

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Nuclear power plants – Electrical power systems –
Coordination and interaction with electric grid**

**Centrales nucléaires – Systèmes d'alimentation électrique –
Coordination et interaction avec le réseau électrique**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Nuclear power plants – Electrical power systems –
Coordination and interaction with electric grid**

**Centrales nucléaires – Systèmes d'alimentation électrique –
Coordination et interaction avec le réseau électrique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-9376-8

**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.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	8
1.1 General.....	8
1.2 Use of this document	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 Abbreviated terms	11
5 Contractual coordination.....	12
6 Technical coordination.....	12
6.1 General.....	12
6.2 Conceptual design of the interface of the NPP with the electric grid	12
6.3 Exchange of technical information between the NPP operator and the electric grid operator	13
6.4 Connection scheme	13
6.5 Analyses of the interface between the NPP and the electric grid	14
6.5.1 General	14
6.5.2 Load flow analyses	14
6.5.3 Transient stability analyses.....	14
6.5.4 Steady state stability analyses.....	15
6.5.5 NPP island operation mode analyses (if applicable).....	15
6.5.6 NPP house load operation analyses (if applicable)	15
6.5.7 NPP flexible operation analyses	15
6.5.8 NPP electrical transients/faults analyses	16
6.5.9 Electric grid reliability analyses.....	16
6.5.10 Protection setting studies	16
7 Electric grid – NPP operating procedures	16
8 Commissioning and testing.....	17
8.1 General.....	17
8.2 Tests undertaken during commissioning/trial and run phase	17
9 Coordination during NPP operation.....	18
9.1 General.....	18
9.2 Short- and long-term planning.....	18
9.3 Maintenance	18
9.4 Analyses	19
9.5 Testing	19
Annex A (informative) NPP and electric grid: description of specific features	20
A.1 General.....	20
A.2 NPP	20
A.3 Electric grid	21
Annex B (informative) Example of NPP connection schemes to electric grid	22
Bibliography.....	24
Figure B.1 – Connection scheme by 2 lines to a single substation	22
Figure B.2 – Connection scheme considering multiple substations and lines	22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS – ELECTRICAL POWER SYSTEMS –
COORDINATION AND INTERACTION WITH ELECTRIC GRID****FOREWORD**

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

IEC 63298 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
45A/1529/FDIS	45A/1545/RVD

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

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

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

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

INTRODUCTION

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

Nuclear power plants (NPPs) need an electric grid for the dual purpose of exporting produced energy and for a reliable power source for start-up, operation, shutdown and emergency conditions.

Owing to the electrical size of the NPP compared to the electrical size of the electric grid, it may be a challenge to safely integrate the NPP into the electric grid.

Coordination between the electric grid and the NPP is becoming increasingly important as more countries adopt a liberal energy market and responsibilities are held by multiple stakeholders (e.g., production, transmission, distribution, and trading organizations).

The purpose of this document is to define the high-level requirements and recommendations for the coordination of NPPs and electric grids to ensure the appropriate interactions between the two entities.

The specific features of the NPP and electric grid that are in scope for this document are described in Annex A.

The requirement for coordination between the electric grid operators and NPP operators is described in WANO SOER 1999-1 which focusses on significant operating experience relating to the loss of connection to the electric grid at NPPs (this event being one of the major contributors to NPP core damage frequency).

IAEA Nuclear Energy Series, NG-T-3.8, *Electric Grid Reliability And Interface With Nuclear Power Plants* describes the characteristics of the electric grid that are required for the connection and successful operation of an NPP, as well as the characteristics of an NPP that are significant for the design and operation of the electric grid.

This document focuses on technical requirements, such as the data exchange between the NPP operators and the electric grid operators, the analyses carried out by both sides and the acceptance criteria.

This document also defines the coordination requirements to ensure that operating instructions for the electric grid and the NPP are developed to provide a means of safe and reliable operation.

This document also defines the requirements for the development of a framework for any specific tests that may be deemed necessary for the electric grid and the NPP, such as testing of NPP regulation capabilities and load rejection to house load operation tests.

Finally, this document provides guidance on the need for continuous coordination between the electric grid and NPP during the NPP's design life, on topics such as operation and maintenance, design modifications and changes to grid conditions.

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

This document is a second level document specifically addressing the topic of coordination between the NPP and electric grid.

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 document

This document is used in conjunction with IEC 61513, IEC 62855 and IEC 63046.

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

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

IEC 61513 provides general requirements for instrumentation and control (I&C) systems and equipment that are used to perform functions important to safety in nuclear power plants (NPPs). IEC 63046 provides general requirements for electrical power systems of NPPs; it covers power supply systems including the supply systems of the I&C systems.

IEC 61513 and IEC 63046 are considered in conjunction and at the same level. IEC 61513 and IEC 63046 structure the IEC SC 45A standard series and shape a complete framework establishing general requirements for instrumentation, control and electrical power systems for nuclear power plants.

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

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

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

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the safety and security principles and basic aspects provided in the relevant IAEA safety standards and in the relevant documents of the IAEA nuclear security series (NSS). In particular this includes the IAEA requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of nuclear power plants (NPPs), the IAEA safety guide SSG-30 dealing with the safety classification of structures, systems and components in NPPs, the IAEA safety guide SSG-39 dealing with the design of instrumentation and control systems for NPPs, the IAEA safety guide SSG-34 dealing with the design of electrical power systems for NPPs, the IAEA safety guide SSG-51 dealing with human factors engineering in the design of NPPs and the implementing guide NSS42-G for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by the SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

IEC 61513 and IEC 63046 have adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, IEC 61513 and IEC 63046 provide the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. In this framework, IEC 60880, IEC 62138 and IEC 62566 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector.

IEC 61513 and IEC 63046 refer to ISO 9001 as well as to IAEA GSR part 2 and IAEA GS-G-3.1 and IAEA GS-G-3.5 for topics related to quality assurance (QA).

At level 2, regarding nuclear security, IEC 62645 is the entry document for the IEC SC 45A security standards. It builds upon the valid high level principles and main concepts of the generic security standards, in particular ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002; it adapts them and completes them to fit the nuclear context and coordinates with the IEC 62443 series. At level 2, IEC 60964 is the entry document for the IEC SC 45A control rooms standards, IEC 63351 is the entry document for the human factors engineering standards and IEC 62342 is the entry document for the ageing management standards.

NOTE 1 It is assumed that for the design of I&C systems in NPPs that 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 TR 63400 provides a more comprehensive description of the overall structure of the IEC SC 45A standards series and of its relationship with other standards bodies and standards.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

NUCLEAR POWER PLANTS – ELECTRICAL POWER SYSTEMS – COORDINATION AND INTERACTION WITH ELECTRIC GRID

1 Scope

1.1 General

The scope of this document is to provide high level requirements and recommendations for the coordination of NPPs and the electric grid; see also item a) of the Introduction.

The specific design requirements for components and equipment are covered by other specific IEC standards outside the scope of this document.

1.2 Use of this document

This document is intended to be used:

- for the design of new NPPs (including small modular reactors (SMRs), where applicable);
- for considering the adequacy and impact of major modifications to the electric grid for operating NPPs;
- for periodic design reviews of operating NPPs.

Pertinent parts of this document can be used as guidance for NPP operation and in general for nuclear facilities.

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

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

3 Terms and definitions

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

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

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

3.1

defence in depth

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

Note 1 to entry: Five levels of defence in depth are discussed in IAEA SSR-2/1:2016:

- a) The purpose of the first level of defence is to prevent deviations from normal operation and the failure of items important to safety.
- b) The purpose of the second level of defence is to detect and control deviations from normal operation in order to prevent anticipated operational occurrences from escalating to accident conditions.
- c) The purpose of the third level of defence is to prevent damage to the reactor core and releases of radioactive material requiring off-site protective actions and to return the plant to a safe state by means of inherent and/or engineered safety features, safety systems and procedures.
- d) The purpose of the fourth level of defence is to prevent the progress of, and to mitigate the consequences of, accidents that result from failure of the third level of defence by preventing accident sequences that lead to large release of radioactive material or early release of radioactive material from occurring.
- e) The purpose of the fifth and final level of defence is to mitigate radiological consequences of a large release of radioactive material or an early release of radioactive material that could potentially result from an accident.

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

3.2

distribution system operator

DSO

party responsible for providing and operating networks for distribution of electricity and responsible for ensuring system security with a high level of reliability and quality

3.3

electric grid

network of synchronized electrical generators and consumers that are connected by electric lines and operated by dedicated control center(s)

Note 1 to entry: The electric grid is composed of the national transmission system(s) and distribution system(s) to which the NPP is connected; within the scope of this document this term mostly refers to the part of electric grid that has "functional relevance to the NPP itself".

3.4

electric grid operator

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

3.5

fault-ride-through

ability of generating units to ride through transmission system faults and stay connected to electric grid

3.6

frequency control

method of operating a generating unit at less than full output, under automatic control, so that its output increases automatically if the system frequency falls, and decreases automatically if the system frequency rises

[SOURCE: IAEA NP-T-3.23, 2018 edition, modified – The term "automatic frequency control/automatic frequency responsive operation" is replaced with "frequency control".]

3.7

grid code

document that describes the required technical characteristics, performance and operation of the transmission system and generating units, as defined by the TSO or government agency

[SOURCE: IAEA NG-T-3.8, 2012 edition]

3.8

house load operation

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

[SOURCE: IEC 62855:2016, 3.2]

3.9

island operation

independent operation of a part of the electric grid after being disconnected from the rest of the electric grid having at least one generator supplying power and controlling the frequency and voltage

Note 1 to entry: The terms "house load operation" and "island operation" for an NPP are similar from a functional and control point of view, where house load operation is the smaller of the electric loads.

3.10

loss of off-site power

LOOP

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

Note 1 to entry: DC systems and uninterruptible AC systems safety buses are not included.

[SOURCE: IEC 62855:2016, 3.4, modified – The abbreviated term has been added.]

3.11

NPP operator

company or organization that is the operator of an NPP and which has the primary responsibility for the safe operation of the plant and will have to satisfy the requirements of the nuclear regulatory body in the country where the NPP is located

Note 1 to entry: For the scope of this document, NPP operator also includes an organization that has a license for the design and construction of an NPP that is not yet constructed or operating

[SOURCE: IAEA NP-T-3.23, modified – The term "nuclear power plant owner/operating organization" has been replaced with "NPP operator", the definition has been modified to form a single phrase, "nuclear power plant" has been replaced with "NPP" and the Note to entry added.]

3.12**probabilistic safety assessment****PSA**

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

Note 1 to entry: Three levels of probabilistic safety assessment are generally recognized:

Level 1 comprises the assessment of failures leading to determination of the frequency of fuel damage.

Level 2 includes the assessment of containment response, leading, together with Level 1 results, to the determination of frequencies of failure of the containment and release to the environment of a given percentage of the reactor core's inventory of radionuclides.

Level 3 includes the assessment of off-site consequences, leading, together with the results of Level 2 analysis, to estimates of public risks.

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

3.13**transmission system operator****TSO**

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

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.51, modified – The abbreviated term has been added.]

4 Abbreviated terms

AC	Alternating current
CDF	Core damage frequency
DiD	Defence in depth
DSO	Distribution system operator
FCT	Fault clearance time
FMEA	Failure mode effect analysis
GIC	Geomagnetic induced currents
HV	High voltage
IAEA	International Atomic Energy Agency
LOOP	Loss of off-site power
NPP	Nuclear power plant
OPC	Open phase condition
PSA	Probabilistic safety assessment
SBO	Station black out
SMR	Small modular reactors
TSO	Transmission system operator

5 Contractual coordination

The first step in developing coordination between an NPP and electric grid operator is to set up an appropriate contractual framework or, in the initial phases, develop cooperation agreements.

The method chosen to achieve this will depend upon the rules of a specific country but generally there should be a contract for different levels of cooperation: preliminary joint studies, grid analyses and finally, a contract for the connection of the NPP to the electric grid and subsequent operation of the NPP.

Contractual arrangements shall clearly define, as a minimum:

- boundaries between the NPP and the electric grid;
- mutual responsibilities;
- technical conditions for connection of the NPP;
- references to valid operating procedures.

NOTE Boundaries between the NPP and the electric grid can include physical, operating, maintenance, etc.

6 Technical coordination

6.1 General

Technical coordination should take place between the NPP operator and the electric grid operators at all stages of operation including design, construction, operation and maintenance.

Technical coordination, based on agreed input data and analyses, should take place to check and verify that the mutual requirements of the NPP and electric grid are satisfied in accordance with agreed acceptance criteria.

The objective is to ensure that:

- the NPP will remain connected to the grid after disturbances, if the grid is within defined limits;
- the functionality of the NPP electrical system should not be impacted by the electric grid.

6.2 Conceptual design of the interface of the NPP with the electric grid

The NPP and electric grid operators, from first phases of conceptual design, shall:

- a) Plan the new NPP generating units according to the planned demands of electric grid consumption and flexible operation requirements;
- b) Check the electrical size of a new NPP in comparison with the available electric grid to be confident it will be possible to dispatch the produced energy;
- c) Provide an assessment of the electric grid reliability based on electric grid operator data;
- d) Run a preliminary version of the power system analysis relevant to the new NPP connection, based on electric grid operator data (power system analyses are specified in 6.5);
- e) Design the scheme for connecting the NPP to the electric grid;
- f) Carry out an initial assessment of the NPP compliance with electric grid parameters with regards to frequency/voltage ranges, regulation, and load rejection capabilities. This assessment should confirm that compliance with the electric grid requirements does not create nuclear safety constraints.

6.3 Exchange of technical information between the NPP operator and the electric grid operator

The input data for the NPP grid interface design should be defined by the electric grid operator in the grid code. Additional requirements/inputs should be agreed between the electric grid operator and the NPP operator while maintaining nuclear safety.

Input data for the NPP and electric grid interface should include:

- a) Expected maximum and minimum short circuit current (three-phase and single-phase) at the electric grid connection point under defined standards and operating conditions. In order to correctly size equipment, information on the planned future development of these values shall be provided;
- b) Limits and rates of changes of electric grid frequency and voltage at the connection point (including values expected during the NPP shutdown mode) and, where available, historical data (number of events/duration) for abnormal frequency and voltage values (see 6.2 c));
- c) Measurements and commands to be exchanged between the NPP and electric grid;
- d) NPP and electric grid data relevant for building models for grid studies (e.g., rotating masses, voltage regulator characteristics);
- e) Frequency of LOOP and restoration time as input for the NPP probabilistic safety assessment.

6.4 Connection scheme

The electric grid operator and NPP operator shall design the connection scheme between the NPP and the electric grid taking account of defined input data.

The number, type and level of independence of lines connecting the NPP to the electric grid should be determined based on the NPP design, according to the NPP safety case, reliability of the electric grid, and the characteristics of the electric grid itself. Some examples of connection schemes are included in Annex B.

The electric grid is the preferred source of power to the on-site power system and is also a significant contributor to defence in depth (DiD) for the plant's safety design. The operation of an NPP in transient and accident conditions, as well as normal shutdown, is more reliable if the electric grid is available.

The NPP operator and electric grid operators shall technically assess the advantages and disadvantages of alternative connection schemes after consideration of available options. The connection scheme should include the definition of:

- a) Type of HV switchyard (e.g., air or gas insulated) including functional and redundancy requirements (refer to IEC 63046:2020);
- b) Ownership and control of circuit breakers in the HV switchyard;
- c) Type of electrical protection, number of channels and means of connection;
- d) Arrangements for communication signals between the NPP and electric grid;
- e) Dispatch control;
- f) Metering.

6.5 Analyses of the interface between the NPP and the electric grid

6.5.1 General

Analyses of the electrical power supply system shall be undertaken to design and verify the connection and interface arrangements between the NPP and the electric grid.

Analyses shall be undertaken for different phases of the NPP design and operating life and shall be updated periodically and when modifications to the NPP or electric grid are considered.

The first step is to conduct a general study (usually done by the electric grid operator) to assess the feasibility of constructing the NPP, taking account of the expected electrical size of the plant and the capability of the grid to operate with the NPP.

Responsibility for performing the analyses depends on the agreements between the NPP and electric grid operators.

Specific analyses have a more defined responsibility (e.g., transient stability analysis is typically performed by an electric grid operator, while analyses of NPP island operation mode are typically performed by the NPP operator). It is important that both parties agree to exchange the data needed for the given analyses.

Analyses shall also demonstrate that the electric grid and NPP have the capability to safely respond to defined disturbances, as specified in the grid code (e.g., slow/fast voltage/frequency variations, short circuits with relevant fault-ride-through capability, lightning and OPC).

The requirements for electrical power system analysis are detailed in IEC 62855. A summary of the various types of analyses required specifically for the interface between the NPP and the electric grid is provided in 6.5.2 to 6.5.10.

6.5.2 Load flow analyses

Load flow analyses shall be performed to determine the grid voltage and phase angle distribution for a specific electric grid state given by generating sources, consumption points and connecting transformers/lines.

As part of the assessment of the NPP grid connection, load flow analyses shall be performed to verify the capacity and capability of the electric grid to export the power produced by the NPP in a safe manner without violating electric grid limits, e.g., overload of equipment, violation of n-1, n-2 criteria.

Electric grid load flow analyses shall be performed to check and verify possible maintenance activities of electric grid during the NPP operation and to determine if some maintenance of the electric grid can only be executed during the NPP shutdown states.

6.5.3 Transient stability analyses

Transient stability analyses shall be performed to confirm that the NPP generator(s) will maintain stability in the event of limiting failures in the electric grid, as described in the grid code (e.g. close 3-phase short circuits). The analyses shall be used to determine recovery measures, where needed. In addition, the impact from grid transients on the NPP on-site electrical systems shall be assessed.

A dynamic model of the NPP and electric grid shall be established to calculate the "fault clearance time" (FCT) after which, if the grid failure is not cleared by protections on electric grid side, affected generators would lose synchronism and would need to be tripped by their own protection systems before loss of synchronism occurs.

It is preferable that generators are able to safely maintain stability during grid transients as multiple generator trips will have a wider effect on the electric grid stability itself. In several cases, the electric grid imposes a required minimum time for which generators are required to maintain stability.

6.5.4 Steady state stability analyses

Steady state stability analyses shall be performed to study voltage/frequency stability of the NPP in response to possible voltage/frequency profiles in the electric grid.

Steady state stability analyses shall also be performed to determine the capability of the NPP generators regarding voltage (reactive power) regulation.

Analyses shall be performed to verify that the NPP has sufficient capability to withstand voltage variations in the electric grid as defined in the grid code. Where this is not achieved, additional measures should be implemented such as the use of on-load tap changers on the main transformers.

Steady state analyses shall include the verification of the NPP capability (mainly auxiliaries, reactor coolant pumps, safety systems) for degraded frequency states on the electric grid or resulting from house load operation.

6.5.5 NPP island operation mode analyses (if applicable)

Where agreed between the NPP operator and electric grid operator, the NPP should be able to safely operate in island operation (frequency control) where the NPP varies its own power based on the variation of the frequency within its island. The boundary and extension of the given island should be defined by the electric grid operator.

The scope of the analyses performed by the NPP operators should initially confirm that the NPP is designed to safely operate in this mode.

The NPP electrical protection shall be designed to support this operation mode.

See also the requirement for flexible operation analyses in 6.5.7.

6.5.6 NPP house load operation analyses (if applicable)

Some NPPs are designed for performing house load operation (where the NPP provides power to its own auxiliaries when disconnected from the electric grid) without tripping the reactor and turbine-generator to minimize the reconnection time to the electric grid and to reduce transients to the NPP.

Where the NPP is designed for house load operation, dedicated analysis should be performed to demonstrate the capability of this operation mode.

The NPP electrical protection shall be designed to support this operation mode.

NOTE This operating mode is included in the second layer of defence in depth for the NPP (see IAEA SSG-34) since the generator will be able to supply auxiliaries in the event of a LOOP but at the same time it induces significant voltage and frequency transients.

6.5.7 NPP flexible operation analyses

NPPs may be required to vary and regulate power production levels multiple times during a 24 h period according to a predefined production plan and/or the requirements of the electric grid operator (primary/secondary frequency/voltage regulation).

This set of operation modes (generally defined as "NPP flexible operation" – see "IAEA Nuclear Energy Series, NP-T-3.23") can cause increased stress to NPP equipment.

Where an NPP operator proposes to operate in these modes, dedicated analyses shall be performed to assess the possibility and extent of this continuous regulation operation. This shall include consideration of electrical, process and nuclear safety constraints.

6.5.8 NPP electrical transients/faults analyses

Besides specific analyses for load rejection as described in 6.5.6, other specific analyses shall be performed to check the impact of other possible electrical transients induced by the electric grid and impacting the NPP auxiliaries.

The analyses should include consideration of the following events derived from operating experience:

- OPC, see IAEA, Safety Report Series, No. 91;
- overvoltage in auxiliaries power supply, see NEA/CSNI/R(2009)10;
- auto-reclosure function on electric grid lines close to the NPP;
- sub-synchronous resonance considering also converter stations and capacitor banks for reactive power regulation;
- geomagnetically induced currents (GIC).

Electrical power system analyses are described in IEC 62855 and should be used as the basis for performing specific analyses.

6.5.9 Electric grid reliability analyses

Historical data about electric grid failures and their relevant duration shall be collated in order to forecast the probability of failure and recovery time, based on real data.

Failure mode and effects analysis (FMEA) shall be carried out, identifying all possible failures in the electric grid that may impact the NPP and the effect of the failures shall then be assessed.

A single fault in the electric grid should not cause the activation of the NPP safety systems (i.e. DiD Level 3). This should be a qualitative acceptance criterion in order to assess the robustness of the electric grid connection.

FMEA (assessing possible electric grid configurations) should be used to identify the need to improve the reliability of the electric grid.

6.5.10 Protection setting studies

According to results of the analyses given above (particularly those of 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4, 6.5.5, and 6.5.6), protection settings for the NPP shall be developed, coordinating them with the electric grid protection settings. This may also require development of protection settings for the electric grid.

7 Electric grid – NPP operating procedures

The results of the technical analyses described in Clause 6 shall be used as input data to develop procedures for managing the operation/connection of the NPP to the electric grid. These procedures should cover the various grid states and power plant operational states.

The NPP operator shall ensure that the licensing and design requirements for the NPP are provided to the electric grid operators so that challenges to nuclear safety arising from transmission system disturbances, transients or operating conditions are fully understood.

Operating procedures shall define the possible permitted configuration of the electric grid during NPP operation, and these configurations shall be verified by relevant analyses.

The operating procedures that are typically prepared by the electric grid operators should consider the safety requirements of the NPP. Grid operating procedures shall clearly define the restoration priority of power supplies to the NPP.

8 Commissioning and testing

8.1 General

Coordination between the NPP and electric grid operators shall be maintained during the NPP commissioning and testing phases.

Tests shall be performed to verify the NPP/Grid interface during the NPP commissioning phase and during the lifetime of the NPP following changes in the NPP or electric grid (see 9.2). These tests should be periodically repeated.

The testing phase of the NPP and electric grid interface shall be considered an activity with a potentially high impact on the NPP safety and shall be subject to a dedicated safety assessment. Testing is essential to verify functionality of the design. Tests shall be executed considering the potential impacts on NPP safety, due to the potentially serious nuclear safety consequences which could arise.

Possible failures and impacts on NPP safety arising during the testing phase shall be considered; a risk assessment of tests to be performed shall be carried out in cooperation with the electric grid operator. Both electric grid and NPP risks shall be considered.

Requirements for execution of commissioning and tests are specified in IEC 63046:2020, 10.2.

Requirements for output documentation are specified in IEC 63046:2020, 10.3.

8.2 Tests undertaken during commissioning/trial and run phase

Following construction of the NPP, a complete commissioning program shall be performed. The commissioning shall include testing of the NPP and electric grid interface.

Tests relevant to the NPP and electric grid interface should be defined and performed during commissioning, start up and initial operation stages. The following tests should be considered:

- Primary tests of electrical protection (i.e. generated current injection to simulate real protection activation)
- Voltage test
- Testing of communications (signals, protection, dispatching, metering, etc.)
- Testing for NPP regulation capabilities (mainly primary/secondary frequency and voltage regulation)
- Load rejection to house load operation
- "Electric power restoration exercise" (the purpose of this activity is to check the possibility of the electric grid to create dedicated "power corridors" that can be established to supply power to the NPP during electric grid restoration activities).

Tests shall be performed only when the electric grid is in a stable state as these tests may cause a disturbance/trip in the NPP which will further affect the electric grid. Where possible, tests that require no power production should be done before fuel is loaded into the reactor.

NOTE "Electric power restoration exercise" is conceptually different from electric grid "black-start" or SBO; this exercise has a target of demonstrating the feasibility to ensure the power supply to the NPP for long term shutdown (even when full recovery of the electric grid is not possible) while black-start test is the process that an electric grid operator will execute to recover overall electric grid from blackout. Generally NPPs are not considered as "black-start" power plants while NPP are considered as among the first loads to be power supplied during electric grid recovery after blackout.

9 Coordination during NPP operation

9.1 General

As stated in previous clauses of this document, coordination between the NPP and electric grid operators is essential during the design phase and this coordination shall continue into the operational phase and be maintained during the lifetime of the NPP.

Communication between the electric grid and NPP operators is vital and a communication channel shall be established and agreed on both sides.

Both NPP and electric grid operators should have a mutual understanding that there is a common objective, that safe operation of the NPP ensures availability of a reliable power source for the electric grid.

A formal agreement between the NPP and the electric grid operators on the coordination of planning, including the specification of responsibilities, should be established.

9.2 Short- and long-term planning

Coordination and communication between the NPP and electric grid operators shall be maintained during operation of the NPP (mainly dispatching control) and all grid conditions that could affect the NPP (for example voltage control).

The NPP operator shall notify the electric grid operator about outages, modifications and maintenance activities as well as any changes to the design, configuration, operations, limits, electrical protection systems or capabilities of the plant that would affect the ability of the electric grid operator to meet the safety requirements of the NPP.

The electric grid operator shall notify the NPP operator about outages, modifications and maintenance activities that could affect the availability and reliability of the grid connection of the NPP. The NPP operator should be informed of periods of a weak grid (low inertia or regulating capacity) to allow the NPP operator to prepare for these events.

9.3 Maintenance

NPP outage activities require coordination with the electric grid operator as maintenance activities on the NPP may weaken the DiD levels and a stable grid connection is important.

Maintenance works in substations connected by transmission lines to the NPP shall be coordinated between the NPP and electric grid operators (work on control equipment or electrical protection equipment in such substations shall be regarded as high risk work which could increase the risk of LOOP).

Owing to the need for reliable grid connections to the NPP, an agreement shall be formalized with the electric grid operators that the grid equipment (including control equipment and electrical protection equipment) in the NPP switchyard and the transmission circuits that are connected to it is maintained, tested and inspected at specified intervals.

9.4 Analyses

Analyses outlined in 6.5 shall be updated after major changes to the grid or NPP.

NOTE Examples of major changes are equipment replacement (generator, transformer, etc.), changes on the grid layout or changes in the grid behavior (change in inertia level, new production facilities, new circuit equipment, etc.).

9.5 Testing

The majority of the NPP and electric grid interface tests shall be performed in the commissioning and/or trial run phase (see Clause 8) and shall be repeated following major modifications or during periodic safety review and NPP life extension activities.

Other tests should be performed at regular intervals in accordance with the technical specifications of the NPP.

Tests shall be performed only when the electric grid is in a normal state, because these tests might cause a disturbance or trip in the plant which will further affect the electric grid.

Examples of NPP tests during power operation that may affect the electric grid are:

- Periodic test of stand-by sources with injection of power to the grid (an unstable grid can cause damage to the stand-by source, abnormal grid voltage can influence the test)
- Periodic test of reactor protection system (a slightly increased risk of trip that can challenge an unstable grid).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

Annex A (informative)

NPP and electric grid: description of specific features

A.1 General

The NPP and electric grid have specific requirements that need to be coordinated and harmonized to achieve the maximum safety and technical benefit for both parties. It is of utmost importance to the safe operation of the NPP that the electric grid is reliable and available, and this requires the NPP to be designed to ride through anticipated grid transients without any challenge to nuclear safety.

A.2 NPP

The main aim of the NPP while delivering electricity to the electric grid is to maintain nuclear safety and the following three fundamental safety functions:

- i) control of reactivity;
- ii) removal of heat from the reactor and from the fuel store;
- iii) confinement of radioactive material, shielding against radiation and control of planned radioactive releases, as well as limitation of accidental radioactive releases.

The maintenance of the fundamental safety functions requires the availability of electric power, including for passive designs, where it is possible that electric power will be not needed for immediate response to accidents but is required for long term management of the NPP.

The electric grid is the "normal power supply" (part of "preferred power supply" as per IAEA SSG-34) that should be used, when available, to preserve the fundamental safety functions without the need to activate the dedicated on-site emergency power sources.

It is essential that the electric grid operator understands that the NPP has different modes of operation:

- as a producer,
- as a consumer during:
 - the shutdown, start-up
 - accident conditions.

The NPP probabilistic safety assessment calculates the probability of core damage frequency (CDF) following certain events. For the majority of NPPs, unavailability of off-site electrical power is one of the major contributors to CDF. This highlights the importance of having a reliable electric grid for the NPP.

When compared to other generating sources, NPPs have reduced regulation capabilities that require harmonizing with grid code requirements.

A.3 Electric grid

The main function of the electric grid is to economically transport and distribute energy between producers and consumers whilst maintaining agreed quality and performance requirements. In order to achieve this with high availability, the electric grid operator (usually in the grid code) places demands on the producer to withstand defined variations of voltage and frequency and to be able to tolerate certain faults on the grid without impact on operation.

NPPs provide a reliable source of power to the electric grid but specific technical requirements should be met to enable safe integration of the NPP into the electric grid. The NPP requires specific provisions for the restoration of power during a grid blackout to preserve the three fundamental safety functions described in Clause A.2.

In liberalized energy markets, there is a requirement on the electric grid operators to balance the neutrality of approach toward all market participants and respect specific technical safety requirements of NPPs without violating market rules.

It is necessary to consider that the electric grid and NPP might be regulated by different regulatory authorities and requirements might not be fully aligned. Nuclear safety shall always be the priority when resolving any discrepancies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

Annex B (informative)

Example of NPP connection schemes to electric grid

The number, type and level of independence of lines connecting the NPP to the electric grid is determined based on the NPP design, according to the NPP safety case, reliability of the electric grid, and the characteristics of the electric grid itself.

Typically at least two independent connections to the electric grid are provided. A main connection to the grid transmission system for power exchange and one connection to the grid transmission system of the distribution system for supplying power in the event of failure of the main. It is also important that the electric grid substation connected to the NPP has adequate connection lines to other parts of electric grid in order to export the produced power and reduce the risk of LOOP to the NPP.

Alternative connection schemes can be identified for in-depth assessment allowing the evaluation of different possibilities.

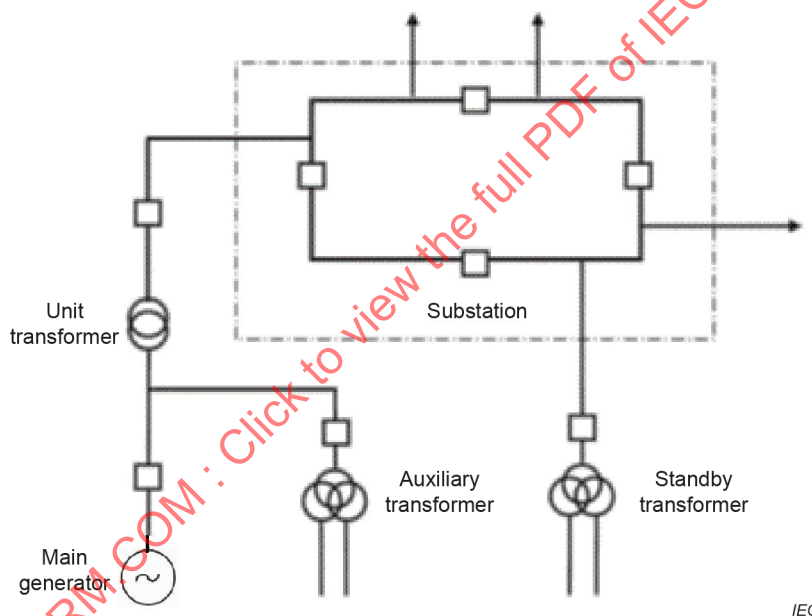


Figure B.1 – Connection scheme by 2 lines to a single substation

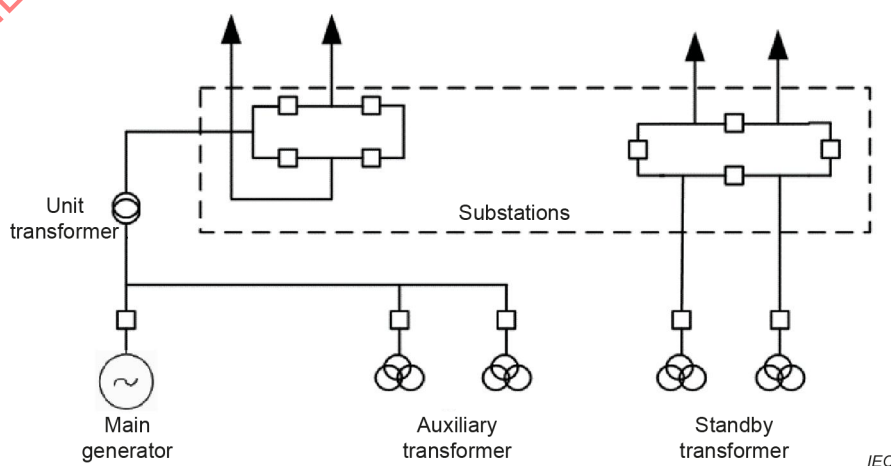


Figure B.2 – Connection scheme considering multiple substations and lines

These two schemes in Figure B.1 and Figure B.2 clearly provide different levels of reliability and resistance to faults. Several other variants are possible and are assessed for the specific NPP designs (and requirements with regard to electric grid power supply and NPP safety requirements).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

Bibliography

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

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

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

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

IEC 63272, *Nuclear facilities – Electrical power systems – AC interruptible power supply systems*¹

IAEA, Specific Safety Guide No. SSG-34, *Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants*

IAEA, Nuclear Energy Series, No. NG-T-3.8, *Electric Grid Reliability and Interface with Nuclear Power Plants*

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

IAEA Nuclear Energy Series, NP-T-3.23, *Non-baseload Operation in Nuclear Power Plants: Load Following and Frequency Control Modes of Flexible Operation*

IAEA Nuclear Safety and Security Glossary: 2022 (Interim) Edition, *Terminology Used in Nuclear Safety, Nuclear Security, Radiation Protection and Emergency Preparedness and Response*

IAEA, Specific Safety Guide No. SSG-39, *Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants*

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

Organisation for Economic Co-operation and Development, Nuclear Energy Agency, NEA/CSNI/R(2009)10, *Defence in Depth of Electrical Systems and Grid Interaction - Final DIDEFSYS Task Group Report*

World Association of Nuclear Operations (WANO), SOER 1999-1, *Loss of Grid (and 2004 addendum)*

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC FDIS 63272:2024.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application	33
1.1 Généralités	33
1.2 Utilisation du présent document	33
2 Références normatives	33
3 Termes et définitions	33
4 Abréviations	36
5 Coordination contractuelle	37
6 Coordination technique	37
6.1 Généralités	37
6.2 Études conceptuelles de l'interface entre la NPP et le réseau électrique	37
6.3 Échange d'informations techniques entre l'exploitant de NPP et le gestionnaire de réseau électrique	38
6.4 Schéma de raccordement	38
6.5 Analyse de l'interface entre la NPP et le réseau électrique	39
6.5.1 Généralités	39
6.5.2 Analyses des flux de charge	39
6.5.3 Analyses de stabilité transitoire	40
6.5.4 Analyses de stabilité en régime permanent	40
6.5.5 Analyses du mode de fonctionnement en îlot de la NPP (le cas échéant).....	40
6.5.6 Analyses de l'îlotage de la NPP (le cas échéant)	41
6.5.7 Analyses de fonctionnement flexible de la NPP	41
6.5.8 Analyses des transitoires/défauts électriques de la NPP	41
6.5.9 Analyses de fiabilité du réseau électrique	41
6.5.10 Études des réglages de protection	42
7 Procédures d'exploitation du réseau électrique et de la NPP	42
8 Mise en service et essais	42
8.1 Généralités	42
8.2 Essais réalisés pendant la phase de mise en service/d'essai de fonctionnement	43
9 Coordination pendant le fonctionnement de la NPP	43
9.1 Généralités	43
9.2 Planification à court et à long terme	44
9.3 Maintenance	44
9.4 Analyses	44
9.5 Essais	45
Annexe A (informative) Description des caractéristiques spécifiques de la NPP et du réseau électrique	46
A.1 Généralités	46
A.2 NPP	46
A.3 Réseau électrique	47
Annexe B (informative) Exemple de schémas de raccordement d'une NPP au réseau électrique	48
Bibliographie	50

Figure B.1 – Schéma de raccordement par 2 lignes vers un seul poste	48
Figure B.2 – Schéma de raccordement intégrant plusieurs postes et lignes	49

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CENTRALES NUCLÉAIRES – SYSTÈMES D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE –
COORDINATION ET INTERACTION AVEC LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE****AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 63298 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
45A/1529/FDIS	45A/1545/RVD

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

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

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

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

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

INTRODUCTION

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

Les centrales nucléaires (NPP, *Nuclear Power Plant*) nécessitent un réseau électrique dans le double but d'exporter l'énergie produite et de disposer d'une source d'alimentation fiable pour les conditions de démarrage, de fonctionnement, d'arrêt et d'urgence.

En raison du dimensionnement électrique de la NPP par rapport à celui du réseau électrique, il peut être difficile d'intégrer la NPP au réseau électrique en toute sécurité.

La coordination entre le réseau électrique et la NPP devient de plus en plus importante à mesure qu'un nombre croissant de pays adoptent un marché de l'énergie libéral et que les responsabilités sont assurées par plusieurs parties prenantes (organisations de production, de transport, de distribution et organisations commerciales, par exemple).

Le présent document a pour objet de définir les exigences générales et les recommandations relatives à la coordination des NPP et des réseaux électriques afin d'assurer des interactions appropriées entre les deux entités.

Les caractéristiques spécifiques de la NPP et du réseau électrique relevant du domaine d'application du présent document sont décrites à l'Annexe A.

L'exigence relative à la coordination entre les gestionnaires de réseau électrique et les exploitants de NPP est décrite dans le document WANO SOER 1999-1, qui traite de l'expérience opérationnelle significative relative à la perte de connexion au réseau électrique dans des centrales nucléaires (cet événement étant l'un des principaux contributeurs à la fréquence d'endommagement du cœur des NPP).

Dans la Collection Énergie nucléaire de l'AIEA, NG-T-3.8, *Electric Grid Reliability And Interface With Nuclear Power Plants*, décrit les caractéristiques du réseau électrique exigées pour la connexion et le bon fonctionnement d'une NPP, ainsi que les caractéristiques des NPP importantes pour la conception et le fonctionnement du réseau électrique.

Le présent document traite essentiellement des exigences techniques, comme l'échange de données entre les exploitants de NPP et les gestionnaires de réseau électrique, les analyses réalisées par les deux entités et les critères d'acceptation associés.

Le présent document définit également les exigences de coordination pour s'assurer que les instructions de fonctionnement du réseau électrique et de la NPP sont élaborées de manière à fournir un moyen de fonctionnement sûr et fiable.

Le présent document définit également les exigences relatives à la définition d'un cadre pour l'ensemble des essais spécifiques qui peuvent être jugés nécessaires concernant le réseau électrique et la NPP, comme l'essai des capacités de régulation de la NPP ainsi que les essais d'îlotage.

Enfin, le présent document fournit des recommandations sur la nécessité d'une coordination permanente entre le réseau électrique et la NPP pendant la durée de vie nominale de la NPP, notamment en ce qui concerne l'exploitation et la maintenance, les modifications de conception et les modifications des conditions du réseau.

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

Le présent document est un document de deuxième niveau qui traite spécifiquement du sujet de la coordination entre la NPP et le réseau électrique.

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

c) Recommandations et limites relatives à l'application du présent document

Le présent document est appliqué conjointement avec l'IEC 61513, l'IEC 62855 et l'IEC 63046.

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

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

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

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

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font directement référence à d'autres normes du SC 45A de l'IEC qui établissent les exigences générales relatives à des sujets spécifiques, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation des systèmes, la défense contre les défaillances de cause commune, la conception des salles de commande, la compatibilité électromagnétique, l'ingénierie des facteurs humains, la cybersécurité, les aspects logiciels et matériels relatifs aux systèmes numériques programmables, la coordination des exigences de sûreté et de sécurité, et la gestion du vieillissement. Il convient de considérer que ces normes, auxquelles il est fait référence à ce deuxième niveau, forment, avec les normes IEC 61513 et IEC 63046, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de l'IEC, qui ne sont pas citées en référence directement par les normes IEC 61513 ou IEC 63046, traitent des exigences particulières de matériels particuliers, de méthodes techniques ou d'activités. Généralement, ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les exigences générales, peuvent être utilisés de façon isolée.

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

Les normes de la collection du SC 45A de l'IEC mettent en œuvre de manière systématique et décrivent les principes de sûreté et de sécurité et les aspects fondamentaux donnés dans les normes de sûreté de l'AIEA pertinentes pour les centrales nucléaires, ainsi que dans les documents pertinents de la collection de l'AIEA pour la sécurité nucléaire (NSS). Cela concerne en particulier le document d'exigences SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires (NPP), le guide de sûreté SSG-30 qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des NPP, le guide de sûreté SSG-39 qui traite de la conception des systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande des NPP, le guide de sûreté SSG-34 qui traite de la conception des systèmes d'alimentation électrique des NPP, le guide de sûreté SSG-51 qui traite de l'ingénierie des facteurs humains lors de la conception des NPP et le guide de mise en œuvre NSS42-G qui traite de la sécurité informatique pour les installations nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées pour la sûreté et la sécurité dans les normes établies par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 ont adopté une présentation similaire à celle de la publication fondamentale de sécurité IEC 61508, avec un cycle de vie d'ensemble et un cycle de vie des systèmes. En ce qui concerne la sûreté nucléaire, les normes IEC 61513 et IEC 63046 donnent l'interprétation des exigences générales de l'IEC 61508-1, de l'IEC 61508-2 et de l'IEC 61508-4 pour le secteur nucléaire. Dans ce cadre, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566 correspondent à la partie 3 de l'IEC 61508 pour le secteur nucléaire.

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63298:2024

CENTRALES NUCLÉAIRES – SYSTÈMES D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE – COORDINATION ET INTERACTION AVEC LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

Le domaine d'application du présent document est l'établissement d'exigences générales et de recommandations pour la coordination des NPP et du réseau électrique; voir aussi le point a) de l'introduction.

Les exigences de conception spécifiques aux composants et aux équipements sont couvertes par d'autres normes spécifiques de l'IEC qui ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

1.2 Utilisation du présent document

Le présent document a pour objectif d'être utilisé:

- pour la conception de nouvelles NPP (y compris de petits réacteurs modulaires (SMR), le cas échéant);
- pour tenir compte de l'adéquation et de l'incidence des modifications majeures apportées au réseau électrique pour les NPP en exploitation;
- pour les revues de conception périodiques des NPP en exploitation.

Les parties pertinentes du présent document peuvent être utilisées comme recommandations pour l'exploitation des NPP et, en général, pour les installations nucléaires.

2 Références normatives

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

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

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

3 Termes et définitions

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

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

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

3.1

défense en profondeur

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

Note 1 à l'article: Les cinq niveaux de la défense en profondeur sont examinés dans la publication SSR-2/1:2016 de l'AIEA:

- a) Le premier niveau de défense a pour objet d'empêcher tout écart par rapport au fonctionnement normal et la défaillance de constituants importants pour la sûreté.
- b) Le deuxième niveau de défense a pour objet de déceler et de maîtriser les écarts par rapport aux conditions normales de fonctionnement, afin d'empêcher que des incidents de fonctionnement prévus ne dégénèrent en conditions accidentelles.
- c) Le troisième niveau de défense a pour objet d'éviter l'endommagement du cœur d'un réacteur ou des rejets radioactifs qui nécessitent des actions protectrices hors du site et de ramener la centrale à un état sûr au moyen de caractéristiques de sûreté intrinsèque et/ou de dispositifs de sauvegarde, de systèmes de sûreté et de procédures de sûreté.
- d) Le quatrième niveau de défense a pour objet d'empêcher la progression des accidents qui résultent de la défaillance du troisième niveau de défense et d'en atténuer les conséquences en empêchant les séquences accidentelles qui entraînent des rejets importants de matières radioactives ou des rejets précoces de matières radioactives.
- e) Le cinquième et dernier niveau de défense a pour objet d'atténuer les conséquences radiologiques d'un rejet important de matières radioactives ou d'un rejet précoce de matières radioactives susceptibles de résulter d'un accident.

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

3.2

gestionnaire de réseau de distribution

DSO

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

Note 1 à l'article: L'abréviation "DSO" est dérivée du terme anglais développé correspondant "distribution system operator".

3.3

réseau électrique

réseau de générateurs électriques synchronisés et de consommateurs qui sont connectés par des lignes électriques et exploités par un ou plusieurs centres de commande spécifiques.

Note 1 à l'article: Le réseau électrique est composé d'un ou de plusieurs réseaux nationaux de transport et de distribution auxquels est raccordée la NPP; dans le domaine d'application du présent document, ce terme fait principalement référence à la partie du réseau électrique qui a une "pertinence fonctionnelle pour la centrale nucléaire elle-même".

3.4

gestionnaire de réseau électrique

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

3.5

tenue en cas de défaut

aptitude des unités de générateur à supporter les défauts du réseau de transport tout en restant connectées au réseau électrique

3.6

contrôle de fréquence

méthode de fonctionnement d'une unité de production d'électricité à un niveau inférieur au plein régime, sous commande automatique, de sorte que son régime augmente automatiquement si la fréquence du système chute et diminue automatiquement si la fréquence du système augmente

[SOURCE: IAEA NP-T-3.23, 2018, modifié – Cette source existe en anglais seulement.]

3.7

code de réseau

document qui décrit les caractéristiques techniques, les performances et le fonctionnement exigés du réseau de transport et des unités de production d'électricité, définis par le GRT ou l'organisme gouvernemental

[SOURCE: IAEA NG-T-3.8, 2012 - Cette source existe en anglais seulement.]

3.8

îlotage

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

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

3.9

fonctionnement en îlot

fonctionnement indépendant d'une partie du réseau électrique après déconnexion du reste du réseau électrique, où au moins un générateur assure l'alimentation et contrôle la fréquence et la tension

Note 1 à l'article: L'"îlotage" et le "fonctionnement en îlot" pour une NPP sont similaires d'un point de vue des fonctionnalités et des contrôles-commandes, l'îlotage étant la plus petite des charges électriques.

3.10

perte totale des sources d'alimentation externes

PTAE

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

Note 1 à l'article: Les systèmes en courant continu et les tableaux de sûreté des systèmes en courant alternatif sans interruption ne sont pas inclus.

[SOURCE: IEC 62855:2016, 3.4, modifié – L'abréviation a été ajoutée.]

3.11

exploitant de NPP

société ou organisation qui exploite une NPP. Cette organisation est responsable au premier chef du fonctionnement sûr de l'installation et doit satisfaire aux exigences de l'organisme de réglementation du nucléaire dans le pays où se trouve la NPP

Note 1 à l'article: Pour le domaine d'application du présent document, l'exploitant de NPP inclut également une organisation qui dispose d'une licence pour la conception et la construction d'une NPP qui n'est pas encore construite ou en exploitation.

[SOURCE: IAEA NP-T-3.23, modifié – Cette source existe en anglais seulement.]

3.12

étude probabiliste de sûreté

EPS

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

Note 1 à l'article: On considère généralement qu'il existe trois niveaux d'étude probabiliste de sûreté:

Le niveau 1	comprend l'évaluation des défaillances, qui permet de déterminer la fréquence d'endommagement du combustible.
Le niveau 2	comprend l'évaluation de la réaction du confinement, qui permet, avec les résultats du niveau 1, de déterminer les fréquences des défaillances du confinement et de rejets dans l'environnement d'un pourcentage donné de la quantité de radionucléides contenue dans le cœur du réacteur.
Le niveau 3	comprend l'évaluation des conséquences hors site, qui permet, avec les résultats du niveau 2, d'estimer les risques pour le public.

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

3.13

gestionnaire de réseau de transport

GRT

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

[SOURCE: IEC 63046:2020, 3.51, modifié – L'abréviation a été ajoutée.]

4 Abréviations

CA	courant alternatif
CDF (Core Damage Frequency)	fréquence d'endommagement du cœur
DiD (Defence in Depth)	défense en profondeur
DSO (Distribution System Operator)	gestionnaire de réseau de distribution
FCT (Fault Clearance Time)	durée d'élimination d'un défaut
AMDE	analyse des modes de défaillance et de leurs effets
CGI	courant géomagnétique induit
HT	haute tension
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
PTAE	perte totale des sources d'alimentation externes
NPP (Nuclear Power Plant)	centrale nucléaire
OPC (Open Phase Condition)	condition de rupture de phase
EPS	étude probabiliste de sûreté
SBO (Station Black-Out)	perte totale des alimentations électriques de la centrale
SMR (Small Modular Reactors)	petits réacteurs modulaires
GRT	gestionnaire de réseau de transport

5 Coordination contractuelle

La première étape du développement de la coordination entre un exploitant de NPP et un gestionnaire de réseau électrique est la mise en place d'un cadre contractuel approprié ou, dans les phases initiales, l'élaboration d'accords de coopération.

La méthode choisie pour ce faire dépend des règles d'un pays spécifique, mais il convient généralement d'établir un contrat pour les différents niveaux de coopération: études conjointes préliminaires, analyses de réseau et, en dernier lieu, contrat pour le raccordement de la NPP au réseau électrique et l'e fonctionnement ultérieur de la NPP.

Les accords contractuels doivent définir clairement, au minimum:

- les limites entre la NPP et le réseau électrique;
- les responsabilités mutuelles;
- les conditions techniques de raccordement de la NPP;
- les références à des procédures d'exploitation valides.

NOTE Les limites entre la NPP et le réseau électrique peuvent inclure les éléments physiques, le fonctionnement, la maintenance, etc.

6 Coordination technique

6.1 Généralités

Il convient qu'une coordination technique soit établie entre l'exploitant de NPP et les gestionnaires de réseau électrique à tous les stades du fonctionnement, y compris la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance.

Il convient de procéder à une coordination technique en se fondant sur les données et analyses d'entrée établies d'un commun accord afin de vérifier que les exigences mutuelles de la NPP et du réseau électrique sont respectées conformément aux critères d'acceptation établis d'un commun accord.

Les objectifs sont les suivants:

- la NPP reste connectée au réseau après les perturbations, si le réseau se trouve dans les limites définies;
- il convient que la fonctionnalité du système électrique de la NPP ne soit pas altérée par le réseau électrique.

6.2 Études conceptuelles de l'interface entre la NPP et le réseau électrique

Les gestionnaires de réseau électrique et les exploitants de NPP, dès les premières phases d'étude conceptuelle, doivent:

- a) planifier les unités de production d'électricité de la nouvelle NPP en fonction des demandes prévues pour la consommation du réseau électrique et les exigences de fonctionnement flexible;
- b) vérifier le dimensionnement électrique d'une nouvelle NPP par rapport au réseau électrique disponible afin de s'assurer qu'il sera possible de répartir l'énergie produite;
- c) fournir une évaluation de la fiabilité du réseau électrique à partir des données du gestionnaire de réseau électrique;
- d) lancer une version préliminaire de l'analyse du système d'alimentation relative au raccordement de la nouvelle NPP, à partir des données du gestionnaire de réseau électrique (l'analyse du système d'alimentation est spécifiée en 6.5);
- e) concevoir le schéma de raccordement de la NPP au réseau électrique;

- f) procéder à une évaluation initiale de la conformité de la NPP aux paramètres du réseau électrique en ce qui concerne les plages de fréquences/tensions, la régulation et les capacités de rejet de charge. Il convient que cette évaluation confirme que la conformité aux exigences du réseau électrique n'entraîne pas de contraintes en matière de sûreté nucléaire.

6.3 Échange d'informations techniques entre l'exploitant de NPP et le gestionnaire de réseau électrique

Il convient que les données d'entrée pour la conception de l'interface réseau de la NPP soient définies par le gestionnaire de réseau électrique dans le code de réseau. Il convient que le gestionnaire de réseau électrique et l'exploitant de NPP se mettent d'accord sur des exigences/entrées supplémentaires tout en maintenant la sûreté nucléaire.

Il convient que les données d'entrée pour l'interface NPP-réseau électrique incluent:

- a) le courant de court-circuit maximal et minimal attendu (triphasé ou monophasé) au point de connexion du réseau électrique selon des normes et des conditions de fonctionnement définies. Afin de dimensionner correctement les équipements, des informations sur l'évolution future prévue de ces valeurs doivent être fournies;
- b) les limites et vitesses des variations de fréquence du réseau électrique et de tension au point de connexion (y compris les valeurs attendues en mode arrêt de la NPP) et, le cas échéant, les données historiques (nombre d'événements/durée) pour les valeurs de fréquence et de tension anormales (voir 6.2 c));
- c) les mesures et commandes à échanger entre la NPP et le réseau électrique;
- d) les données de la NPP et du réseau électrique pertinentes pour la construction de modèles pour les études de réseau (par exemple, masses tournantes, caractéristiques du régulateur de tension);
- e) la fréquence des conditions PTAE et le délai de rétablissement en entrée pour l'étude probabiliste de sûreté de la NPP.

6.4 Schéma de raccordement

Le gestionnaire de réseau électrique et l'exploitant de NPP doivent concevoir le schéma de raccordement entre la centrale nucléaire et le réseau électrique en tenant compte des données d'entrée définies.

Il convient de déterminer le nombre, le type et le niveau d'indépendance des lignes qui relient la NPP au réseau électrique suivant la conception de la NPP, en fonction de l'argumentaire de sûreté de la NPP, de la fiabilité du réseau électrique et des caractéristiques du réseau électrique lui-même. Certains exemples de schémas de raccordement sont inclus dans l'Annexe B.

Le réseau électrique est la source d'alimentation préférentielle du système d'alimentation interne et il contribue également de manière significative à la défense en profondeur (DiD) dans la conception de sûreté de l'installation. Le fonctionnement d'une NPP dans des conditions transitoires et accidentelles, ainsi qu'en condition d'arrêt normal, est plus fiable si le réseau électrique est disponible.

L'exploitant de NPP et les gestionnaires de réseau électrique doivent évaluer techniquement les avantages et les inconvénients des autres schémas de raccordement possibles en tenant compte des options disponibles. Il convient que le schéma de raccordement comprenne la définition des éléments suivants:

- a) le type de poste de commutation HT (par exemple, isolé à l'air ou au gaz), y compris les exigences fonctionnelles et de redondance (voir l'IEC 63046:2020);
- b) la propriété et le contrôle des disjoncteurs dans le poste de commutation HT;
- c) le type de protection électrique, nombre de canaux et de moyens de connexion;

- d) les dispositions relatives aux signaux de communication entre la NPP et le réseau électrique;
- e) la commande de répartition;
- f) les systèmes de compteurs.

6.5 Analyse de l'interface entre la NPP et le réseau électrique

6.5.1 Généralités

Des analyses du système d'alimentation électrique doivent être réalisées pour concevoir et vérifier les dispositions de raccordement et d'interface entre la NPP et le réseau électrique.

Les analyses doivent être réalisées pour les différentes phases de la conception et de la durée de vie utile de la NPP; elles doivent être mises à jour périodiquement et lorsque des modifications de la NPP ou du réseau électrique sont envisagées.

La première étape consiste à réaliser une étude générale (généralement réalisée par le gestionnaire de réseau électrique) pour évaluer la faisabilité de la construction de la NPP, en tenant compte du dimensionnement électrique prévu de l'installation et de la capacité du réseau à fonctionner avec la NPP.

La responsabilité de l'exécution des analyses dépend des accords entre l'exploitant de NPP et le gestionnaire de réseau électrique.

Les analyses spécifiques ont une responsabilité plus définie (par exemple, l'analyse de stabilité transitoire est généralement réalisée par un gestionnaire de réseau électrique, tandis que les analyses du mode de fonctionnement en îlot de la NPP sont généralement réalisées par l'exploitant de NPP). Il est important que les deux parties acceptent d'échanger les données nécessaires pour les analyses données.

Les analyses doivent également démontrer que le réseau électrique et la NPP ont la capacité de répondre en toute sécurité aux perturbations définies, comme cela est spécifié dans le code de réseau (par exemple, variations lentes/rapides de la tension/fréquence, courts-circuits avec une capacité de tenue en cas de défaut appropriée, foudre et OPC).

Les exigences relatives à l'analyse du système d'alimentation électrique sont décrites dans l'IEC 62855. Un récapitulatif des différents types d'analyses exigés spécifiquement pour l'interface entre la NPP et le réseau électrique est fourni du 6.5.2 au 6.5.10.

6.5.2 Analyses des flux de charge

Une analyse des flux de charge doit être réalisée pour déterminer la distribution de la tension du réseau et de l'angle de phase pour un état spécifique du réseau électrique donné par les sources de production d'électricité, les points de consommation et les transformateurs/lignes de connexion.

Dans le cadre de l'évaluation du raccordement de la NPP au réseau, des analyses des flux de charge doivent être effectuées pour vérifier la capacité du réseau électrique à exporter la puissance produite par la NPP en toute sécurité sans enfreindre les limites du réseau électrique, par exemple surcharge des équipements, violation des critères $n-1$, $n-2$.

Des analyses des flux de charge du réseau électrique doivent être effectuées pour contrôler et vérifier les activités de maintenance possibles du réseau électrique pendant le fonctionnement de la NPP et pour déterminer si certaines opérations de maintenance du réseau électrique ne peuvent être réalisées qu'à l'état d'arrêt de la NPP.

6.5.3 Analyses de stabilité transitoire

Des analyses de stabilité transitoire doivent être réalisées pour confirmer que les générateurs de la NPP maintiendront la stabilité en cas d'accidents hypothétiques dans le réseau électrique, comme cela est décrit dans le code de réseau (par exemple, fermeture sur courts-circuits triphasés). Les analyses doivent être utilisées pour déterminer les mesures de récupération, si nécessaire. Par ailleurs, l'incidence des transitoires du réseau sur les systèmes électriques internes de la NPP doit être évaluée.

Un modèle dynamique de la NPP et du réseau électrique doit être établi pour calculer la "durée d'élimination d'un défaut" (FCT) après laquelle, si la défaillance du réseau n'est pas résolue par des protections côté réseau électrique, les générateurs concernés perdront leur synchronisation et nécessiteront d'être déclenchés par leurs propres systèmes de protection avant une perte de synchronisation.

Il est préférable que les générateurs soient capables de maintenir la stabilité en toute sécurité pendant les transitoires du réseau, car les déclenchements répétés des générateurs ont une incidence plus importante sur la stabilité du réseau électrique lui-même. Dans plusieurs cas, le réseau électrique impose une durée minimale exigée pendant laquelle les générateurs doivent assurer la stabilité.

6.5.4 Analyses de stabilité en régime permanent

Une analyse de stabilité en régime établi doit être réalisée pour étudier la stabilité tension/fréquence de la NPP en réponse à d'éventuels profils de tension/fréquence dans le réseau électrique.

Une analyse de stabilité en régime établi doit également être réalisée afin de déterminer la capacité des générateurs de la NPP en ce qui concerne la régulation de la tension (puissance réactive).

Des analyses doivent être réalisées pour vérifier que la NPP a une capacité suffisante pour supporter les variations de tension dans le réseau électrique, comme cela est défini dans le code de réseau. Si cela n'est pas le cas, il convient de mettre en œuvre des mesures supplémentaires, comme l'utilisation de changeurs de prises en charge sur les transformateurs principaux.

Les analyses en régime permanent doivent inclure une vérification afin de démontrer la capacité de la NPP (essentiellement les auxiliaires, les pompes de refroidissement du réacteur, les systèmes de sûreté) à supporter les conditions de fréquence dégradées sur le réseau électrique ou résultant de l'îlotage.

6.5.5 Analyses du mode de fonctionnement en îlot de la NPP (le cas échéant)

Lorsque cela a fait l'objet d'un accord entre l'exploitant de NPP et le gestionnaire de réseau électrique, il convient que la NPP soit en mesure de fonctionner en toute sécurité lors d'un fonctionnement en îlot (contrôle de fréquence), c'est-à-dire que la NPP fait varier sa propre puissance en fonction de la variation de fréquence dans son îlot. Il convient que la limite et l'extension de l'îlot concerné soient définies par le gestionnaire de réseau électrique.

Il convient que le domaine d'application des analyses effectuées par les exploitants de NPP confirme initialement que la centrale nucléaire est conçue pour fonctionner en toute sécurité dans ce mode.

La protection électrique de la NPP doit être conçue pour prendre en charge ce mode de fonctionnement.

Voir également l'exigence relative aux analyses de fonctionnement flexible en 6.5.7.

6.5.6 Analyses de l'îlotage de la NPP (le cas échéant)

Certaines NPP sont conçues pour effectuer un îlotage (c'est-à-dire que la NPP fournit de l'énergie à ses propres auxiliaires lorsqu'ils sont déconnectés du réseau électrique) sans que cela n'entraîne le déclenchement du réacteur et du turbogénérateur de façon à réduire le plus possible le temps de reconnexion au réseau électrique et réduire les transitoires sur la NPP.

Lorsque la NPP est conçue pour l'îlotage, il convient de procéder à une analyse spécifique afin de démontrer la capacité de la centrale nucléaire à exécuter ce mode de fonctionnement.

La protection électrique de la NPP doit être conçue pour prendre en charge ce mode de fonctionnement.

NOTE Ce mode de fonctionnement est inclus dans la deuxième couche de défense en profondeur pour la NPP (voir le document SSG-34 de l'AIEA), car le générateur est capable d'alimenter les auxiliaires en cas de PTAE, mais il induit également des transitoires de tension et de fréquence importants.

6.5.7 Analyses de fonctionnement flexible de la NPP

Il peut être exigé de la part des NPP qu'elles fassent varier et qu'elles régulent les niveaux de production d'énergie plusieurs fois sur une période de 24 h selon un plan de production prédéfini et/ou selon les exigences du gestionnaire de réseau électrique (régulation de fréquence/tension primaire/secondaire).

Cet ensemble de modes de fonctionnement (généralement défini comme "fonctionnement flexible de la centrale nucléaire" – voir "Collection Énergie nucléaire de l'AIEA, NP-T-3.23") peut entraîner une augmentation de la contrainte sur les équipements de la NPP.

Lorsqu'un exploitant de NPP se propose d'opérer dans ces modes, des analyses spécifiques doivent être réalisées afin d'évaluer la possibilité et l'étendue de cette opération de régulation continue. Cela doit inclure la prise en compte des contraintes de sûreté électrique, de sûreté des processus et de sûreté nucléaire.

6.5.8 Analyses des transitoires/défauts électriques de la NPP

Outre les analyses spécifiques de rejet de charge comme cela est décrit en 6.5.6, d'autres analyses spécifiques doivent être réalisées pour vérifier l'incidence sur les auxiliaires de la NPP d'autres transitoires électriques possibles induits par le réseau électrique.

Il convient que les analyses tiennent compte des événements suivants en se fondant sur l'expérience opérationnelle:

- les conditions OPC, voir l'ouvrage Safety Report Series, n° 91 de l'AIEA;
- les surtensions dans les alimentations auxiliaires, voir NEA/CSNI/R(2009)10;
- la fonction de réenclenchement automatique sur les lignes de réseau électrique proches de la NPP;
- la résonance sous-synchrone, compte tenu également des stations de convertisseur et des batteries de condensateurs pour la régulation de puissance réactive;
- les courants géomagnétiques induits (CGI).

Les analyses des systèmes d'alimentation électrique sont décrites dans l'IEC 62855 et il convient de les utiliser comme référence pour effectuer des analyses spécifiques.

6.5.9 Analyses de fiabilité du réseau électrique

Les données historiques concernant les défaillances du réseau électrique et leur durée doivent être regroupées afin de prévoir la probabilité de défaillance et le temps de récupération, en se fondant sur les données réelles.