 62003 avant l'installation des composants électriques sur le site.

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être conçu pour réduire le plus possible le risque de perturbations sur le fonctionnement de l'installation nucléaire sous l'effet des perturbations électromagnétiques. Cela doit inclure la mise en œuvre de bonnes pratiques de conception, comme une installation robuste pour assurer une séparation adéquate des sources de perturbations électromagnétiques, la fourniture de dispositifs de mise à la terre conçus pour réduire le plus possible la propagation des perturbations électromagnétiques et s'assurer que les équipements électriques sont correctement conçus pour supporter les limites définies de propagation électromagnétique pour l'installation nucléaire.

Il convient d'établir de bonnes pratiques de conception pour atténuer les effets des EMI sur l'exécution des activités de conception suivantes:

- séparation des équipements et du câblage;
- choix et installation des câbles;
- blindage des câbles;
- blindage des bâtiments, des salles d'équipements et des panneaux électriques;
- conception des systèmes de mise à la terre pour l'installation nucléaire.

5.7.8 Courants géomagnétiques induits (CGI)

L'évaluation de la sûreté de l'installation nucléaire doit démontrer l'adéquation des mesures de protection contre le risque de CGI dans la conception de l'installation nucléaire. Le CGI de dimensionnement doit être défini dans le cadre de la justification, et l'argumentaire de sûreté doit démontrer l'adéquation des mesures de conception adoptées pour atténuer les effets des CGI.

5.7.9 Harmoniques

L'évaluation de la sûreté de l'installation nucléaire doit démontrer que les harmoniques générés par l'installation nucléaire interne et par les sources de réseau externes n'ont aucune incidence négative sur le fonctionnement fiable du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif. Des harmoniques peuvent être générés en interne sous l'effet des charges non linéaires comme les chargeurs de batteries, les alimentations à découpage, les variateurs de fréquence et les onduleurs qui peuvent tous contribuer au taux de distorsion harmonique totale (THD) du système d'alimentation. Il convient que l'analyse du THD prenne en compte la configuration d'alimentation la plus défavorable avec une faible puissance de court-circuit.

Une analyse harmonique doit être réalisée sur toutes les sources potentielles d'harmoniques afin de vérifier l'absence d'effet néfaste sur les systèmes de protection nucléaire et l'absence d'effets sur la température des équipements électriques du fait des distorsions harmoniques.

5.7.10 Tension et limites de fonctionnement du système

Il convient de choisir les niveaux de tension de fonctionnement du système en tenant compte de la capacité à alimenter les charges de l'installation nucléaire. Cela doit inclure la prise en compte de la disponibilité des équipements électriques pour fonctionner aux niveaux de tension choisis en ce qui concerne les niveaux de courant de fonctionnement et de courant de défaut du système.

Les niveaux de tension nominale pour alimenter toutes les parties du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doivent être conformes aux exigences de l'IEC 60038.

Il convient de choisir les niveaux de tension en tenant compte des exigences d'alimentation et de la coordination électrique. Il convient de tenir compte en particulier des facteurs suivants lors du choix des niveaux de tension appropriés:

- réduire le plus possible les pertes de puissance;
- maintenir les chutes de tension à un niveau acceptable lors du démarrage du moteur;
- éviter les niveaux de défaut élevés sur le système;
- disponibilité d'équipements électriques adaptés;
- éviter des nombres excessifs de niveaux de tension.

Les limites supérieure et inférieure de la tension de fonctionnement doivent être déterminées pour tous les équipements électriques installés sur le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif. Une analyse du système doit être entreprise pour déterminer les tensions de fonctionnement sur le système dans tous les modes de fonctionnement et à partir de toutes les sources d'alimentation. Il convient que cette analyse prenne en considération des événements tels que les transitoires dus, par exemple, aux courants de démarrage du moteur, aux courants d'appel du transformateur, aux schémas de basculement et au démarrage en séquence de charges importantes. Il convient de tenir compte de la longueur des câbles lors de la détermination des chutes de tension.

Le système d'alimentation électrique doit être conçu avec une enveloppe d'impédance qui permet de s'assurer que les niveaux de tension restent dans les limites des tolérances de fonctionnement dans l'ensemble des modes de fonctionnement.

5.8 Classification de sûreté

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif interne doit être classé de sûreté conformément aux exigences de l'IEC 61226. Cela exige l'application de classements de sûreté au système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif, conformément aux classements de sûreté appliqués aux systèmes alimentés par le système d'alimentation électrique.

Lorsqu'une charge de classe de sûreté inférieure est connectée à un tableau de commutation de classe de sûreté supérieure, l'une des dispositions suivantes doit être prise de sorte qu'un défaut sur le système de classe inférieure n'ait aucune incidence sur le fonctionnement du système de classe supérieure:

- l'isolement électrique doit être appliqué à l'alimentation du système de classe inférieure;
- les charges de classe de sûreté inférieure doivent être déclarées comme des circuits associés, comme cela est défini dans l'IEC 60709, et doivent satisfaire à l'ensemble des exigences de sûreté du circuit de classe supérieure auquel elles sont connectées. Lorsque la charge de classe inférieure est alimentée à partir d'un tableau de commutation pris en charge par la génération d'énergie de secours, soit la charge doit être prise en compte lors du calcul de la charge sur le générateur d'alimentation de secours, soit la charge de classe inférieure doit être automatiquement déconnectée lorsque le générateur de secours est en fonctionnement. Le matériel prévu pour déconnecter automatiquement les charges de classe inférieure doit avoir la même classification de sûreté que le système de classe de sûreté supérieure.

Les caractéristiques de conception des équipements classés dans chaque classification de sûreté doivent être clairement spécifiées. Ces exigences doivent comprendre notamment:

- les exigences de qualification de l'équipement;
- les exigences sismiques;
- les exigences de qualification des dispositifs programmables;
- les exigences en matière d'essais individuels de série.

La classification de sûreté des sections du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être déterminée conformément à l'IEC 61226 en fonction de la classification de sûreté des systèmes importants pour la sûreté qui sont alimentés.

Il convient généralement de ne pas alimenter les systèmes de classe de sûreté inférieure par un système d'alimentation de classe de sûreté supérieure, mais lorsque cela n'est pas réalisable dans la pratique en raison d'une complexité de conception accrue, il convient de prévoir un isolement électrique afin d'éviter qu'un défaut en aval n'ait une incidence sur le fonctionnement du système de classe supérieure situé en amont. Il convient que le système d'alimentation ait la capacité d'alimenter la charge de classe inférieure, à moins que les charges sur le système de classe inférieure ne soient automatiquement déconnectées dans les conditions de fonctionnement de référence. Il convient que les systèmes de déconnexion de ces charges relèvent de la même classe de sûreté que le système de classe de sûreté supérieure à partir duquel ils sont alimentés.

5.9 Qualification de l'équipement

Tous les équipements utilisés dans le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doivent être qualifiés selon les règles et normes spécifiques applicables aux équipements conformément à sa classification de sûreté. Cela doit s'appliquer à l'ensemble des opérations CDD et CAD afin de soutenir les systèmes de sûreté de l'installation nucléaire tout au long de leur durée de vie utile.

L'équipement doit être qualifié pour les caractéristiques électriques maximales pour lesquelles il doit fonctionner. Cette qualification doit démontrer la capacité de l'équipement à exécuter sa fonction de conception aux valeurs extrêmes des conditions d'environnement dans lesquelles l'installation nucléaire est conçue pour fonctionner.

Lorsqu'il est défini à partir de la base de conception de l'installation nucléaire, l'équipement doit être qualifié pour supporter les conditions qui peuvent survenir à la suite d'événements naturels pendant le fonctionnement de l'installation nucléaire. Les événements externes à prendre en compte sont les événements sismiques, les tempêtes solaires, les intempéries et les inondations. Les événements internes à prendre en compte incluent les incendies, les ruptures de canalisations et les défauts électriques.

L'équipement électrique installé sur le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être qualifié par un essai de type ou une analyse en combinaison avec les données d'essai de type afin de démontrer sa capacité à fonctionner au niveau de défaut maximal du système. L'expérience opérationnelle peut être utilisée à l'appui de la qualification de l'équipement, sous réserve de pouvoir démontrer que cela est pertinent pour l'utilisation suggérée de l'équipement. Cela doit inclure la qualification de la capacité à supporter les défauts électriques du système ainsi que la capacité des dispositifs de commutation à fonctionner pour résoudre les défauts électriques en fonction du niveau de défaut maximal du système.

Si nécessaire, l'essai de type de l'équipement doit être effectué conformément aux normes pertinentes, notamment IEC, afin de démontrer la capacité de l'équipement à exécuter ses fonctions assignées de fonctionnement dans des conditions d'environnement définies.

Les essais de type pour les équipements électriques installés sur des installations nucléaires doivent être vérifiés par un organisme d'essai certifié. Les essais doivent être réalisés sur des échantillons d'essai qui reproduisent la conception des équipements installés.

Le programme de qualification doit satisfaire aux exigences applicables définies dans les normes IEC/IEEE 60780-323, IEC 62271 (toutes les parties), IEC 60980-344, IEC 60909 (toutes les parties), IEC 60076 (toutes les parties), IEC 61000-4 (toutes les parties) et IEC 61439 (toutes les parties), respectivement.

Il convient que les essais de type couvrent les éléments suivants:

- capacité de tenue aux courts-circuits;
- capacité de commutation en cas de court-circuit;
- essais d'échauffement au courant assigné de fonctionnement;
- capacité diélectrique;
- capacité de résistance aux séismes (le cas échéant);
- essais de résistance au rayonnement (le cas échéant);
- essais de vibrations (le cas échéant);
- essais de vieillissement de l'équipement (le cas échéant);
- résistance mécanique;
- effets thermiques d'origine mécanique, par exemple roulements usés;
- essais de charge du générateur d'alimentation de secours au courant assigné et au courant de surcharge pour la durée de mission définie.

Lorsque des dispositifs programmables sont utilisés sur des systèmes d'alimentation électrique interruptibles en courant alternatif classés de sûreté, chaque dispositif doit être qualifié conformément aux exigences définies dans les normes de l'IEC applicables.

5.10 Séparation

La conception du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif classé de sûreté doit assurer une séparation physique entre les équipements de différentes divisions de sûreté redondantes sur les NPP.

Pour les équipements électriques des installations nucléaires autres que les NPP sur les systèmes d'alimentation principale et de secours, une séparation appropriée doit être fournie.

Pour toutes les installations nucléaires, il convient, dans l'argumentaire de sûreté, de tenir compte de la séparation physique et électrique entre les équipements de différents classements de sûreté ou entre les systèmes identiques qui fournissent des alimentations redondantes. Cela doit inclure la séparation entre les principaux composants électriques du système, y compris les appareillages et les transformateurs, et la séparation des voies de câbles électriques afin de protéger le système contre le risque de défaillance de cause commune.

La base de conception doit être établie pour démontrer la résistance de l'installation nucléaire aux risques identifiés comme les incendies, inondations, explosions, brouillages électromagnétiques, etc. Les exigences de séparation pour les équipements doivent être déterminées à partir de l'évaluation de la sûreté des exigences de protection de l'installation nucléaire pour atteindre la résistance de conception fondamentale définie. La norme de deuxième niveau IEC 60709 fournit des recommandations sur les différentes formes de séparation à adopter sur les installations nucléaires, par exemple:

- séparation par une distance;
- séparation structurelle;
- séparation des câbles et des structures de support de câble;
- séparation entre les alimentations redondantes;
- séparation divisionnaire des câbles redondants et des structures de support de câble;
- séparation des différentes classes de sûreté;
- séparation des câbles de signal et des câbles d'alimentation;
- séparation des câbles des tubes et des canalisations;
- installation de câbles au-dessus des tubes et des canalisations lorsque la séparation n'est pas possible.

L'IEC 60709 fournit des recommandations sur l'approche à adopter pour assurer une protection appropriée, ainsi que les exigences de justification des argumentaires de sûreté, lorsqu'il est exigé de réduire les distances de séparation en raison des facteurs d'aménagement dans l'installation nucléaire.

5.11 Redondance et critère de défaillance unique

La conception du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit inclure la mise en œuvre de la redondance des éléments d'équipements électriques. La mise en œuvre de la redondance doit permettre de s'assurer qu'aucune défaillance unique du système d'alimentation interruptible en courant alternatif ne doit entraîner la perte des parties redondantes de tout système important pour la sûreté. Il convient de déterminer le niveau de redondance dans la conception du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif à partir des évaluations de la sûreté et de le définir dans l'argumentaire de sûreté de l'installation nucléaire. Il convient que cela permette au système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif d'alimenter les systèmes importants pour la sûreté en cas de défaillance d'équipements et lors des opérations de maintenance prévues et non prévues pour remplir le critère de défaillance unique (SFC).

Le SFC définit que les systèmes importants pour la sûreté doivent exécuter l'ensemble des fonctions de sûreté exigées pour un événement de dimensionnement en présence des éléments suivants:

- toute défaillance détectable unique dans les systèmes importants pour la sûreté, en même temps que toutes les défaillances identifiables, mais non détectables;
- toutes les défaillances causées par une défaillance unique;
- toutes les défaillances et actions parasites du système qui provoquent ou sont causées par l'événement de dimensionnement exigent les fonctions de sûreté.

La défaillance unique peut survenir avant ou à tout moment pendant l'événement de dimensionnement pour lequel le système de sûreté doit fonctionner. Le SFC s'applique aux systèmes importants pour la sûreté, à commande automatique ou manuelle.

5.12 Capacité du système d'alimentation

Le système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif doit être conçu avec la capacité thermique et la puissance de court-circuit permettant de satisfaire aux exigences de charge des installations pour l'ensemble des modes de fonctionnement et des agencements d'alimentation électrique définis pour toutes les conditions de dimensionnement et les conditions additionnelles de dimensionnement. Le système d'alimentation doit être correctement évalué pour toutes les conditions de dimensionnement définies et pour les conditions de fonctionnement hors dimensionnement.

La capacité du système d'alimentation à exécuter sa fonction de conception doit être démontrée par la réalisation d'études de système conformément à la méthodologie définie dans l'IEC 62855. Ces études doivent évaluer les performances du système en réponse à l'ensemble des difficultés crédibles afin de démontrer la robustesse de la conception du système d'alimentation électrique.

Au cours de la conception initiale du système, les marges définies doivent être appliquées aux paramètres calculés du système afin de confirmer l'adéquation du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif à l'ensemble des exigences de fonctionnement du système. Ces marges doivent fournir une capacité suffisante pour assurer la croissance de la charge pendant la conception et la construction, ainsi que pour de futures modifications de l'installation nucléaire sans qu'il soit nécessaire d'apporter des modifications majeures à la conception du système d'alimentation. Lorsque des modifications sont apportées à l'installation nucléaire, la capacité du système à supporter des charges électriques supplémentaires doit être évaluée par la réalisation d'études de système conformément à l'IEC 62855 afin de démontrer la capacité continue du système d'alimentation électrique à satisfaire en toute sûreté à sa fonction de conception.

Lors de la conception de systèmes d'alimentation électrique interruptibles pour les installations nucléaires autres que les NPP, il est important de tenir compte du futur développement global du site lors de la détermination des exigences de capacité du système d'alimentation.

Lorsque des charges de classe de sûreté inférieure sont alimentées par un système de classe supérieure, il convient d'inclure les charges de classe de sûreté inférieure dans les calculs de charge, sauf s'il existe des dispositifs de déconnexion automatique de classe appropriée qui déconnectent les charges dans des conditions de fonctionnement définies.

La capacité du système d'alimentation électrique interruptible en courant alternatif à supporter les courants de démarrage du moteur et les courants d'appel du transformateur doit être démontrée par des calculs d'étude du système réalisés conformément à la méthodologie définie dans l'IEC 62855.