

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation, de contrôle-
commande et d'alimentation électrique – Exigences pour les systèmes
d'alimentation en courant alternatif et en courant continu statiques sans
interruption**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

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.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation, de contrôle-
commande et d'alimentation électrique – Exigences pour les systèmes
d'alimentation en courant alternatif et en courant continu statiques sans
interruption**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-6382-2

**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	11
5 System requirements	11
5.1 General	11
5.2 Function and description	12
5.2.1 Preamble	12
5.2.2 Designations	14
5.2.3 Direct current systems	14
5.2.4 Alternating current systems	14
5.3 System divisions	15
5.4 System boundaries	15
6 Functional requirements for static uninterruptible power supplies	15
6.1 Static uninterruptible power supplies for systems important to safety	15
6.2 Batteries and battery chargers	16
6.3 Inverters and bypass switches	17
6.4 UPS	18
6.5 Converters used for voltage stabilization	18
6.6 I&C power supply using DC/DC-converters and AC/DC-converters	19
7 Requirements for distribution systems	19
7.1 System aspects	19
7.2 Load allocation	19
7.3 Electrical aspects	21
7.4 Earthing	22
8 Effects of loads on supply quality	22
8.1 General	22
8.2 Electromagnetic interference	22
8.3 Transients	22
8.4 Load current	23
8.5 Power supplies to loads of lower safety classification	23
9 Monitoring and protection	23
9.1 General	23
9.2 Monitoring	24
9.3 Electrical protection	24
10 Qualification of equipment	25
11 Design to cope with ageing	25
12 Testing	25
13 Maintenance	26
Annex A (informative) Examples of voltage input variations	27
Annex B (informative) Examples of specifications	29
B.1 Example 1: Specification for an DC power supply for equipment requiring a non-interruptible supply	29

B.2	Example 2: Specification for AC power supply for equipment requiring a non-interruptible supply	30
B.3	Example 3: Specification for DC power supply with DC/DC converter for equipment.....	31
B.4	Human factor engineering programme	31
	Bibliography.....	33
	Figure 1 – System boundary	13
	Figure 2 – Example of one division of an uninterruptible power supply system	20
	Figure 3 – Example of I&C uninterruptible AC power supply system.....	21
	Figure A.1 – Example of voltage variations on the on-site AC power system during clearing of a transmission system fault	27
	Figure A.2 – Example of on-site voltage profile after loss of load (transfer to house load operation).....	27
	Figure A.3 – Example of simulated safety bus voltages, double open phase condition in the 400 kV line to the unit transformer.....	28
	Table B.1 – Example 1	29
	Table B.2 – Example 2.....	30
	Table B.3 – Example 3.....	31

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61225:2019

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION, CONTROL AND
ELECTRICAL POWER SYSTEMS – REQUIREMENTS FOR STATIC
UNINTERRUPTIBLE DC AND AC 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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61225 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2005. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the principal objective of this edition is to address the requirements on the static uninterruptible power supplies in nuclear power plants;
- b) in addition to Instrumentation and Control (I&C) power supplies include all static uninterruptible power supplies;

- c) emphasize that the static uninterruptible power supplies shall protect the connected equipment (loads) from transients on the on-site AC distribution system (the immunity concept);
- d) in accordance with the defence-in-depth concept, this standard applies to static uninterruptible power supplies for all equipment, not only for equipment important to safety, with a graded approach to verification and validation;
- e) addition of the requirement that, when batteries are connected in parallel under abnormal operating conditions, they shall be properly protected with isolation devices to avoid any failure that may impair more than one division of the uninterruptible power supply.

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

FDIS	Report on voting
45A/1235/FDIS	45A/1250/RVD

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

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

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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.

INTRODUCTION

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

The 1993 issue of IEC 61225 was developed for specifying the requirements relevant to the design of electrical supplies for I&C systems in nuclear power plants. Considering the experience gathered worldwide on this subject, in 2003 working group A2 recommended a revision to this standard so that a new revision, IEC 61225 Ed. 2 (2005), could be consistently integrated into the SC 45A standard series. In 2015, working group A11 recommended a revision to this standard following the publication of the revision of IAEA SSG-34 and that the scope of the standard should cover static uninterruptible power supplies for all types of connected equipment.

International operating experience with electrical supply systems in nuclear power plants has highlighted a number of supply voltage variations and malfunctions, such as:

- voltage perturbations due to disturbances on the internal AC distribution system (with origin off-site or on-site);
- voltage overshoot on loss of grid;
- open phase conditions (one or two phases);
- asymmetrical faults.

These types of perturbations can degrade the performance of static uninterruptible power supplies and ultimately result in failure of connected equipment.

One of the objectives of the uninterruptible power supplies is to protect the connected equipment from voltage variations on the on-site AC distribution system (the immunity concept). The power supplies shall also guarantee an output voltage with specified magnitude and waveform (in case of AC) to connected loads. The power supplies shall have the capacity to supply the relevant loads during a specified time regardless of any voltage variations on the on-site AC distribution system.

Examples of voltage and frequency variations in the incoming feeder to the supplies can be found in informative Annex A. Examples of specifications for static uninterruptible power supplies can be found in informative Annex B.

This standard is applicable to the design of static uninterruptible electrical power supplies in new nuclear power plants, when design work is initiated after the publication of this standard. It also serves as a reference for upgrading and modernizing existing nuclear power plants.

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

IEC 61225 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 standard is to be applied in conjunction with IEC 61513, IEC 60709, IEC 60880, IEC 62138, IEC 62855 and IEC 63046 (to be published).

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

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

IEC 61513 and IEC 63046 refer directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation, defence against common cause failure, control room design, electromagnetic

compatibility, cybersecurity, software and hardware aspects for programmable digital systems, coordination of safety and security requirements and management of ageing. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 and IEC 63046 as a consistent document set.

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

A fourth level extending the IEC SC 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 and the implementing guide NSS17 for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

IEC 61513 and IEC 63046 have adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, IEC 61513 and IEC 63046 provide the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. In this framework IEC 60880, IEC 62138 and IEC 62566 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 and IEC 63046 refer to ISO as well as to IAEA GS-R 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 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 implement conventional safety functions (e.g. to address worker safety, asset protection, chemical hazards, process energy hazards) international or national standards would be applied.

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

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION, CONTROL AND ELECTRICAL POWER SYSTEMS – REQUIREMENTS FOR STATIC UNINTERRUPTIBLE DC AND AC POWER SUPPLY SYSTEMS

1 Scope

This document specifies the performance and the functional characteristics of the low voltage static uninterruptible power supply (SUPS) systems in a nuclear power plant and, for applicable parts, in general for nuclear facilities. An uninterruptible power supply is an electrical equipment which draws electrical energy from a source, stores it and maintains supply in a specified form by means inside the equipment to output terminals. A static uninterruptible power supply (SUPS) has no rotating parts to perform its functions.

The specific design requirements for the components of the power supply system are covered by IEC standards and standards listed in the normative references and are otherwise 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 60146-1-1, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specification of basic requirements*

IEC 60146-2, *Semiconductor converters – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters*

IEC 60364-4-41, *Low voltage electrical installations – Part 4.41: Protection for safety – Protection against electric shock*

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

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

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

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

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

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

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

IEC 62003, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Requirements for electromagnetic compatibility testing*

IEC 62040 (all parts), *Uninterruptible power systems (UPS)*

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

IEC 62566-2, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits – Part 2: HDL-programmed integrated circuits for systems performing category B or C functions* (to be published)

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 Guides SSG-34 and SSG-39.

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

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

3.1

anticipated operational occurrence

AOO

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

[SOURCE: Source IAEA Safety Glossary, 2016 edition]

3.2

battery charger

electrical item used to convert AC into DC to charge batteries and to supply power to DC loads during normal operation

Note 1 to entry: The battery charger provides transformer isolation of the DC output from the AC input and is equipped with regulation and monitoring.

[SOURCE: IEEE 946, 2004]

3.3

common cause failure

CCF

failures of two or more structures, systems and components due to a single specific event or cause

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2016 edition]

3.4 diversity

the 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 Safety Glossary, 2016 edition]

3.5 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: Designation that enables the establishment and maintenance of physical, electrical, and functional independence from other redundant sets of items.

[SOURCE: IAEA SSG-39, 2016]

3.6 plant states

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

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2016 edition]

3.7 redundancy

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

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2016 edition]

3.8 safety related system

system important to safety that is not part of a safety system

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2016 edition]

3.9 safety system

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 Safety Glossary, 2016 edition]

3.10 single failure

failure which results in the loss of capability of a single system or component to perform its intended safety function(s), and any consequential failure(s) which result from it

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2016 edition]

3.11

single failure criterion

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 Safety Glossary, 2016 edition]

3.12

station blackout

SBO

plant condition with complete loss of all AC power from off-site sources, from the main generator and from standby AC power sources

Note 1 to entry: Uninterruptible DC and AC power supplies may be available as long as batteries can supply the loads.

Note 2 to entry: Alternate AC supplies according to IAEA SSG-34 are available.

[SOURCE: IAEA SSG-34, 2016]

4 Abbreviated terms

AC	Alternating current
AOO	Anticipated operational occurrence
CCF	Common cause failure
DC	Direct current
EMC	Electromagnetic compatibility
I&C	Instrumentation and control
IGBT	Insulated-Gate Bipolar Transistor
NPP	Nuclear Power Plant
SBO	Station blackout
SSC	Structures, systems and components
SUPS	Static uninterruptible power supply
UPS	Uninterruptible power supply

5 System requirements

5.1 General

This document defines requirements for reliable and robust SUPS systems in nuclear power plants (NPPs). Even though more stringent criteria are applied to safety power supplies and more verification is necessary, the entire onsite and off-site power systems contribute to the reliability and robustness of the NPP power systems. It is recommended that the same requirements are applied to SUPS systems regardless of safety classification with a graded approach to verification and validation.

Robust power supply systems shall have sufficient margins and built-in conservatism to ensure that:

- equipment ratings, capabilities and capacities required to meet intended goals are not exceeded during all postulated conditions;

- equipment protection set points are selected to accommodate anticipated perturbations in the NPP electrical distribution system during all modes of operation;
- the equipment has the capacity and capability to support emergency operations.

The design of the power supplies shall include analysis of:

- transient, dynamic and quasi-stationary variations in voltage and frequency (in case of AC power source);
- power interruptions (or voltage / frequency dips exceeding the allowed dynamic variation range) lasting from milliseconds up to SBO conditions;
- asymmetrical conditions.

5.2 Function and description

5.2.1 Preamble

The SUPS system shall provide a continuous uninterruptible supply to each connected load within the specified tolerances of voltage, and (for AC systems) waveform and frequency for all input conditions.

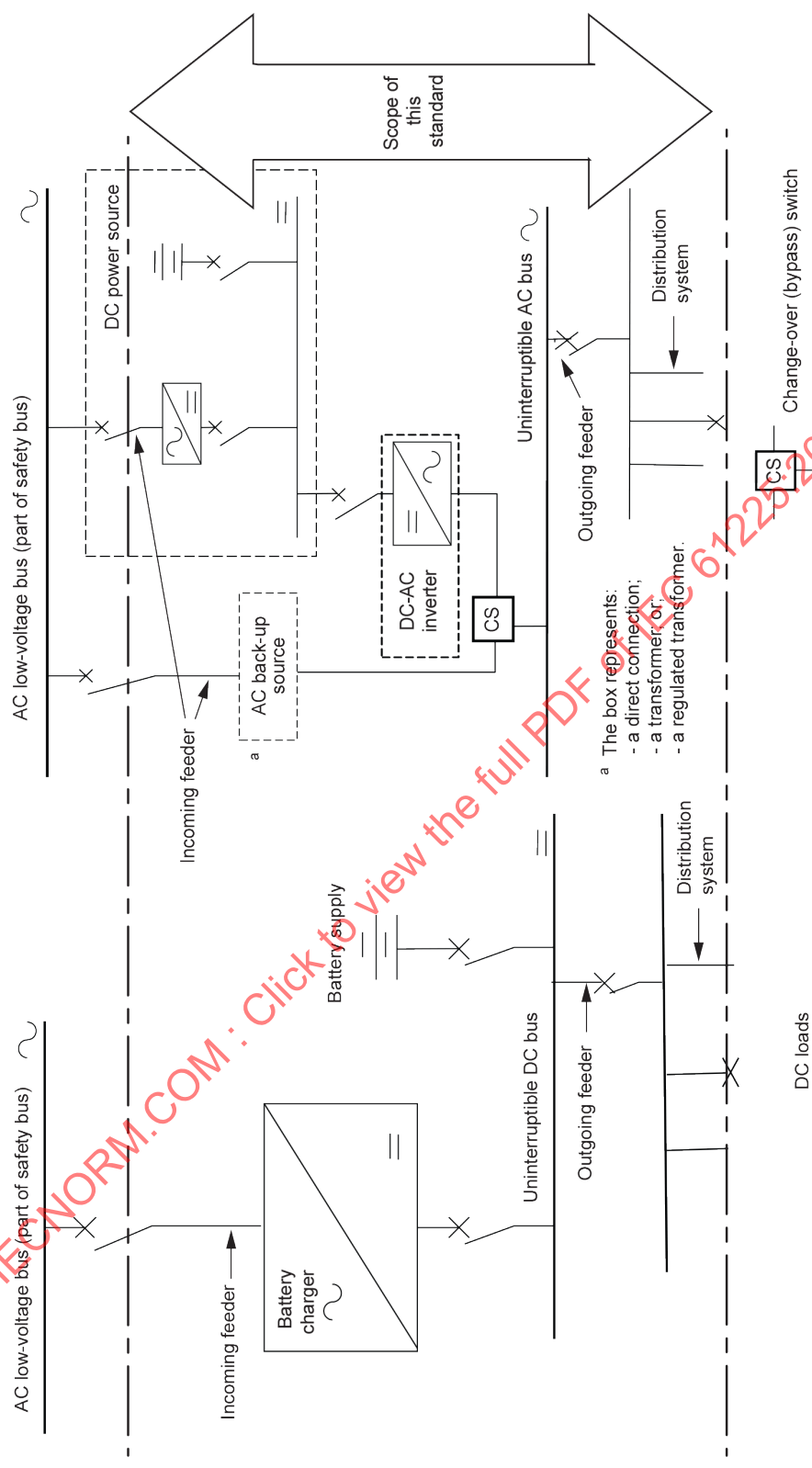
SUPS generally consists of one or both of the following systems (see Figure 1):

- a DC power system with battery chargers and batteries, supplying DC loads;
- an AC power system with battery chargers, back-up batteries, static switches and inverters, supplying AC loads.

In certain designs the battery chargers and batteries could be common to both the DC and AC power system.

The functions and the classification of the power supplies should be designated according to the safety classification scheme of the NPP. In general, the classification should be based on the highest classification of the load supplied by the power supply as discussed in 7.2.

The constraints on connecting loads with different classifications are discussed in 8.5.



DC/DC converters, AC/DC converters and converters for voltage stabilization are not shown. Uninterruptible AC power supply can also be provided by an UPS. An UPS is normally an integrated assembly of battery charger, battery and inverter as shown on the right-hand side of the figure.

Figure 1 – System boundary

5.2.2 Designations

Incoming feeder: The SUPS has an incoming feeder, generally from a low-voltage AC power bus which is normally part of the electrical safety buses¹.

Outgoing feeder: The SUPS utilizes a set of battery charger/ battery or battery charger/ battery/ inverter system with an outgoing feeder that is connected to the distribution system.

The SUPS supplies the loads from a distribution system. (See Figure 1)

5.2.3 Direct current systems

Each division of an uninterruptible DC power supply system shall consist of at least:

- a battery;
- a battery charger;
- a distribution system.

In order to increase the availability and the robustness of the division, but also for increased maintenance flexibility, the provision of internal redundancy in each division should be considered. The provision of redundancy is discussed in 5.3.

The DC power supply system shall supply the DC loads during normal operation (including outages), anticipated operational occurrences and accident conditions.

The DC power supply system shall supply the DC loads for a specified minimum duration when power is lost on the incoming feeder with no perturbation of the outgoing feeder voltage outside specified tolerances.

5.2.4 Alternating current systems

Each division of an uninterruptible AC power supply system shall consist of:

- a power supply from a DC power system to an inverter;
- alternatively, a power supply from an interruptible AC bus, a dedicated battery charger, a battery and inverter;
- a distribution system.

A backup power supply to the distribution system from an interruptible AC bus shall be installed together with a device for automatically switching between the power supply from the inverter and the backup supply.

To increase the availability and the robustness of the division, but also for more flexibility for maintenance, the provision of internal redundancy should be considered. The provision of redundancy is discussed in 5.3.

The AC power supply system shall supply the AC loads during normal operation (including outages), anticipated operational occurrences and accident conditions.

The AC power supply system shall supply the AC loads for a specified minimum time when power is lost on the incoming feeder with no perturbation of the outgoing feeder voltage outside specified tolerances.

¹ See figures in IAEA SSG-34.

Due to the higher reliability of DC systems, supplying a safety I&C system from the DC system should be considered. If possible, a combination of DC and AC supply should be used to minimize the risks of common mode failure. If only DC loads are supplied, the use of DC supply should be the preferred solution. Such an approach eliminates a source of failure.

5.3 System divisions

The DC power supply system and the AC power supply system shall be divided into redundant and independent divisions. The safety loads shall be supplied from at least one dedicated supply source for each division, to ensure physical and functional separation. The required number of redundant sources depends on the design of the reactor protection system and the redundancy in the NPP design.

The power supplies for safety loads covered by this document shall be in accordance with the single failure criterion as described in IEC 61513 and the requirements on separation and failure tolerance described in IEC 60709.

The functional diversity of AC and DC systems shall be considered for I&C power supplies to improve the availability of the overall power supply. The principle of independence and diversity shall be applied to protect against credible common cause failures (CCF) that can affect redundant parts which originate:

- in the equipment itself;
- from switching surges;
- from voltage and/or frequency excursions.

Examples of such events are given in Annex A.

The possibility of CCF shall be taken into account, e.g. by analysis and provision of defence in depth, in the design, maintenance, testing and operation of the system.

5.4 System boundaries

The scope of this document covers the power supply system from the outgoing terminals of the breaker to the battery charger up to the incoming breakers to each individual load (see Figure 1).

Within the limits specified above, each system may include equipment such as transformers, converters, battery chargers, inverters, cables, isolation devices, distribution boards, switchover devices, central and local batteries, as well as switching, monitoring and protection equipment.

If necessary, a load with lower safety classification within the same division may be supplied from a bus supplying higher safety classified equipment subject to the provisions described in 8.5.

6 Functional requirements for static uninterruptible power supplies

6.1 Static uninterruptible power supplies for systems important to safety

The SUPS may be subjected to electrical perturbations on the incoming feeder. These transients should be identified and mitigated. Protection shall be provided to prevent perturbations outside acceptable limits from affecting the outgoing feeder and distribution system voltage (or frequency when applicable). The design of the SUPS shall make sure that the connected equipment is shielded from these perturbations and variations.

The output voltage to the loads (whether AC or DC) shall be maintained within specified limits following a loss and restoration of power on the incoming feeder. The loads should be assessed for their tolerance to short interruptions of supply during changeover operations.

The design of the SUPS shall ensure that interruptions and perturbations of the input feeder voltage do not affect the connected equipment in fulfilling its safety function.

Electromagnetic compatibility (EMC) requirements shall be taken into account, e.g. by analysis, and adequate immunity shall be demonstrated. Components being used in the power supply for SUPS systems shall comply with the disturbance immunity requirements set up in IEC 62003.

NOTE The fundamental EMC standard for UPS (see clause 6.4) is IEC 62040 in conjunction with IEC 61000-6-2 and IEC 61000-6-4

The risk of software failure or CCF in digital equipment used in the control and monitoring of UPS supplies should be reduced to an acceptable level consistent with its safety case by appropriate software design, categorisation, verification and validation. Diverse design of hardware and software should be considered.

Guidelines on software design, validation, and verification are contained in IEC 60880 (for Class 1 system), IEC 62138 (for Class 2/3 systems), IEC 62566 and IEC 62566-2.

It is possible to use SIL3 classified devices according to IEC 61508 by appropriate hardware testing and operating experience.

6.2 Batteries and battery chargers

To maintain an uninterruptible DC electrical supply the battery and battery charger shall both be permanently connected to their associated bus. The battery and battery charger capability shall be adequate to supply the connected loads (including transient and intermittent loads) and maintain the supply for the specified minimum time.

The battery charger shall have sufficient capacity to:

- restore the battery from a discharged condition to a float-charged state within an acceptable time whilst maintaining the acceptable voltage range of consumers and;
- at the same time supplying the maximum postulated demands of all the connected loads after an initiating loss of normal power.

If rapid charging of the battery is considered, the consequences of the increased voltage for the connected consumers should be investigated.

Each battery charger shall have appropriate disconnecting devices in the AC and DC circuits to enable the battery charger to be isolated.

The batteries of each redundant supply system shall be installed in separate rooms with their own independent monitoring and ventilation; the latter being sized to maintain conditions within the design envelope.

NOTE 1 EN 50272-2 gives information on safety requirements for battery installations to cope with hydrogen generation.

Each battery shall have appropriate disconnecting devices to isolate it from the battery charger and DC bus and enable capacity testing.

The following shall be taken into account in sizing the batteries and battery chargers of the DC system:

- the safety design margins;
- temperature effects;
- ageing deterioration of the components.

The capability of the batteries shall meet all required load demands and operating conditions during the required time in all plant states without the battery charger in operation. Operating conditions include but are not limited to:

- duty cycles;
- electrical transients during normal operating conditions;
- design basis accident conditions;
- loss of AC power supplies.

NOTE 2 IEC 62855 gives more information on load flow studies.

Batteries and battery chargers shall be operated so that the battery is constantly maintained in the charged condition. The battery supplies current to the loads only when a supply via the battery charger is not available. The battery charger should be able to maintain a stable voltage and supply continuous and short term loads without any battery connected (operation in this mode is not normally expected)². The batteries and battery chargers shall be qualified for the environmental conditions for which the equipment is credited to operate in order to mitigate the consequences of a design basis accident.

An example of specifications for battery and battery charger can be found in Annex B.

Consideration shall also be given to the method of operations and equipment capacity in the case of batteries or battery chargers being out of service because of a failure.

Local power supplies, e.g. those supplying a single instrument or control cubicle, shall also meet the applicable clauses of this document.

6.3 Inverters and bypass switches

An uninterruptible AC power supply shall be provided where necessary to supply equipment that requires continuous AC power. The uninterruptible AC power supply shall have adequate capability to supply the connected loads including transient and intermittent loads.

The uninterruptible AC power supply shall consist of:

- an AC incoming feeder;
- a battery charger;
- a battery as energy storage;
- an inverter;
- an AC outgoing feeder;
- a bypass switch for automatically switching between inverter and back-up AC supply (see below).

² This is not a permitted operating mode for normal operation. Short circuit capability of a battery charger is limited and it possibly enters into current limiting mode which might prevent clearing of faults. The intention of the requirement is to prevent abnormal DC voltages if the battery is disconnected.

Where very high availability non-interruptible AC supplies are required, fast automatic change-over between the inverter and alternative back-up AC power supply³, shall be provided using a static switch or a change-over contactor. Examples of alternative back up AC power supplies are transformers or regulated transformers.

Requirements and recommendations for batteries and battery chargers given in 6.2 apply.

The inverter design shall consider the following conditions in addition to the summation of the total load capacity:

- the voltage control during loss of and following return of primary power supply shall maintain the output voltage within the specified limits;
- the inverter shall be suitable for non-linear loads;

The inverter, as well as the back-up supply, shall separately be capable of initiating the downstream protection device to isolate a system fault on the load side.

The inverter shall be designed to cope with the maximum overvoltage expected on the DC input without the need to activate its own protection.

To facilitate rapid change-over, the inverters should run synchronously with the dedicated back-up system under normal operating mode. The switching equipment shall withstand the maximum reverse voltage that can occur during voltage perturbations on the AC backup source. The changeover device shall have its own control unit which is not affected by faults in the inverter control.

An example of specifications for inverter and bypass switch can be found in Annex B.

6.4 UPS

Uninterruptible AC electrical power can be provided by a UPS (uninterruptible power supply). A UPS is normally an integrated assembly of battery charger and inverter with a connected battery.

Requirements and recommendations for batteries and battery chargers are given in 6.2. Requirements and recommendations for inverters and bypass switches are given in 6.3.

6.5 Converters used for voltage stabilization

To supply electronic devices, intermediate circuit DC/DC converters may be used. The input side of these DC/DC converters shall be connected at the voltage of the SUPS. These DC/DC converters may feed, on the output side, loads or groups of loads with a controlled voltage that may have a nominal value different from the SUPS voltage in order to:

- stabilize the output voltage depending on load and charging condition of the battery;
- adapt the voltage level of the consumer to a different voltage level than the feeding source.

Such converters should be installed either in the DC power system or in the incoming feeder of the pertinent control cabinet as described in 6.6.

Applicable requirements and recommendations for inverters given in 6.3 apply. An example of specification for a converter can be found in Annex B.

³ When the alternative supply is used perturbations on the feeder will be transmitted to the uninterruptible buses and might have an adverse effect on the loads supplied (such as I&C equipment).

6.6 I&C power supply using DC/DC-converters and AC/DC-converters

I&C systems are often equipped with DC/DC converters or AC/DC converters. These converters adapt the voltage level and supply the I&C equipment with energy.

The converter is supplied from a SUPS and may contain a switching device (such as an IGBT), transformer, rectifier and filter on the output. The converter shall ensure galvanic separation of the I&C power supply via the installed transformer.

DC/DC-converters and AC/DC-converters supply dedicated I&C cabinets or a group of I&C-cabinets. The DC/DC-converters and AC/DC-converters shall have adequate capability to supply the connected loads, under special consideration of the protection requirements.

Requirements and recommendations applicable to batteries and battery chargers are given in 6.2 and for inverters in 6.3. An example of specification for a DC/DC-converter can be found in Annex B.

7 Requirements for distribution systems

7.1 System aspects

The distribution system shall accept redundant supplies and provide a continuous supply to each load within the specified tolerances of voltage, waveform and frequency for all input conditions.

The size of wiring for each fused branch circuit shall be selected to limit the stationary voltage drop from the source to the final load to maximum 5 %. The voltage drop between the battery charger/ battery or inverter to the distribution system buses shall be considered.

Under normal operating conditions, the DC distribution system shall be connected to the battery and the battery charger. The non-interruptible AC distribution system shall be fed from the inverter and an AC back-up power supply shall (see 6.3 when this is recommended) be ready to take over the supply with minimized interruption time. If this switch-over occurs the return to inverter feed should be automatic if the inverter is operable. The changeover time shall be less than the interruption time tolerated by the loads connected to the distribution system buses.

Paralleling of batteries of different divisions shall be avoided under normal operating conditions. Any application of double feeding from different divisions is allowed only if the CCF potential is sufficiently low. Such a connection shall be controlled and justified by safety assessment.

7.2 Load allocation

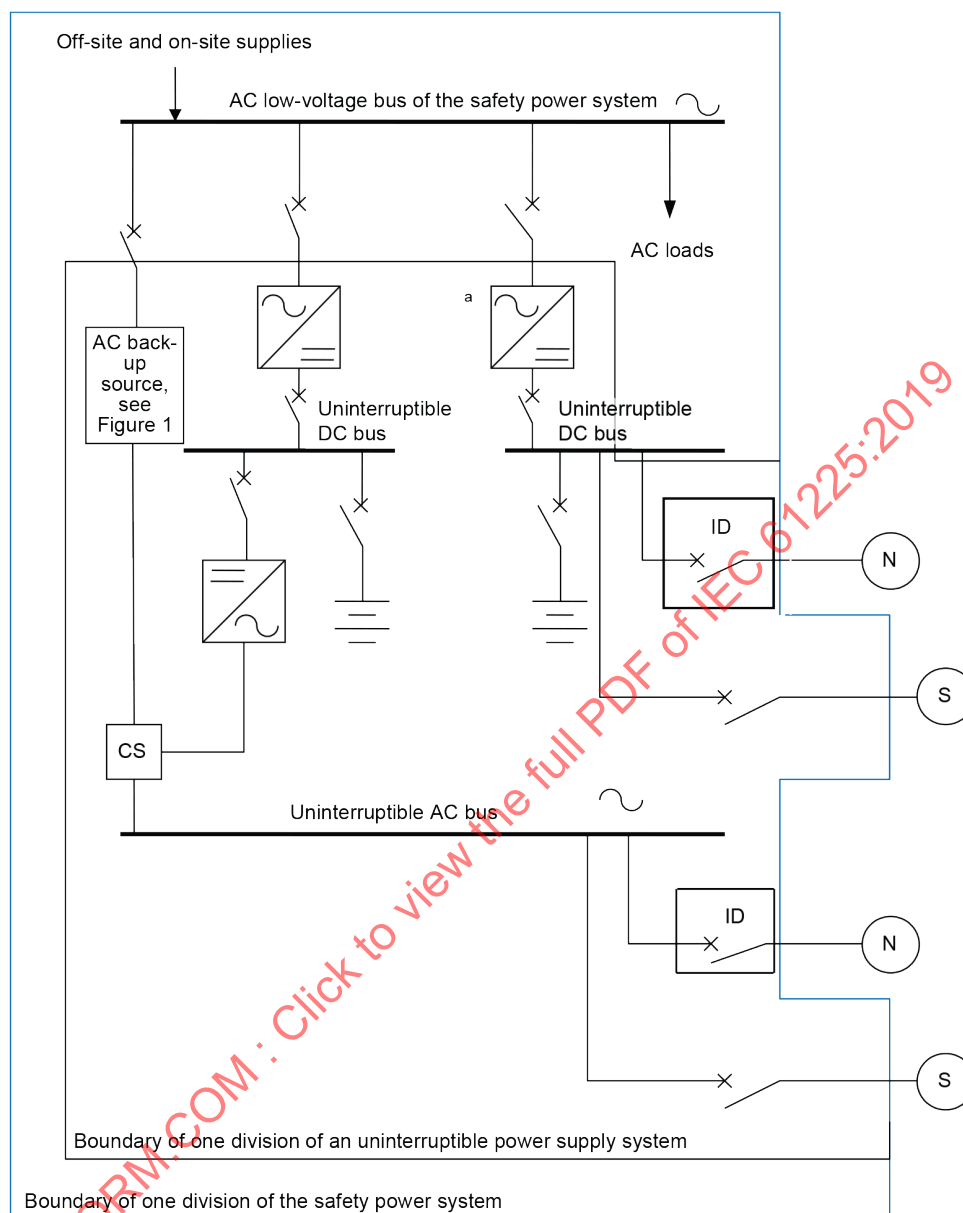
The loads should be allocated to the most appropriate AC or DC source in accordance with their specific requirements.

The design process should lead to a list of all loads including their classification regarding importance to safety. The requirements for each load shall be identified. These include voltage, normal current, peak starting or turn-on current, power factor, load profile and power required, and AC or DC source and supply tolerances. The maximum tolerable interruption time for each load should be determined.

NOTE Load flow studies are described in IEC 62855.

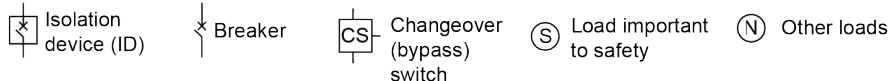
Alternative types of distribution systems covered by this document are shown in Figure 2 and Figure 3.

Non-safety loads which require an uninterruptible power supply are discussed in 8.5.



^a The DC power system and uninterruptible AC power system may share the same battery and charger if the performance conditions can be satisfied.

Key for symbols



IEC

Figure 2 – Example of one division of an uninterruptible power supply system

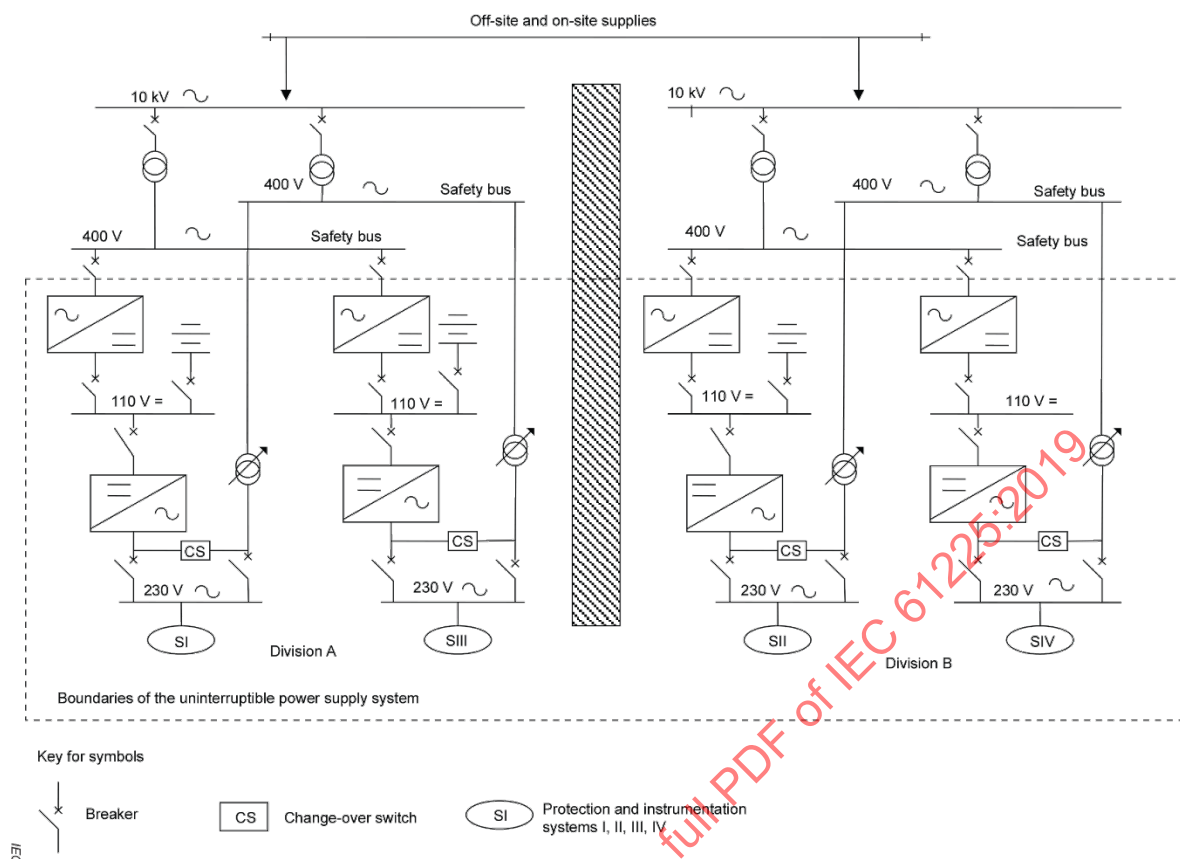


Figure 3 – Example of I&C uninterruptible AC power supply system

7.3 Electrical aspects

Standard distribution voltages shall be chosen to enable a wide range of equipment to be used, but the number of levels should be minimized to avoid system complexity. Individual loads may be provided with their own converter, if necessary, to adapt them to the standard voltages. Recommended voltages are given in IEC 60038.

The characteristics of the DC supplies required by individual loads shall have a margin on the values specified for the output of the power supply system to allow for:

- deterioration in service,
- voltage drop between the load and the supply,
- battery voltage during trickle charge and
- battery voltage drop during discharge.

The characteristics of AC supplies required by individual loads shall have a margin on the values specified for the output of the power supply system to allow for:

- deterioration in service and
- voltage drop between the load and the supply.

In case of three-phase supplies, the loads shall be appropriately balanced across the three phases.

The design of the electrical protection system can have an important effect on the reliability of the supply to individual load in the event of a fault in the system. The electrical protection system is discussed in 9.3.

7.4 Earthing

Earthing serves to maintain both electrical safety and the functionality of electrical power systems and instrumentation and control systems.

NOTE Detailed design guidelines for earthing are available in national and international standards.

In any power generating plant, there are generally four conceptually identifiable, but not necessarily physically distinct, earthing systems: for personnel safety, for lightning, for electrical power systems, and for instrumentation and control systems, including signal earthing. All earthing systems should be connected to a single earthing grid.

The distribution system should generally be earthed to prevent dangerous faults which could occur on a normally unearthed system when multiple faults occur. Where an unearthed system is used, particular attention should be paid to the monitoring of the insulation level to earth and subsequent clearance of faults to prevent the possible introduction of failure to danger conditions when two or more earth faults are present on a supply system. The monitoring equipment shall alarm and enable fault location before the impedance to earth falls below a value at which malfunctions could occur.

The I&C signal earthing system shall be compatible with the I&C power supply distribution earthing system.

A number of solutions for earthing of instrumentation and control systems exist. Typically, power generating plants use one of two approaches: single point earthing or multiple point earthing. The preferred solution is design specific.

The earthing approach used shall be justified and coordinated with the overall design provisions for electromagnetic compatibility.

8 Effects of loads on supply quality

8.1 General

The design of the onsite power system and the allocation of loads shall be in such a way that the I&C power supply is not affected adversely by other loads. Transients originating from rapid electrical load changes (e.g. from the operation of valves, motors and other devices, operation of fuses and other protection devices) should be considered in the design. The I&C power supply shall be separated to the extent necessary to isolate these effects.

8.2 Electromagnetic interference

Both non-linear loads and power converters can generate interference that is directly radiated, or conducted via power supply lines, to other equipment. This shall be minimized by using equipment that meets the interference levels specified in the IEC 61000 series, and by physical separation and screening of the cables according to IEC 60709.

NOTE 1 Industry based uninterruptible power supplies normally do not meet EMC categories needed in a NPP.

Many loads (for example, switched mode power supply units) generate current pulses that cause harmonics of current. These loads shall be specified to meet acceptable levels of current waveform and interference to ensure that acceptable voltage waveforms can be maintained.

NOTE 2 More information on these studies can be found in IEC 62855.

8.3 Transients

Many types of loads, for example computers and programmable devices, are susceptible to malfunction caused by distorted supply voltage waveform, excessive harmonic contents and

voltage transients/spikes. Operation of fuses or switching on of loads (such as transformers or rotating equipment), will cause a transient that can momentarily reduce the voltage to equipment fed from the same supply to an unacceptable low level and cause the above mentioned disturbance. Equally, over-voltage or voltage spikes may easily cause damage to computer-based devices. Appropriate action shall be taken to overcome such problems. For example, branches supplying power to high power solenoid valves or relays, and motors should be connected to a separate system than the branches supplying power to measurement control loops, computers and programmable controllers. To avoid interference such branches shall be fed using separate cables with appropriate shielding.

The maximum current supplied by an inverter under such conditions may cause it to enter into its current-limiting mode. The protection in the distribution system (for example, fuses or automatic switches) shall be compatible with the characteristics of the power source.

Inrush currents shall be limited to an acceptable value by the design of the loads or by load sequencing. The power supply shall be able to provide also the inrush current of the largest load group (e.g. I&C cabinets, motors, etc.) for the required time.

8.4 Load current

An AC load current is seldom sinusoidal because of the characteristics of the inductive loads such as transformers and the charging of capacitors.

The peak current/voltage has a major effect on the load performance, and the current and voltage waveforms should be specified within certain limits. Annex B shows typical values for an AC power supply. Other peak current/voltage values depending on the nominal distribution voltage level are also acceptable, provided that these peak values are in accordance with IEC 60038.

8.5 Power supplies to loads of lower safety classification

Lower classified loads should not normally be fed from the higher classified buses.

In case a safety evaluation shows that it is permissible to feed a lower safety classified load from a higher safety classified bus, the following criteria shall be followed to enhance the reliability of the power supply system:

- a bus with higher safety classification can feed loads with lower safety classification only when these are connected through devices that prevent faults on these non-safety loads from propagating to or adversely influencing the safety supplies (for example, isolation devices (see Figure 2) such as fuses);

NOTE IEC 60709 gives information on separation.

- the capacity of the supply system shall be adequate to support both the safety and the non-safety loads for the time required by the safety criteria.

9 Monitoring and protection

9.1 General

Highly reliable and continuously available power supplies are dependent on effective protection and monitoring of all important power supply characteristics.

Monitoring and protection devices shall be installed in each redundant division in order to protect against common failures. Requirements on separation given in IEC 60709 shall apply.

9.2 Monitoring

Monitoring requirements shall be defined based on fault identification to maintain continuity of supply. Monitoring shall give appropriate information and/or alarm signals or initiate appropriate protective action. Alarms shall be classified in a similar way to other alarms in the plant in accordance with their significance and the operator's action required.

The monitoring concept should focus on what is needed for availability and reliability.

The monitoring required for each redundant supply system shall include, but not be limited to, the following:

- a) Battery charger/converter
 - voltage output out of tolerance (above or below set value);
 - voltage input out of tolerance (above or below set value, also unbalanced AC input);
 - internal control power fault (internal control power supply failure).
- b) Inverter
 - voltage output out of tolerance (above or below set value);
 - frequency output out of tolerance (above or below set value);
 - synchronization error (inverter not synchronized to the back-up source or the back-up source not available);
 - internal control power fault (internal control power supply failure);
 - low battery voltage (DC voltage below tolerance).
- c) Distribution system
 - voltage output out of tolerance (above or below set value);
 - degraded insulation to earth (if not earthed).

For batteries, the monitoring required depends on the type of battery. As a minimum total battery voltage and voltage on a number of individual battery cells should be regularly monitored. This monitoring shall also include local batteries.

Alarms shall be initiated in the event of protective action which results in the loss of one supply in a redundant system or the loss of supply to a load. Monitoring and protection devices of each division shall be physically and functionally independent from other divisions.

9.3 Electrical protection

Battery chargers and inverters are sources of limited short circuit current. Protection coordination studies should take account of maximum available fault currents from battery chargers and inverters.

NOTE 1 Protection coordination studies are described in IEC 62855.

Protection shall be provided in the power supply system to minimize the effect on the system and the number of loads affected by a fault. The effect of spurious fault-detection and fault-clearing operation shall be minimized. The main source of faults is commonly on the loads, and adequate individual overcurrent, overload and (when applicable) earth fault protection shall be provided.

Appropriate protective actions should be determined based on the capability of the connected loads and the long term and short term capability of the power supply.

NOTE 2 Inherent device protection can have an unwanted impact on availability.

The connection of supplies in parallel should generally be avoided. If parallel connections are permitted for specific applications then adequate protection shall be provided.

The overcurrent protection device of the supplied loads should be rated based on the fault impedance and low voltage trip criteria defined in IEC 60364-4-41.

10 Qualification of equipment

All equipment used in the supply system shall be qualified according to the specific rules and standards applicable to the equipment for normal, abnormal and accident conditions to ensure its safety functions and reliable operation throughout its life.

The equipment shall be qualified for the anticipated environmental conditions it will operate in.

Where required by the nuclear power plant design, the equipment shall be qualified for conditions that may arise during plant operation, that is, natural events (seismic, etc.), internal events (plant failures), and special external events such as those caused by human activities.

The qualification programme shall meet the applicable requirements as defined in IEC 60146-1-1, IEC/IEEE 60780-323, IEC 60146-2, IEC 60980 and IEC 62040 series, respectively.

11 Design to cope with ageing

Ageing mechanisms that could significantly affect electrical components, and means for following the effects of such mechanisms, shall be identified in the design process. This involves understanding of the relevant ageing phenomena. Ageing effects are most commonly due to heat and radiation exposure.

Maintenance programmes, surveillance programmes and ageing management programmes shall include activities to identify any trend towards degradation (ageing) that could cause equipment to become incapable of performing its intended function.

In particular, the recurrent tests on batteries to monitor the capacity degradation and the limited lifetime of capacitors are to be considered.

The qualified lifetime of safety components shall be determined for the defined operating environment.

12 Testing

The system shall be designed to allow surveillance testing. Testing shall be performed on a regular basis in accordance with the intervals prescribed in specific maintenance rules and standards for each type of equipment.

Staggered testing is preferred, i.e. redundant parts are not to be tested at the same time.

Surveillance testing shall adequately demonstrate that the systems maintain their designed capacity and redundancy, changeover facilities, and that batteries retain adequate capacity. The system shall be designed so that sections or portions of it can be disconnected without the loss of an unacceptable number of loads and, more importantly, without jeopardizing the safe operation of the plant.

NOTE During testing redundancy can be weakened for a limited period of time.

The designer shall 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 or bypass of safety system components shall be indicated in the main control room. The power supply system and components shall be periodically tested in accordance with the safety system test schedule.

Provision shall be made to enable battery discharge testing (capacity testing) to be carried out at design load current. As an alternative, the testing should be performed with 5 h discharge current as recommended by the battery manufacturer.

For test purposes the chargers may be operated in a test mode with an output voltage less than the float charging voltage of the battery. In this mode, the diodes of decoupled loads can be tested for their specified function.

Commissioning tests shall wherever possible be accomplished under the actual or simulated, operating conditions prevailing when the power supply is called upon. The tests shall also demonstrate the operability of the loads over the whole designed voltage span of the power supply system.

13 Maintenance

A maintenance programme shall be provided for the equipment covered by this document.

The design and arrangements of all components of the power supply system shall allow easy identification of components, easy maintenance, and short repair times (e.g. by accessibility and exchangeability). Components shall be easily accessible for maintenance.

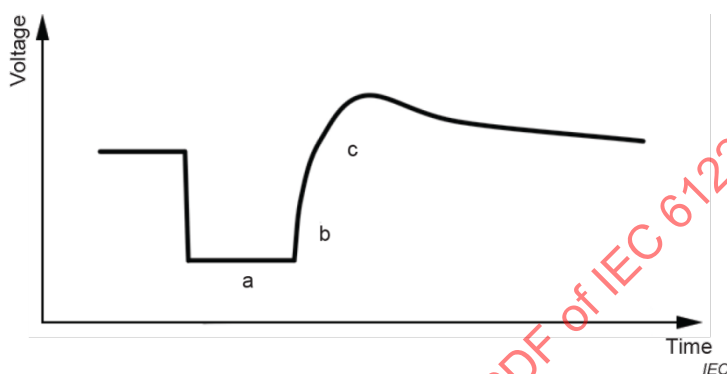
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61225:2019

Annex A (informative)

Examples of voltage input variations

The electrical power systems of the nuclear power plant should meet all functional requirements under the steady state conditions, short term operation conditions and transient conditions defined in the design basis. Figure A.1, Figure A.2 and Figure A.3 give some examples of voltage variations.

NOTE IAEA SSG-34 and IEC 62855 give information on design bases.



Key

- a Voltage during fault
- b Rapid voltage rise
- c Voltage swell due to generator excitation and return to normal voltage

Figure A.1 – Example of voltage variations on the on-site AC power system during clearing of a transmission system fault



Figure A.2 – Example of on-site voltage profile after loss of load (transfer to house load operation)

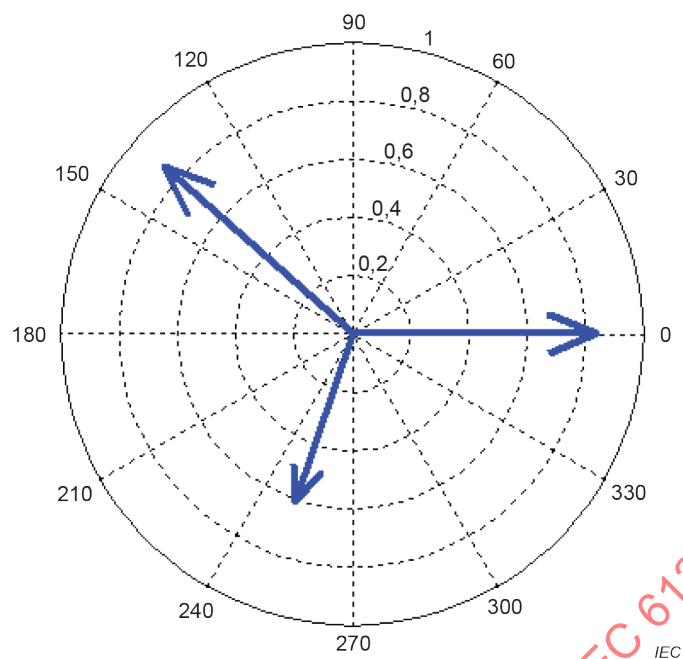


Figure A.3 – Example of simulated safety bus voltages, double open phase condition in the 400 kV line to the unit transformer

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61225:2019

Annex B (informative)

Examples of specifications

B.1 Example 1: Specification for an DC power supply for equipment requiring a non-interruptible supply

Table B.1 – Example 1

	Example of value	Comment
B.1.1 Battery		
Rated value	DC 110 V	Design tolerances for DC power system are +10 %, -15 %.
Type of battery	Vented	
Trickle charge voltage	2,23 V/cell	
Number of branches	2	
Number of cells in each branch	53	
End of discharge voltage	1,8 V/cell	
Capacity	540 Ah	270 Ah per branch with design load current
Minimum discharge time	8 h	With design load current
Temperature in room	+15 °C to +25 °C	Capacity temperature dependant
Seismic requirement	Yes	Site specific
B.1.2 Battery charger		
Input voltage	AC 400 V with a relative tolerance of $\begin{pmatrix} +10 \\ -15 \end{pmatrix} \%$ 3 phase	
Transient variations input voltage		Offsite and onsite perturbations, see Annex A for example
Asymmetrical voltage feed		Voltages and angles can be unsymmetrical, see Annex A for example
Interruption time voltage feed	250 ms > 10 s	Feeding AC distribution system (clearing of faults) and grid perturbations Loss of offsite power followed by standby AC sources start
Input frequency	50 Hz with a relative tolerance of +5 %	
Transient variations input frequency		See Annex A for example
Rated output voltage	DC 110 V	To match battery
Maximum output voltage	112 %	
Normal character of loading and operation	Float charge, connected battery	
Static variations float charge	± 0,5 %	
Maximum ripple	5 % peak-to-peak	Without battery connected
Parallel operation of battery chargers	Yes	
Rated output current	200 A	
Time for restoring battery to full capacity	8 h	From discharged, at 1,8 V/cell, with loads connected.
Current limit	102 %	

	Example of value	Comment
Maximum fuse size to be cleared by battery charger without battery	6 A	Maximum impedance in circuit x Ω Short circuit current 10 times the fuse size.
Temperature	+0 °C to +40 °C	
Cooling and ventilation	Natural	
Degree of protection	IP42	
Seismic requirement	Yes	Site specific
EMC requirement	Yes	See IEC 61000 series
Insulation level	2,5 kV	To be coordinated with plant characteristics
NOTE Values given are for illustration purposes only; these values are plant specific.		

B.2 Example 2: Specification for AC power supply for equipment requiring a non-interruptible supply

Table B.2 – Example 2

	Example of value	Comment
B.2.1 Battery		
Refer to B.1.1 Battery		
B.2.2 Battery charger		
Refer to B.1.2 Battery charger		
B.2.3 Inverter		
Input voltage	DC 110 V with a relative tolerance of $\begin{pmatrix} +10 \\ -15 \end{pmatrix} \%$	
Rated output voltage	AC 220/127 V 3 phase + N	Sine wave
Rated output frequency	50 Hz	
Static variations voltage	± 0,5 %	If not any load requires less variations
Static variations frequency	± 0,1 %	On internal clock, not triggered from back-up supply
Adjustable range of output voltage	± 5 %	
Rated power	200 kVA	
Maximum total harmonic distortion	5 %	
Share of non-linear loads	≤ 100 %	
Dynamic response voltage at 100% step load	≤ 5 %, recovery time ≤ 3 ms	
Overload capacity	150 % 1 min 120 % 15 min	
Cooling and ventilation	Natural	
Degree of protection	IP42	
Seismic requirement	Yes	Site specific
EMC requirement	Yes	See IEC 61000 series
Insulation level	2,5 kV	To be coordinated with plant characteristics

	Example of value	Comment
B.2.4 Bypass switch and transformer		
Maximum reverse voltage	1 500 V	At phase opposition between AC back-up source and inverter output, transient overvoltage on back-up
Short-circuit withstand capability	≥ 5 kA	
Insulation level	2,5 kV	To be coordinated with plant characteristics
NOTE Values given are for illustration purposes only; these values are plant specific.		

B.3 Example 3: Specification for DC power supply with DC/DC converter for equipment

Table B.3 – Example 3

	Example of value	Comment
Input voltage	DC 110 V with a relative tolerance of $\begin{pmatrix} +10 \\ -15 \end{pmatrix} \%$	High impedance earthed
Inrush current	≤ 2 times rated current	
Nominal output voltage	DC 24 V	Negative pole earthed
Set-point range of output voltage	24 V to 28 V	To provide required voltage at load terminals
Static variation voltage	$\pm 0,5 \%$	
Maximum voltage ripple	$\leq 5 \%$	
Nominal power	600 W	
Rated output current	25 A	Per converter
Current limiter	102 %	
Maximum fuse size to be cleared	2 A	Maximum impedance in circuit $\times \Omega$ Short circuit current 10 times the fuse size.
Voltage deviation step load 10 % – 90 %	$\leq 5 \%$	Response time for voltage control $\leq 0,05$ s
Short-circuit proof	Yes	
Parallel operation of several converters	Yes	
Cooling and ventilation	Natural	
Degree of protection	IP42	
Seismic requirement	Yes	Site specific
EMC requirement	Yes	See IEC 61000 series
NOTE Values given are for illustration purposes only; these values are plant specific.		

B.4 Human factor engineering programme

A human factor engineering programme in accordance with IEC 60964 shall be considered and implemented in the design of the non-interruptible supply. The plan should include such issues as:

- using conventional graphical symbols;
- colour coding of indicating lights;

- c) audio-visual annunciation;
- d) instrument scale calibration;
- e) shape of hand-switch handles – action and selection;
- f) standardization of alarm messages;
- g) standardization of labelling;
- h) warning labels for hazardous voltages;
- i) separation of hazardous voltages from low control voltages; and
- j) diagnostic aids.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61225:2019

Bibliography

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60479 (all parts), *Effects of current on human beings and livestock*

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

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61226, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Classification of instrumentation and control functions*

IEC 62040-3, *Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements*

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

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

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

IEC 63046, *Nuclear power plants – Electrical systems – General requirements* (in preparation)

EN 50272-2, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 2: Stationary batteries*

IAEA Specific Safety Requirements SSR-2/1 rev 1, *Safety of Nuclear Power Plants: Design*

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

IAEA Safety Guide SSG-39, *Instrumentation and control systems important to safety in nuclear power plants*

IAEA Nuclear Energy Series NG-T-3.8, *Electric Grid Reliability and Interface with Nuclear Power Plants*

IAEA Safety Report Series No 91, *Impact of Open Phase Conditions on Nuclear Power Plants Electrical Power Supply Systems*

IAEA – TECDOC – 1770, *Design Provisions for Withstanding Station Blackout at Nuclear Power Plants*

IEEE Std 946-2004, *IEEE Recommended Practice for the Design of DC Auxiliary Power Systems for Generating Systems*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	36
INTRODUCTION.....	38
1 Domaine d'application	41
2 Références normatives	41
3 Termes et définitions	42
4 Termes abrégés	44
5 Exigences du système	44
5.1 Généralités	44
5.2 Fonction et description.....	45
5.2.1 Préambule	45
5.2.2 Désignations.....	47
5.2.3 Systèmes en courant continu.....	47
5.2.4 Systèmes en courant alternatif.....	47
5.3 Divisions du système	48
5.4 Limites du système	48
6 Exigences fonctionnelles pour les alimentations statiques sans interruption	49
6.1 Alimentations statiques sans interruption importantes pour la sûreté.....	49
6.2 Batteries et chargeurs de batteries	49
6.3 Onduleurs et interrupteurs de bypass.....	51
6.4 ASI	52
6.5 Convertisseurs utilisés pour stabiliser la tension	52
6.6 Alimentation d'I&C utilisant des convertisseurs continu/continu et des convertisseurs alternatif/continu.....	52
7 Exigences pour les systèmes de distribution.....	52
7.1 Aspects du système	52
7.2 Répartition des charges	53
7.3 Aspects électriques.....	55
7.4 Mise à la terre.....	56
8 Effets des charges sur la qualité d'alimentation	56
8.1 Généralités	56
8.2 Interférences électromagnétiques	56
8.3 Transitoires.....	57
8.4 Courant de charge	57
8.5 Alimentation des charges de classe de sûreté inférieure	57
9 Surveillance et protection	58
9.1 Généralités	58
9.2 Surveillance	58
9.3 Protection électrique	59
10 Qualification des matériels.....	59
11 Conception à l'épreuve du vieillissement	60
12 Essais	60
13 Maintenance.....	61
Annexe A (informative) Exemples de variations de la tension d'entrée	62
Annexe B (informative) Exemples de spécifications	64

B.1	Exemple 1: Spécification d'une alimentation en courant continu pour les matériels exigeant une alimentation sans interruption	64
B.2	Exemple 2: Spécification d'une alimentation en courant alternatif pour les matériels exigeant une alimentation sans interruption	65
B.3	Exemple 3: Spécification d'une alimentation en courant continu avec convertisseur continu/continu pour les matériels	66
B.4	Programme d'ingénierie des facteurs humains	66
Bibliographie.....		68
Figure 1 – Périmètre du système		46
Figure 2 – Exemple de division d'un système d'alimentation électrique sans interruption		54
Figure 3 – Exemple de système d'alimentation électrique d'I&C sans interruption en courant alternatif.....		55
Figure A.1 – Exemple de variations de la tension sur l'alimentation interne en courant alternatif pendant l'élimination d'un défaut du système de transmission.....		62
Figure A.2 – Exemple de profil de tension interne à la suite d'une perte de charge (passage en îlotage)		62
Figure A.3 – Exemple de tensions simulées d'un jeu de barres de sûreté, condition de coupure de deux phases d'une ligne de 400 kV reliée au transformateur		63
Tableau B.1 – Exemple 1		64
Tableau B.2 – Exemple 2.....		65
Tableau B.3 – Exemple 3.....		66

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION, DE CONTRÔLE-COMMANDE ET D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE – EXIGENCES POUR LES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN COURANT ALTERNATIF ET EN COURANT CONTINU STATIQUES SANS INTERRUPTION

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61225 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) l'objectif principal de la présente édition est de fournir les exigences relatives aux alimentations statiques sans interruption dans les centrales nucléaires de puissance;

- b) outre les alimentations des systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande (I&C), la présente édition couvre l'ensemble des alimentations statiques sans interruption;
- c) elle met l'accent sur le fait que les alimentations statiques sans interruption doivent protéger le matériel connecté (charges) des transitoires présents sur le réseau de distribution en courant alternatif sur site (concept d'immunité);
- d) conformément au concept de défense en profondeur, la présente norme s'applique aux alimentations statiques sans interruption pour l'ensemble des matériels, pas seulement aux matériels importants pour la sûreté, avec une approche graduelle de la vérification et de la validation;
- e) ajout de l'exigence précisant que, lorsque les batteries sont connectées en parallèle en conditions de fonctionnement anormal, elles doivent être protégées de manière adéquate au moyen d'appareils d'isolement afin d'éviter toute défaillance pouvant impacter plus d'une division de l'alimentation sans interruption.

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

FDIS	Rapport de vote
45A/1235/FDIS	45A/1250/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

La première édition de la norme IEC 61225 parue en 1993 a été établie dans le but de fournir les exigences relatives à la conception des alimentations électriques pour les systèmes d'I&C dans les centrales nucléaires de puissance. En 2003, le Groupe de travail A2 a pris en compte le retour d'expérience collecté mondialement sur le sujet et a recommandé une révision de la présente norme afin qu'une nouvelle révision, l'IEC 61225 Ed 2 (2005), soit intégrée de façon plus cohérente dans la série de normes du SC 45A. En 2015, le Groupe de travail A11 a recommandé la révision de la présente norme suite à la révision du document SSG-34 de l'AIEA, précisant qu'il convenait que le domaine d'application de la norme couvre les alimentations statiques sans interruption pour tous les types de matériels connectés.

L'expérience internationale acquise avec l'exploitation de systèmes d'alimentation électrique dans les centrales nucléaires de puissance a mis en évidence un certain nombre de variations de la tension d'alimentation ainsi que des dysfonctionnements, tels que:

- des perturbations de tension dues à des perturbations au niveau du système de distribution interne en courant alternatif (d'origine interne ou externe);
- un dépassement de la tension en cas de perte de la grille;
- des conditions de coupure de phase (une ou deux phases);
- des défauts asymétriques.

Ces types de perturbations peuvent dégrader les performances des alimentations statiques sans interruption et engendrer une défaillance du matériel connecté.

L'un des objectifs des alimentations sans interruption est de protéger le matériel connecté contre les variations de tension sur le système de distribution interne en courant alternatif (concept d'immunité). Les alimentations doivent également garantir une tension de sortie présentant l'amplitude et la forme d'onde (en cas de courant alternatif) spécifiées pour les charges connectées. Les alimentations doivent être capables d'alimenter les charges pertinentes pendant le temps spécifié quelles que soient les variations de tension sur le système de distribution interne en courant alternatif.

L'Annexe A informative fournit des exemples de variations de tension et de fréquence au niveau de la cellule d'arrivée. L'Annexe B informative fournit des exemples de spécifications pour les alimentations statiques sans interruption.

La présente norme est applicable à la conception des alimentations électriques statiques sans interruption dans les nouvelles centrales nucléaires de puissance, dont la construction a débuté après la publication de la présente norme. Elle sert également de référence pour la modernisation et la mise à niveau des centrales nucléaires de puissance.

b) Position de la présente norme dans la série de normes du SC 45A

La norme IEC 61225 est un document de deuxième niveau traitant spécifiquement du sujet particulier des exigences relatives aux alimentations électriques.

Pour plus d'informations sur la série de normes du SC 45A, se référer au point d) de la présente introduction.

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

La présente norme doit être appliquée conjointement avec les normes IEC 61513, IEC 60709, IEC 60880, IEC 62138, IEC 62855 et IEC 63046 (à paraître).

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

Les documents de niveau supérieur de la série de normes produites par le SC 45A de l'IEC sont les normes IEC 61513 et IEC 63046. L'IEC 61513 traite des exigences générales relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle-commande (systèmes d'I&C) utilisés pour accomplir les fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires. L'IEC 63046 fournit les exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires, y compris les alimentations des systèmes d'I&C. L'IEC 61513 et l'IEC 63046 doivent être utilisées conjointement et au même niveau. L'IEC 61513 et l'IEC 63046 composent la série de normes produites par le SC 45A de l'IEC et constituent un cadre complet qui établit les exigences générales pour les systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et électriques des centrales nucléaires de puissance.

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

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

Le quatrième niveau est une extension de la série de normes du SC 45 de l'IEC; il correspond aux rapports techniques, qui ne sont pas des documents normatifs.

Les normes produites par le SC 45A de l'IEC mettent en œuvre et décrivent de manière cohérente les principes de sûreté et de sécurité fondamentaux énoncés dans les normes de sûreté applicables de l'AIEA et dans les documents pertinents de la Collection Sécurité nucléaire (CSN) de l'AIEA. Cela inclut en particulier le document d'exigences SSR-2/1 de l'AIEA qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires de puissance, le Guide de sûreté SSG-30 de l'AIEA qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des centrales nucléaires de puissance, le Guide de sûreté SSG-39 de l'AIEA qui aborde la conception des systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande des centrales nucléaires de puissance, le Guide de sûreté SSG-34 de l'AIEA qui concerne la conception des systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires de puissance et le Guide d'implémentation NSS17 qui porte sur la sécurité informatique des installations nucléaires. La terminologie et les définitions de sûreté et de sécurité utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

L'IEC 61513 et l'IEC 63046 ont adopté une présentation similaire à celle de la publication fondamentale de sûreté IEC 61508, avec un cycle de vie global et un cycle de vie des systèmes. Au niveau sûreté nucléaire, l'IEC 61513 et l'IEC 63046 sont l'interprétation des exigences générales de l'IEC 61508-1, de l'IEC 61508-2 et de l'IEC 61508-4 pour le secteur nucléaire. Dans ce domaine, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566 correspondent à l'IEC 61508-3 pour le secteur nucléaire. L'IEC 61513 et l'IEC 63046 font référence aux normes ISO ainsi qu'aux documents GS-R partie 2, GS-G-3.1 et GS-G-3.5 de l'AIEA pour ce qui concerne l'assurance qualité (QA). Au deuxième niveau de la sûreté nucléaire, l'IEC 62645 est le document d'entrée pour les normes de sécurité produites par le SC 45A de l'IEC. Cette norme s'appuie sur les principes fondamentaux et les principaux concepts valides des normes génériques de sécurité, en particulier les normes ISO/IEC 27001 et ISO/IEC 27002; elle les adapte et les complète pour s'adapter au contexte du nucléaire et se coordonne à la série IEC 62443. Au deuxième niveau, l'IEC 60964 est le document d'entrée pour les normes sur les salles de commande produites par le SC 45A de l'IEC et l'IEC 62342 est le document d'entrée pour les normes sur la gestion du vieillissement.

NOTE 1 L'hypothèse retenue est que des normes nationales ou internationales sont appliquées pour la conception des systèmes d'I&C qui mettent en œuvre des fonctions de sûreté conventionnelles (pour garantir la sécurité des travailleurs, la protection des biens, la prévention contre les dangers chimiques, la prévention contre les dangers liés à l'énergie des procédés, par exemple).

NOTE 2 En 2013, le domaine du SC 45A de l'IEC a été étendu aux systèmes électriques. En 2014 et en 2015, des discussions ont été menées avec le SC 45A de l'IEC afin de décider de la méthode et du domaine d'application des exigences générales pour la conception des systèmes électriques. Les experts du SC 45A de l'IEC ont recommandé l'élaboration d'une norme indépendante au même niveau que l'IEC 61513 afin d'établir les exigences générales des systèmes électriques. Le projet IEC 63046 a depuis été lancé pour répondre à cet objectif. La NOTE 2 figurant en introduction des normes produites par le SC 45A de l'IEC sera supprimée dès la parution de l'IEC 63046.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61225:2019

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION, DE CONTRÔLE-COMMANDE ET D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE – EXIGENCES POUR LES SYSTÈMES D'ALIMENTATION EN COURANT ALTERNATIF ET EN COURANT CONTINU STATIQUES SANS INTERRUPTION

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les performances et les caractéristiques fonctionnelles des systèmes d'alimentation statiques sans interruption (ASSI) en basse tension dans les centrales nucléaires de puissance et, pour les parties pertinentes, dans les installations nucléaires. Une source d'alimentation électrique non-interruptible est un équipement électrique qui tire l'énergie électrique d'une source, la stocke et maintient une alimentation aux bornes de sortie sous une forme spécifiée en utilisant des moyens internes à l'équipement. Une alimentation statique sans interruption (ASSI) ne comprend pas de partie tournante pour réaliser sa fonction.

Les exigences de conception particulières relatives aux composants du système d'alimentation électrique sont traitées par les normes IEC et les autres normes citées dans les références normatives et ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

2 Références normatives

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

IEC 60038, *Tensions normales de l'IEC*

IEC 60146-1-1, *Convertisseurs à semiconducteurs – Exigences générales et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécification des exigences de base*

IEC 60146-2, *Convertisseurs à semiconducteurs – Partie 2: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs y compris les convertisseurs à courant continu directs*

IEC 60364-4-41, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

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

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

IEC 60880, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Aspects logiciels des systèmes programmés réalisant des fonctions de catégorie A*

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

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

IEC 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC 61513, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences générales pour les systèmes*

IEC 62003, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences relatives aux essais de compatibilité électromagnétique*

IEC 62040 (toutes les parties), *Alimentations sans interruption (ASI)*

IEC 62138, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Aspects logiciels des systèmes informatisés réalisant des fonctions de catégorie B ou C*

IEC 62566, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Développement des circuits intégrés programmés en HDL pour les systèmes réalisant des fonctions de catégorie A*

IEC 62566-2, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Développement des circuits intégrés programmés en HDL – Partie 2: Circuits intégrés programmés en HDL pour les systèmes réalisant des fonctions de catégorie B ou C (à publier)*

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 aux Guides de sûreté SSG-34 et 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 <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

incident de fonctionnement prévu

IFP

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

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

3.2

chargeur de batterie

appareil électrique utilisé pour convertir du courant alternatif en courant continu afin de charger des batteries et d'alimenter des charges de courant continu durant le fonctionnement normal

Note 1 à l'article: Le chargeur de batterie assure l'isolement du transformateur entre la sortie en courant continu et l'entrée en courant alternatif; il est en outre équipé de dispositifs de régulation et de surveillance.

[SOURCE: IEEE 946, 2004]

3.3**défaillance de cause commune**

DCC

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

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

3.4**diversité**

présence de plusieurs systèmes ou composants 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 de l'AIEA, édition 2016]

3.5**division**

ensemble d'éléments, y compris leurs interconnexions, qui forment une redondance d'un système redondant ou d'un groupe de sûreté

Note 1 à l'article: Les divisions peuvent comprendre plusieurs canaux.

Note 2 à l'article: Désignation qui permet l'établissement et le maintien d'une indépendance physique, électrique et fonctionnelle par rapport à d'autres ensembles d'éléments redondants.

[SOURCE: Guide de sûreté SSG-39 de l'AIEA, 2016]

3.6**états de la centrale**

Conditions de fonctionnement		Conditions accidentelles	
Fonctionnement normal	Incidents de fonctionnement prévus	Accidents de dimensionnement	Conditions d'extension du dimensionnement
			Sans dégradation importante du combustible Avec fusion du cœur

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

3.7**redondance**

mise en place de structures, systèmes ou composants (identiques ou différents) supplémentaires, afin qu'un élément quelconque puisse remplir la fonction requise indépendamment de l'état de fonctionnement ou de défaillance d'un autre élément

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

3.8**système lié à la sûreté**

système important pour la sûreté qui ne fait pas partie d'un système de sûreté

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

3.9**système de sûreté**

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 de l'AIEA, édition 2016]

3.10

défaillance unique

défaillance qui rend un système unique ou un composant impropre à remplir sa (ses) fonction(s) de sûreté prévue(s) et toute autre défaillance qui peut en résulter

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

3.11

critère de défaillance unique

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

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

3.12

perte totale des alimentations électriques en courant alternatif

SBO

situation de perte totale des alimentations électriques en courant alternatif de la centrale par les sources externes, le générateur principal et les sources d'alimentation de secours en courant alternatif

Note 1 à l'article: Les alimentations en courant continu et en courant alternatif sans interruption peuvent être disponibles tant que les batteries peuvent alimenter les charges.

Note 2 à l'article: Conformément au Guide de sûreté SSG-34 de l'AIEA, des alimentations en courant alternatif de secours sont disponibles.

Note 3 à l'article: L'abréviation " SBO" est dérivée du terme anglais développé correspondant "station blackout".

[SOURCE: Guide de sûreté SSG-34 de l'AIEA, 2016]

4 Termes abrégés

ASI	Alimentation sans interruption
ASSI	Alimentation statique sans interruption
CA	Courant alternatif
CC	Courant continu
CEM	Compatibilité électromagnétique
CNP	Centrale nucléaire de puissance
DCC	Défaillance de cause commune
IFP	Incident de fonctionnement prévu
I&C	Instrumentation et contrôle-commande
SBO (Station blackout)	Perte totale des alimentations électriques en courant alternatif
SSC	Structures, systèmes et composants
TBGI	Transistor bipolaire à grille isolée

5 Exigences du système

5.1 Généralités

Le présent document établit les exigences pour réaliser des systèmes ASSI fiables et robustes dans les centrales nucléaires de puissance (CNP). Même si des critères plus stricts sont appliqués aux alimentations électriques de sécurité et qu'une vérification plus poussée

est nécessaire, l'ensemble des systèmes d'alimentation internes et externes contribue à la fiabilité et à la robustesse des systèmes d'alimentation de CNP. Il est recommandé d'appliquer les mêmes exigences aux systèmes d'ASSI, quel que soit leur classement de sûreté, avec une approche progressive en matière de vérification et de validation.

Les systèmes d'alimentation électrique robustes doivent avoir suffisamment de marges et appliquer une démarche conservatrice pour garantir que:

- les caractéristiques et les capacités du matériel exigées pour atteindre les objectifs prévus ne sont pas dépassées pendant l'ensemble des conditions hypothétiques;
- des valeurs de consigne pour la protection du matériel sont choisies afin de prendre en compte les perturbations prévues dans le système de distribution électrique de la CNP pour l'ensemble des modes de fonctionnement;
- le matériel est apte et capable de supporter des opérations d'urgence.

La conception des alimentations doit comprendre une analyse:

- des variations transitoires, dynamiques et quasi stationnaires de tension et de fréquence (dans le cas d'une source d'alimentation en courant alternatif);
- des coupures d'alimentation (ou des creux de tension/fréquence dépassant la plage de variation dynamique admise) d'une durée comprise entre quelques millisecondes et les conditions de perte totale des alimentations électriques en courant alternatif;
- des conditions asymétriques.

5.2 Fonction et description

5.2.1 Préambule

Le système ASSI doit assurer une alimentation en continu sans interruption de chaque charge connectée, dans la limite des tolérances spécifiées pour la tension, et (pour les systèmes en courant alternatif) pour la forme d'onde et la fréquence, pour toutes les conditions d'entrée.

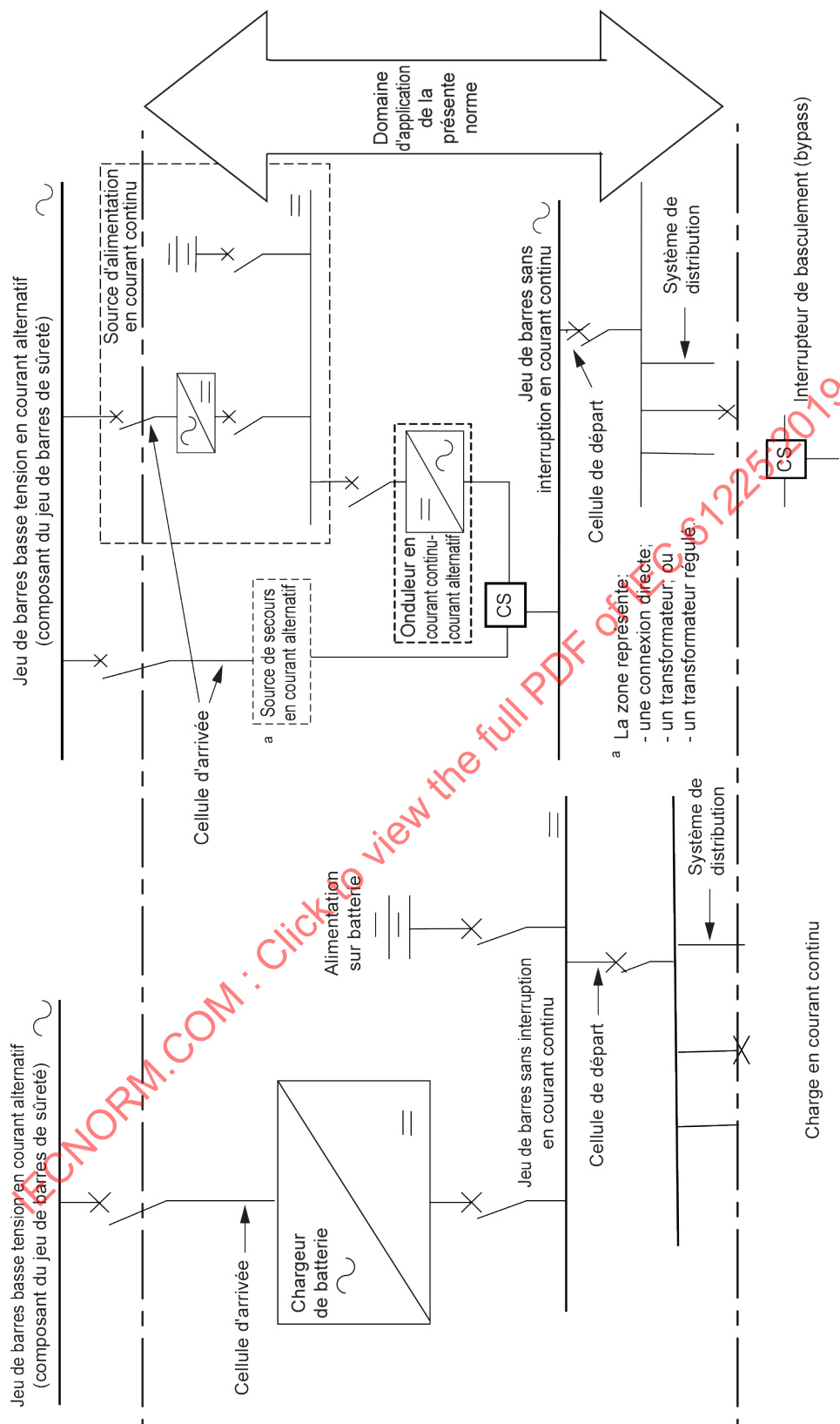
Une ASSI se compose généralement de l'un ou des deux systèmes suivants (voir Figure 1):

- un système d'alimentation en courant continu avec chargeurs de batteries et batteries, alimentant des charges de courant continu;
- un système d'alimentation en courant alternatif avec chargeurs de batteries, batteries de secours, commutateurs statiques et onduleurs, alimentant des charges de courant alternatif.

Dans certaines conceptions, les chargeurs de batteries et les batteries peuvent être communs aux deux systèmes en courant continu et en courant alternatif.

Il convient de désigner les fonctions et le classement des alimentations conformément au schéma de classement de sûreté de la CNP. En règle générale, il convient d'établir le classement sur la base du classement le plus élevé de la charge alimentée par l'alimentation, comme indiqué au 7.2.

Le 8.5 traite des contraintes relatives à la connexion des charges avec différents classements.



IEC

Les convertisseurs continu/continu, les convertisseurs alternatif/continu et les convertisseurs utilisés pour stabiliser la tension ne sont pas représentés. L'alimentation sans interruption en courant alternatif peut également être assurée par une ASI. Une ASI est généralement un ensemble intégré constitué d'un chargeur de batterie, d'une batterie et d'un onduleur, comme représenté dans la partie droite de la figure.

Figure 1 – Périmètre du système

5.2.2 Désignations

Alimentation entrante: L'ASSI possède une cellule d'arrivée, généralement reliée à un jeu de barres basse tension en courant alternatif qui fait normalement partie des jeux de barres de sûreté électrique¹.

Alimentation sortante: L'ASSI utilise un ensemble chargeur de batterie/batterie ou chargeur de batterie/batterie/onduleur avec une cellule de départ reliée au système de distribution.

L'ASSI alimente les charges à partir d'un système de distribution (voir Figure 1).

5.2.3 Systèmes en courant continu

Chaque division d'un système d'alimentation électrique en courant continu sans interruption doit se composer d'au moins:

- une batterie;
- un chargeur de batterie;
- un système de distribution.

Pour améliorer la disponibilité et la robustesse de la division, mais également la flexibilité de maintenance, il convient d'envisager la mise en place d'une redondance interne dans chaque division. Les mesures relatives à la redondance sont traitées en 5.3.

Le système d'alimentation électrique en courant continu doit alimenter les charges de courant continu durant le fonctionnement normal (coupures incluses), les incidents de fonctionnement prévus et les conditions accidentelles.

Le système d'alimentation électrique en courant continu doit alimenter les charges de courant continu pendant le temps minimal spécifié en cas de perte de puissance au niveau de la cellule d'arrivée sans faire varier la tension de la cellule de départ en dehors des tolérances spécifiées.

5.2.4 Systèmes en courant alternatif

Chaque division d'un système d'alimentation électrique en courant alternatif sans interruption doit se composer des éléments suivants:

- une alimentation reliant un système d'alimentation en courant continu à un onduleur;
- sinon, un système d'alimentation relié à un jeu de barres en courant alternatif interruptible, un chargeur de batterie dédié, une batterie et un onduleur;
- un système de distribution.

Un système d'alimentation de secours relié au système de distribution à partir d'un jeu de barres interruptible en courant alternatif doit être installé, ainsi qu'un dispositif permettant de basculer automatiquement entre l'alimentation par l'onduleur et l'alimentation de secours.

Pour améliorer la disponibilité et la robustesse de la division, mais également la flexibilité de maintenance, il convient d'envisager la mise en place d'une redondance interne. Le 5.3 traite de la mise en place de la redondance.

Le système d'alimentation électrique en courant alternatif doit alimenter les charges de courant alternatif durant le fonctionnement normal (coupures incluses), les incidents de fonctionnement prévus et les conditions accidentelles.

1 Se référer aux figures du Guide de sûreté SSG-34 de l'AIEA.

Le système d'alimentation électrique en courant alternatif doit alimenter les charges de courant alternatif pendant le temps minimal spécifié en cas de perte de puissance au niveau de la cellule d'arrivée sans faire varier la tension de la cellule de départ en dehors des tolérances spécifiées.

En raison de la haute fiabilité des systèmes en courant continu, il convient d'envisager l'alimentation d'un système d'I&C de sûreté par le système en courant continu. Si possible, il convient de combiner une alimentation en courant continu et en courant alternatif afin de réduire le plus possible les risques de défaillance de mode commun. S'il n'existe que des charges à alimenter, il convient de recourir à une alimentation en courant continu comme solution préférentielle. Cette approche permet de limiter les sources de défaillance.

5.3 Divisions du système

Le système d'alimentation électrique en courant continu et le système d'alimentation électrique en courant alternatif doivent être divisés en divisions redondantes et indépendantes. Les charges de sûreté doivent être alimentées à partir d'au moins une source d'alimentation dédiée pour chaque division, afin de garantir la séparation physique et fonctionnelle de l'installation. Le nombre exigé de sources redondantes dépend de la conception du système de protection du réacteur et de la redondance dans la conception de la CNP.

Les alimentations des charges de sûreté couvertes par le présent document doivent être conformes au critère de défaillance unique décrit dans l'IEC 61513 et aux exigences de séparation et de tolérance aux défaillances définies dans l'IEC 60709.

La diversité fonctionnelle des systèmes en courant alternatif et en courant continu doit être prise en compte pour les alimentations d'I&C afin d'améliorer la disponibilité de l'ensemble du système d'alimentation. Le principe d'indépendance et de diversité doit être appliqué afin d'offrir une protection contre les défaillances de cause commune (DCC) crédibles pouvant affecter les composants redondants et qui se produisent:

- dans le matériel proprement dit;
- en raison de surtensions de manœuvre;
- en raison de variations de la tension et/ou de la fréquence.

L'Annexe A fournit des exemples de ces événements.

La possibilité de DCC doit être prise en compte, par exemple en procédant à une analyse et à la mise en place d'une défense en profondeur lors de la conception, la maintenance, les essais et l'exploitation du système.

5.4 Limites du système

Le domaine d'application du présent document couvre les systèmes d'alimentation électrique, des bornes de sortie du disjoncteur au chargeur de batterie jusqu'aux disjoncteurs d'entrée de chaque charge (voir Figure 1).

Chaque système peut dans les limites précisées précédemment être équipé de matériels tels que transformateurs, convertisseurs, chargeurs de batteries, onduleurs, câbles, dispositifs d'isolement, tableaux de répartition, dispositifs de commutation, batteries centrales et locales, ainsi que d'équipements de manœuvre, de surveillance et de protection.

Si nécessaire, une charge de classe de sûreté inférieure provenant de la même division peut être alimentée par un jeu de barres alimentant le matériel de classe sûreté supérieure soumis aux dispositions du 8.5.

6 Exigences fonctionnelles pour les alimentations statiques sans interruption

6.1 Alimentations statiques sans interruption importantes pour la sûreté

Les ASSI peuvent être soumises à des perturbations électriques au niveau de la cellule d'arrivée. Il convient d'identifier et d'atténuer ces transitoires. Une protection doit être installée afin d'empêcher que des perturbations en dehors des limites acceptables n'affectent la tension (ou la fréquence, s'il y a lieu) de la cellule de départ et du système de distribution. La conception de l'ASSI doit garantir que le matériel connecté soit protégé contre ces perturbations et variations.

Après une perte de puissance et le rétablissement de l'alimentation au niveau de la cellule d'arrivée, la tension de sortie transmise à ces charges (courant alternatif ou continu) doit être maintenue dans les limites spécifiées. Il convient d'évaluer la tolérance des charges aux coupures brèves d'alimentation durant les opérations de basculement.

La conception de l'ASSI doit garantir que des coupures et perturbations de la tension de la cellule d'arrivée n'affectent pas la fonction de sûreté du matériel connecté.

Les exigences de compatibilité électromagnétique (CEM) doivent être prises en compte (par analyse, par exemple) et l'adéquation de l'immunité doit être démontrée. Les composants actuellement utilisés dans l'alimentation des systèmes ASSI doivent être conformes aux exigences d'immunité aux perturbations fournies par l'IEC 62003.

NOTE La norme CEM fondamentale des ASI (voir 6.4) est l'IEC 62040 conjointement avec l'IEC 61000-6-2 et l'IEC 61000-6-4.

Il convient de réduire le risque de défaillance logicielle ou de DCC dans le matériel numérique utilisé pour le contrôle et la surveillance des alimentations ASI, à un niveau acceptable en cohérence avec son dossier de sécurité, en appliquant une conception logicielle, une catégorisation, une vérification et une validation adéquates. S'il y a lieu, il convient d'étudier différentes conceptions du matériel et du logiciel.

L'IEC 60880 (systèmes de Classe 1), l'IEC 62138 (systèmes de Classe 2/3), l'IEC 62566 et l'IEC 62566-2 contiennent les lignes directrices relatives à la conception, la validation et la vérification du logiciel.

Les dispositifs de catégorie SIL3 peuvent être utilisés conformément à l'IEC 61508 en effectuant des essais de matériel et des expériences opérationnelles appropriés.

6.2 Batteries et chargeurs de batteries

Pour maintenir une alimentation électrique sans interruption en courant continu, la batterie et le chargeur de batterie doivent être connectés en permanence à leur jeu de barres associé. La capacité de la batterie et du chargeur de batterie doit être adéquate pour alimenter les charges connectées (charges transitoires et intermittentes incluses) et maintenir l'alimentation pendant le temps minimal spécifié.

Le chargeur de batterie doit avoir une capacité suffisante pour:

- rétablir une batterie déchargée à un état de charge flottante dans un délai acceptable tout en maintenant la plage de tensions acceptable des consommateurs et;
- satisfaire simultanément aux puissances maximales appelées hypothétiques par l'ensemble des charges connectées après un début de perte de puissance normale.

Si la charge rapide de la batterie est prise en compte, il convient d'examiner les conséquences d'une augmentation de la tension pour les consommateurs connectés.

Chaque chargeur de batterie doit être équipé de dispositifs de sectionnement appropriés dans les circuits en courant alternatif et continu pour permettre l'isolement des chargeurs de batteries.

Les batteries de chaque système d'alimentation redondant doivent être installées dans des pièces distinctes, chacune équipée d'un système de surveillance et de ventilation indépendant dont les dimensions permettent de maintenir les conditions à l'intérieur de l'enveloppe de conception.

NOTE 1 L'EN 50272-2 fournit des informations sur les exigences de sûreté pour les installations de batteries relatives à la production d'hydrogène.

Chaque batterie doit être équipée de dispositifs de sectionnement appropriés pour l'isoler du chargeur de batterie et du jeu de barres en courant continu et procéder à un essai de capacité.

Lors du dimensionnement des batteries et des chargeurs de batteries du système en courant continu, les éléments suivants doivent être pris en compte:

- les marges de sûreté de conception;
- les effets de la température;
- la détérioration des composants due à leur vieillissement.

La capacité des batteries doit satisfaire à l'ensemble des demandes de charges et conditions de fonctionnement exigées durant la période exigée dans l'ensemble des états de la centrale, sans que le chargeur de batterie soit en fonctionnement. Les conditions de fonctionnement incluent, mais sans s'y limiter:

- les cycles de service;
- les transitoires électriques durant les conditions de fonctionnement normal;
- les conditions accidentelles de dimensionnement;
- la perte des alimentations en courant alternatif.

NOTE 2 L'IEC 62855 fournit davantage d'informations sur les études du flux de puissance.

Les batteries et les chargeurs de batteries doivent être en fonctionnement afin que les batteries soient constamment chargées. Les batteries fournissent du courant aux charges uniquement lorsque l'alimentation par le chargeur de batterie n'est pas disponible. Il convient que le chargeur de batterie puisse maintenir une tension stable et alimenter en continu et à court terme les charges sans qu'une batterie soit connectée (ce mode de fonctionnement n'est normalement pas prévu)². Les batteries et les chargeurs de batteries doivent être qualifiés pour les conditions d'environnement dans lesquelles les matériels sont supposés fonctionner afin d'atténuer les conséquences d'un accident de dimensionnement.

L'Annexe B fournit un exemple de spécification pour les batteries et les chargeurs de batteries.

Les méthodes d'exploitation et les capacités des matériels doivent être examinées dans le cas de batteries ou de chargeurs de batteries pouvant être mis hors service par suite d'une défaillance.

² Ce mode de fonctionnement n'est pas admis en fonctionnement normal. La tenue au court-circuit d'un chargeur de batterie est limitée et pourrait faire passer en mode de limitation de courant qui est susceptible d'empêcher l'élimination des défauts. Cette exigence a pour but d'empêcher les tensions continues anormales si la batterie est déconnectée.

Les alimentations locales, par exemple celles alimentant un appareil d'instrumentation ou une armoire de commande, doivent également satisfaire aux articles applicables du présent document.

6.3 Onduleurs et interrupteurs de bypass

Une alimentation sans interruption en courant alternatif doit être fournie, si nécessaire, afin d'alimenter le matériel exigeant une alimentation continue en courant alternatif. Une alimentation sans interruption en courant alternatif doit avoir une capacité adéquate pour alimenter les charges connectées, y compris les charges transitoires et intermittentes.

L'alimentation sans interruption en courant alternatif doit être équipée des éléments suivants:

- une cellule d'arrivée en courant alternatif;
- un chargeur de batterie;
- une batterie permettant de stocker l'énergie;
- un onduleur;
- une cellule de départ en courant alternatif;
- un interrupteur de bypass permettant de basculer automatiquement entre l'onduleur et l'alimentation de secours en courant alternatif (voir ci-dessous).

Lorsque des alimentations en courant alternatif sans interruption de très haute disponibilité sont exigées, un basculement automatique rapide entre l'onduleur et l'alimentation de secours en courant alternatif³ doit être effectué par le biais d'un commutateur statique ou d'un contacteur-inverseur. Les transformateurs ou les transformateurs régulés sont des exemples d'alimentations de secours en courant alternatif.

Les exigences et recommandations relatives aux batteries et aux chargeurs de batteries données au 6.2 s'appliquent.

La conception des onduleurs doit prendre en compte les conditions suivantes qui s'ajoutent à la somme de la capacité de charge totale:

- la commande de tension durant la perte puis le rétablissement de l'alimentation de primaire doit permettre de maintenir la tension de sortie dans les limites spécifiées;
- l'onduleur doit être adapté aux charges non linéaires;

L'onduleur et l'alimentation de secours doivent chacun être capables de lancer le dispositif de protection en aval afin d'isoler une défaillance du système côté charge.

L'onduleur doit être conçu pour gérer la surtension maximale attendue au niveau de l'entrée en courant continu, sans avoir à activer sa propre protection.

Pour accélérer les basculements, il convient que les onduleurs fonctionnent de manière synchrone avec le système de secours dédié en mode de fonctionnement normal. Les dispositifs de manœuvre doivent pouvoir supporter la tension inverse maximale pouvant se produire au cours de perturbations de tension sur la source de secours en courant alternatif. Le dispositif de basculement doit posséder son propre circuit de commande qui n'est pas touché par les défauts dans la commande de l'onduleur.

L'Annexe B fournit un exemple de spécification pour l'onduleur et l'interrupteur de bypass.

³ Lorsque l'alimentation de secours est utilisée, les perturbations se produisant sur le distributeur d'alimentation seront transmises aux jeux de barres sans interruption; elles pourraient avoir un effet négatif sur les charges alimentées (comme le matériel d'I&C).

6.4 ASI

L'alimentation électrique sans interruption en courant alternatif peut être assurée par une alimentation sans interruption (ASI). Une ASI est généralement un ensemble intégré constitué d'un chargeur de batterie et d'un onduleur avec une batterie connectée.

Les exigences et recommandations sont données au 6.2 pour les batteries et les chargeurs de batteries et au 6.3 pour les onduleurs et les interrupteurs de bypass.

6.5 Convertisseurs utilisés pour stabiliser la tension

Des convertisseurs continu/continu à circuit intermédiaire peuvent être utilisés pour alimenter les appareils électroniques. L'entrée de ces convertisseurs continu/continu doit être connectée à la tension de l'ASSI. Ces convertisseurs continu/continu peuvent alimenter, côté sortie, des charges ou groupes de charges avec une tension contrôlée dont la valeur nominale peut être différente de la tension de l'ASSI dans le but:

- de stabiliser la tension de sortie en fonction de la charge et de l'état de charge de la batterie;
- d'adapter le niveau de tension du consommateur à un niveau de tension différent de celui de la source d'alimentation.

Il convient d'installer ces convertisseurs soit dans le système d'alimentation en courant continu, soit dans la cellule d'arrivée de l'armoire de commande appropriée, comme décrit en 6.6.

Les exigences et recommandations relatives aux onduleurs données au 6.3 s'appliquent. L'Annexe B fournit un exemple de spécification pour un convertisseur.

6.6 Alimentation d'I&C utilisant des convertisseurs continu/continu et des convertisseurs alternatif/continu

Les systèmes d'I&C sont souvent équipés de convertisseurs continu/continu ou de convertisseurs alternatif/continu. Ces convertisseurs adaptent le niveau de tension et alimentent le matériel d'I&C en énergie.

Le convertisseur est alimenté par une ASSI et peut comprendre un dispositif de commutation (tel qu'un TBGI), un transformateur, un redresseur et un filtre en sortie. Le convertisseur doit garantir la séparation électrique de l'alimentation d'I&C au moyen du transformateur installé.

Les convertisseurs continu/continu et alternatif/continu alimentent les armoires d'I&C dédiées ou un groupe d'armoires d'I&C. Les convertisseurs continu/continu et les convertisseurs alternatif/continu doivent avoir une capacité suffisante pour alimenter les charges connectées, en tenant compte des exigences de protection en particulier.

Les exigences et recommandations sont données au 6.2 (pour les batteries et les chargeurs de batteries) et au 6.3 (pour les onduleurs). L'Annexe B fournit un exemple de spécification pour un convertisseur continu/continu.

7 Exigences pour les systèmes de distribution

7.1 Aspects du système

Le système de distribution doit accepter les alimentations redondantes et assurer une alimentation continue de chaque charge dans la limite des tolérances de tension, de forme d'onde et de fréquence spécifiées pour l'ensemble des conditions d'entrée.

La taille du câblage pour chaque circuit fusible doit être choisie afin de limiter la chute de tension stationnaire entre la source et la charge finale à 5 % maximum. La chute de tension entre le chargeur de batterie/la batterie ou l'onduleur sur les jeux de barres du système de distribution doit être prise en compte.

En conditions de fonctionnement normal, le système de distribution en courant continu doit être connecté à la batterie et au chargeur de batterie. Le système de distribution en courant alternatif sans interruption doit être alimenté par l'onduleur et une alimentation de secours en courant alternatif doit (voir 6.3 lorsque cela est recommandé) être prête à prendre le relais avec un temps de coupure réduit le plus possible. Si cette commutation se produit, le rétablissement de l'alimentation par l'onduleur doit être automatique si l'onduleur est opérationnel. La durée de basculement doit être inférieure au temps de coupure toléré par les charges connectées aux jeux de barres du système de distribution.

En conditions de fonctionnement normal, la mise en parallèle des batteries issues de divisions différentes doit être évitée. La mise en œuvre d'une double alimentation par des divisions différentes est admise seulement si le risque de DCC est suffisamment faible. De telles connexions doivent être contrôlées et justifiées par une évaluation de sûreté.

7.2 Répartition des charges

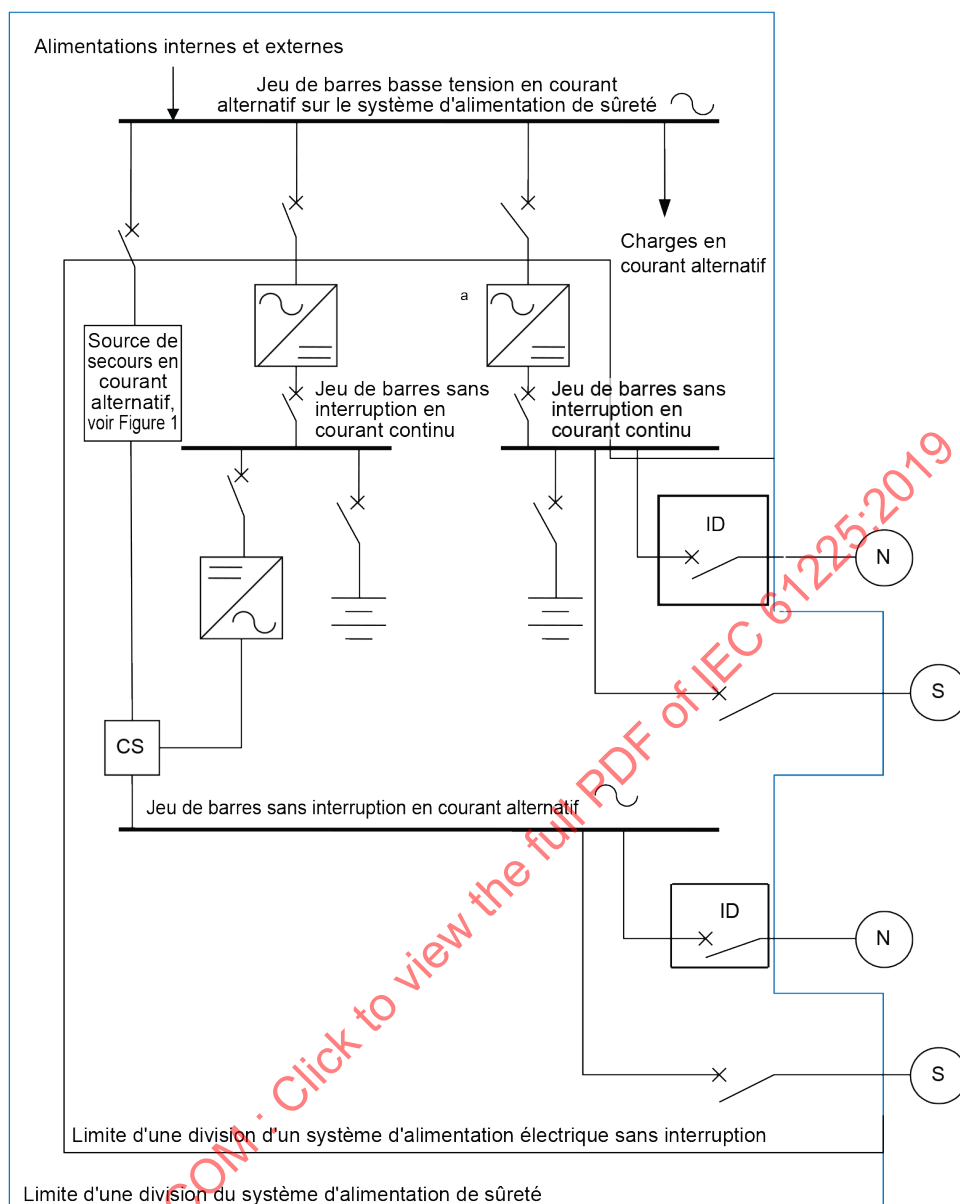
Il convient d'attribuer les charges à la source en courant alternatif ou continu la plus adéquate conformément à leurs exigences spécifiques.

Il convient que le processus de conception permette de répertorier la liste de l'ensemble des charges, notamment leur classement en termes d'importance pour la sûreté. Les exigences de chaque charge doivent être identifiées. Cela couvre la tension, le courant nominal, la valeur crête du courant de démarrage ou d'allumage, le facteur de puissance, le profil de charge et la puissance exigée, les tolérances relatives aux alimentations et aux sources en courant alternatif ou continu. Il convient de déterminer le temps de coupure maximal tolérable pour chaque charge.

NOTE L'IEC 62855 décrit les études du flux de puissance.

La Figure 2 et la Figure 3 représentent d'autres types de systèmes de distribution couverts par le présent document.

Le 8.5 traite des charges non liées à la sûreté qui exigent une alimentation sans interruption.



^a Le système d'alimentation en courant continu et le système d'alimentation sans interruption en courant alternatif peuvent partager la même batterie et le même chargeur si les conditions de performance peuvent être remplies.

Légende des symboles

Dispositif d'isolement (ID)	Disjoncteur	Interrupteur de basculement (bypass)	Charge importante pour la sûreté	Autres charges
-----------------------------	-------------	--------------------------------------	----------------------------------	----------------

IEC

Figure 2 – Exemple de division d'un système d'alimentation électrique sans interruption

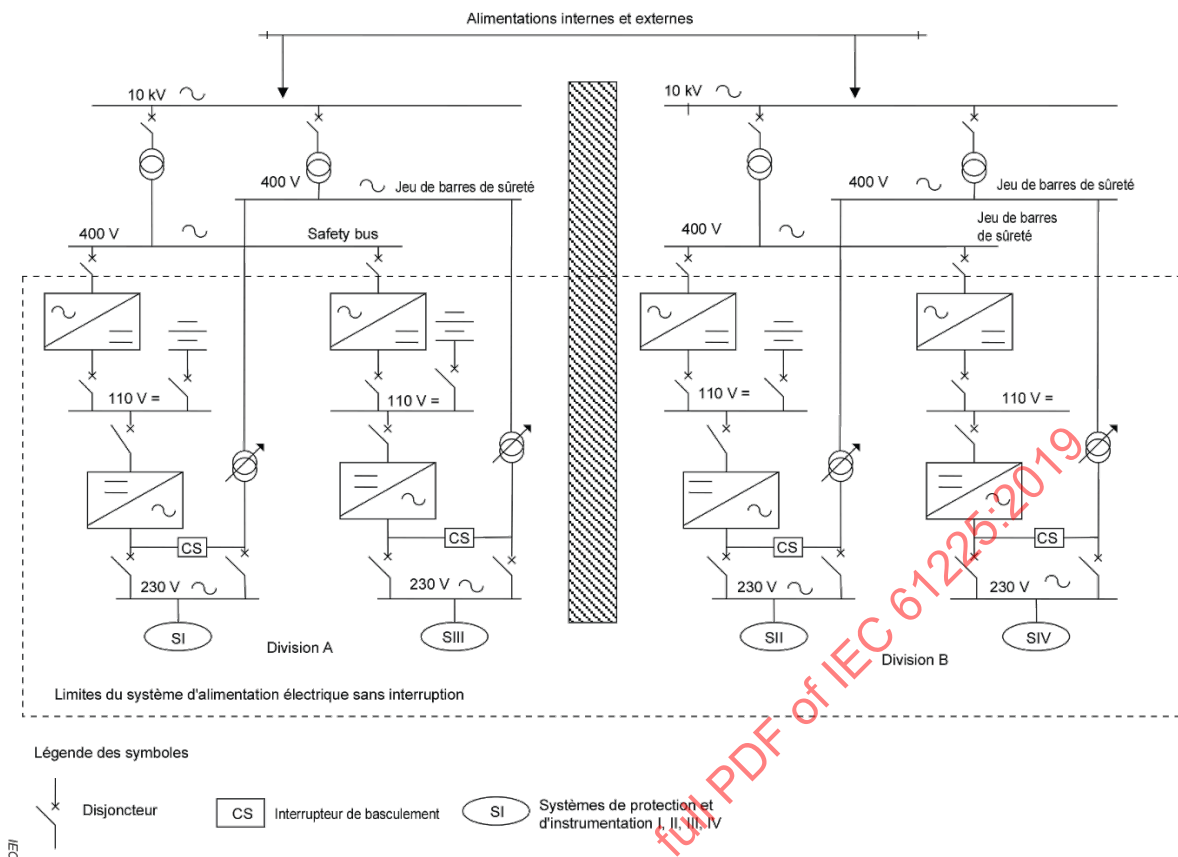


Figure 3 – Exemple de système d'alimentation électrique d'I&C sans interruption en courant alternatif

7.3 Aspects électriques

Les tensions de distribution normalisées doivent être choisies de manière à permettre l'utilisation d'une vaste gamme de matériels, mais il convient de réduire le plus possible le nombre de niveaux pour éviter que le système ne soit trop complexe. Des charges peuvent être fournies avec leur propre convertisseur, si nécessaire, afin de les adapter aux tensions normalisées. Les tensions recommandées sont données dans l'IEC 60038.

Les caractéristiques des alimentations en courant continu exigées par les charges doivent comporter une marge au niveau des valeurs spécifiées en sortie du système d'alimentation, afin de tolérer:

- toute détérioration du service;
- la chute de tension entre la charge et l'alimentation;
- la tension de la batterie pendant la charge d'entretien; et
- la chute de tension de la batterie pendant la décharge.

Les caractéristiques des alimentations en courant alternatif exigées par les charges doivent comporter une marge au niveau des valeurs spécifiées pour la sortie du système d'alimentation, afin de tolérer:

- toute détérioration en service; et
- la chute de tension entre la charge et l'alimentation.

Dans le cas d'alimentations triphasées, les charges doivent être correctement réparties sur les trois phases.

En cas de défaut du système, la conception du système de protection électrique peut jouer un rôle important sur la fiabilité de l'alimentation des différentes charges. Le 9.3 traite du système de protection électrique.

7.4 Mise à la terre

La mise à la terre garantit la sûreté électrique et la fonctionnalité des systèmes d'alimentation électrique et des systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande.

NOTE Les normes nationales et internationales fournissent des lignes directrices de conception complètes pour la mise à la terre.

Une centrale électrique possède généralement quatre systèmes de mise à la terre identifiables sur le plan conceptuel, mais qui ne sont pas nécessairement distincts sur le plan physique: un système destiné à la sécurité du personnel, un système de protection contre la foudre, un système destiné aux systèmes d'alimentation électrique et un système destiné aux systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande, notamment la mise à la terre des signaux. Il convient de raccorder tous les systèmes de mise à la terre à une grille de mise à la terre unique.

Il convient généralement de mettre à la terre le système de distribution afin d'éviter la survenance de défauts dangereux, qui pourraient se produire sur un système normalement non relié à la terre à la suite de défauts multiples. Lorsqu'un système non relié à la terre est utilisé, il convient d'accorder une attention particulière à la surveillance du niveau d'isolement à la terre et à l'élimination des défauts afin d'empêcher l'apparition éventuelle de conditions de défaillances dangereuses lorsque deux défauts à la terre ou plus sont présents sur un système d'alimentation. Le matériel de surveillance doit alerter et identifier l'emplacement des défauts avant que l'impédance à la terre ne chute au-dessous d'une valeur à laquelle pourraient se produire des défaillances.

Le système de mise à la terre des signaux d'I&C doit être compatible avec le système de mise à la terre de distribution de puissance pour l'I&C.

Il existe un certain nombre de solutions de mise à la terre pour les systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande. En règle générale, les centrales électriques utilisent l'une des deux approches suivantes: mise à la terre en un seul point ou mise à la terre en plusieurs points. La solution préférentielle dépend de la conception.

La solution de mise à la terre utilisée doit être justifiée et coordonnée par rapport à l'ensemble des dispositions de conception prévues en matière de compatibilité électromagnétique.

8 Effets des charges sur la qualité d'alimentation

8.1 Généralités

La conception du système d'alimentation interne et la répartition des charges doivent être telles que l'alimentation d'I&C ne soit pas affectée de façon négative par les autres charges. Il convient que la conception prenne en compte les transitoires provenant des variations de charges électriques rapides (e.g. du fonctionnement de vannes, de moteurs et autres appareils, du fonctionnement des fusibles ou autres appareils de protection). L'alimentation d'I&C doit être séparée dans la mesure nécessaire pour isoler ces effets.

8.2 Interférences électromagnétiques

Les charges et convertisseurs de puissance non linéaires peuvent produire des interférences transmises aux autres matériels, directement par rayonnement ou conduites par les réseaux électriques d'alimentation. Ces phénomènes doivent être réduits le plus possible en utilisant des matériels conformes aux niveaux d'interférence spécifiés dans la série IEC 61000, et en

mettant en place une séparation physique et le blindage des câbles conformément à l'IEC 60709.

NOTE 1 Les alimentations sans interruption industrielles ne respectent généralement pas les catégories CEM nécessaires dans une CNP.

De nombreuses charges (unités d'alimentation en mode commuté, par exemple) produisent des impulsions de courant qui génèrent des harmoniques de courant. Ces charges doivent être spécifiées afin de satisfaire aux niveaux acceptables de forme d'onde de courant et d'interférence afin de s'assurer que les formes d'onde de tension acceptables puissent être maintenues.

NOTE 2 L'IEC 62855 fournit des informations supplémentaires sur ces études.

8.3 Transitoires

Plusieurs types de charges (ordinateurs et dispositifs programmables, par exemple) sont sensibles aux dysfonctionnements causés par une distorsion de la forme d'onde de la tension d'alimentation, des résidus harmoniques excessifs et des transitoires/pics de tension. Le fonctionnement des fusibles ou la commutation des charges (telles que les transformateurs ou les matériels tournants) génère un transitoire, qui peut abaisser momentanément la tension du matériel alimenté par la même alimentation à un niveau faible non acceptable et entraîner les perturbations citées précédemment. De la même façon, les surtensions ou les pics de tension peuvent facilement endommager les dispositifs informatiques. Les actions appropriées doivent être prises afin de pallier de tels problèmes. Par exemple, il convient de connecter les branches alimentant les électrovannes ou les relais haute puissance, ainsi que les moteurs à un système distinct des branches alimentant les boucles de commande de mesure, les ordinateurs et les automates programmables. Pour éviter toute interférence, ces branches doivent être alimentées à l'aide de câbles distincts dotés d'un blindage approprié.

Le courant maximal fourni par un onduleur dans de telles conditions peut le faire passer dans son mode de limitation du courant. La protection du système de distribution (par exemple, fusibles ou interrupteurs automatiques) doit être compatible avec les caractéristiques de la source électrique.

Les courants d'appel doivent être limités à une valeur acceptable par conception ou par la mise en place de séquences de rekestage des charges. L'alimentation doit également pouvoir fournir le courant d'appel du groupe de charges le plus important (par exemple, armoires d'I&C, moteurs, etc.) pendant le temps requis.

8.4 Courant de charge

Le courant alternatif de charge est rarement sinusoïdal du fait des caractéristiques des charges inductives, telles que les transformateurs et la charge des condensateurs.

Les valeurs de crête du courant/de la tension ont un impact important sur les performances de charge; il convient donc de spécifier les formes d'onde du courant et de la tension avec certaines limites. L'Annexe B fournit les valeurs types d'une alimentation en courant alternatif. D'autres valeurs de crête de courant/tension sont également acceptables en fonction du niveau de la tension de distribution nominale, sous réserve que ces valeurs de crête soient conformes à l'IEC 60038.

8.5 Alimentation des charges de classe de sûreté inférieure

Il convient que les charges de classe de sûreté inférieure ne soient pas alimentées par les jeux de barres de classe de sûreté supérieure.

Dans le cas où une évaluation de sûreté indique qu'il est admis d'alimenter une charge de classe de sûreté inférieure à partir d'un jeu de barres de classe de sûreté supérieure, les