



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Nuclear power plants – Electrical power systems – Electrical power systems analysis

Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'alimentation électrique – Analyse des systèmes d'alimentation électrique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-3589-8

**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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	10
2 Normative references.....	11
3 Terms and definitions	11
4 Symbols and abbreviations	12
5 Electrical power system analyses.....	13
5.1 Overview of typical studies	13
5.1.1 Transient stability analyses	13
5.1.2 Load flow studies	13
5.1.3 Transient and dynamic studies	13
5.1.4 Short circuit studies	14
5.1.5 Electrical protection coordination and selectivity	14
5.1.6 Lightning protection studies.....	14
5.2 Applicability of analyses to different plant states	14
5.2.1 General	14
5.2.2 Recommendations	14
5.3 Selection, verification and validation of analytical tools	15
5.3.1 General	15
5.3.2 Recommendations	16
5.4 Electrical power system model.....	17
5.5 Grid and NPP connection	17
5.6 Updating of system analyses	17
5.7 Prerequisites for the performance of electrical studies	17
5.8 Acceptance requirements	18
6 Off-site power transient stability analyses.....	18
6.1 General.....	18
6.2 Recommendation	18
6.3 Acceptance requirements	18
7 AC on-site power system analyses.....	18
7.1 General.....	18
7.2 Load flow studies	19
7.2.1 General	19
7.2.2 Recommendations	19
7.2.3 Acceptance requirements	19
7.3 Transient studies.....	19
7.3.1 General	19
7.3.2 Faulted conditions.....	19
7.3.3 Bus transfer studies	20
7.3.4 Motor starting and reacceleration studies.....	21
7.3.5 House load operation	22
7.3.6 Voltage disturbances.....	22
7.3.7 Voltage surge caused by switching and malfunctions	23
7.3.8 Load sequencer studies	23
7.3.9 Frequency studies.....	24
7.4 Fault studies	24

7.4.1	Short-circuit studies	24
7.4.2	Earth fault (degraded insulation) studies	25
7.5	Electrical protection coordination studies	25
7.5.1	Recommendations	25
7.5.2	Acceptance requirements	26
8	DC system and uninterruptible AC system analyses	26
8.1	Load flow studies	26
8.1.1	General	26
8.1.2	Recommendations	26
8.1.3	Acceptance requirements	27
8.2	Transient studies	27
8.2.1	Rectifier	27
8.2.2	Inverter/UPS and bypass switch	27
8.3	Fault studies	28
8.3.1	Short circuit studies	28
8.3.2	Earth fault (degraded insulation) studies	28
8.4	Electrical protection coordination studies	28
8.4.1	Recommendations	28
8.4.2	Acceptance requirements	29
9	Miscellaneous analyses	29
9.1	Lightning protection studies	29
9.1.1	General	29
9.1.2	Recommendation	29
9.1.3	Acceptance requirements	30
9.2	Electromagnetic compatibility	30
9.2.1	General	30
9.2.2	Recommendation	30
9.3	Harmonic studies	30
9.3.1	General	30
9.3.2	Recommendation	30
9.4	Geomagnetic induced current (GIC)	30
9.5	Ferroresonance studies	30
Annex A (informative) Establishment of design bases for nuclear power plant electrical power systems		31
A.1	Overview	31
A.2	Site electrical characteristics	34
A.2.1	General	34
A.2.2	Grid disturbances	35
A.2.3	Short circuit power	35
A.2.4	Lightning protection and insulation coordination	36
A.2.5	Earthing characteristics	36
A.3	Plant electrical characteristics	37
A.3.1	General	37
A.3.2	Main generator characteristics	37
A.3.3	Standby AC power sources and alternate AC source	37
A.3.4	DC power sources	39
A.4	Conceptual electrical design criteria	39
A.4.1	General	39
A.4.2	Capacity of power sources	39

A.4.3	Protection coordination	39
A.4.4	Voltage transients and interruptions	40
A.4.5	Capability for bus transfer	40
A.4.6	Capability for motor start and reacceleration	40
A.4.7	System earthing	40
A.4.8	Capability of electrical equipment	41
A.4.9	Electromagnetic interference	41
A.4.10	Geomagnetic induced currents	41
A.4.11	Ferroresonance	41
A.5	Conceptual nuclear design criteria	42
A.5.1	General	42
A.5.2	Reliability and availability, single failure criterion	42
A.5.3	Common cause failures (CCF) and common mode failures (CMF)	43
A.6	Design bases analysis	43
A.6.1	General	43
A.6.2	Voltage	44
A.6.3	Sizing of safety standby AC power sources	45
A.6.4	Frequency	46
A.6.5	Electrical consumers' databases and power balances	46
Annex B (informative)	Guidelines for analytical studies	48
B.1	Analytical studies methodology	48
B.1.1	General	48
B.1.2	Process	48
B.2	Example of detailed level	50
B.2.1	Purpose	50
B.2.2	Analysis and basics	50
B.2.3	Minimum required data	51
B.2.4	Contribution of the study	51
Annex C (informative)	Verification of design bases and equipment specification	52
Annex D (informative)	Example of plant specific acceptance criteria	55
Bibliography	56
Figure A.1	– Input and process to determine the specific electrical design bases for a nuclear power plant and verification analyses	32
Figure A.2	– Relationship of the plant electrical power system, the off-site electrical power system and the on-site electrical power system for a nuclear power plant	33
Figure A.3	– Relationship of power supplies important to safety, safety power supplies, and the preferred power supply for a nuclear power plant	34
Figure A.4	– Typical voltage design bases	44
Figure B.1	– Overview of analytical studies	48
Figure B.2	– Phenomena	49
Table C.1	– AC on-site power system analyses	52
Table C.2	– DC system and uninterruptible AC system analyses	53

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR POWER PLANTS – ELECTRICAL POWER SYSTEMS – ELECTRICAL POWER SYSTEMS ANALYSIS

FOREWORD

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

International Standard IEC 62855 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45A/1094/FDIS	45A/1100/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

The principal function of the electrical power system is to support the safe operation of a nuclear power plant (NPP) in all modes of operation. A subset of the electrical power system is essential for supporting nuclear safety functions at various voltage levels. This subset is critical for all plant states and events requiring plant cool-down in a controlled manner. A reliable power system is critical for maintaining control to power, control and monitor plant safety functions. This is required to support the barriers that prevent radiological releases during design basis accidents and design extension conditions.

International Standards and National safety codes provide guidance on acceptable requirements for safe and reliable operation of electrical distribution systems. Compliance with these safety codes and standards generally provides reasonable assurance for the correct electrical functionality and capability of these systems in the nuclear power plant (NPP).

The design basis of the electrical power systems in a NPP should be established by consideration of the following elements:

- nuclear design criteria, defence in depth approach, safety classification, design basis conditions (DBC) and design extension conditions (DEC);
- requirements for transmission system operating limits, grid safety, grid code, plant performance and operating limits;
- architecture and specification of the electrical power systems;
- sizing of main components and systems such as unit auxiliary and standby transformers, switchgear, cables, motors and standby alternating current (AC) and direct current (DC) power sources;
- load allocations and load power balance;
- load flow calculations;
- coordination of characteristics (voltage, current and short circuit current);
- support system requirements during postulated DBCs;
- design verification including verification analyses.

An example of design bases considerations for electrical power systems is provided in informative Annex A.

Guidelines and an example of analytical methods are detailed in informative Annex B. The relationship between analyses and verification of design bases and equipment specification is given in informative Annex C. An example of plant specific acceptance criteria (see 5.8) is given in informative Annex D.

It is intended that the Standard will be used by operators of NPPs (utilities), systems evaluators and by licensors.

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

IEC 62855 is a third level IEC SC 45A document covering the topic of electrical power systems analysis.

This standard supports the guidance provided in the IAEA Safety Guide SSG-34 related to the design of electrical power systems for nuclear power plants.

This standard is related to

- IAEA Nuclear Energy Series NG-T-3.8 dealing with electric grid reliability and interface with nuclear power plants, and
- IEC 61513 establishing general requirement for I&C systems important to safety used in nuclear power plants..

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

c) Recommendations and limitations regarding the application of this standard

To ensure that the Standard will continue to be relevant in future years, the emphasis has been placed on issues of principle, rather than specific technologies.

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

The top-level documents of the IEC SC 45A standard series are IEC 61513 and IEC 63046¹. IEC 61513 provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 63046 provides general requirements for electrical power systems of NPP; it covers power supply systems including the supply systems of the I&C systems. IEC 61513 and IEC 63046 are to be considered in conjunction and at the same level. IEC 61513 and IEC 63046 structure the IEC SC 45A standard series and shape a complete framework establishing general requirements for instrumentation, control and electrical systems for nuclear power plants.

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

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

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

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the safety and security principles and basic aspects provided in the relevant IAEA safety standards and in the relevant documents of the IAEA nuclear security series (NSS). In particular, this includes the IAEA requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of nuclear power plants (NPP), the IAEA safety guide SSG-30 dealing with the safety classification of structures, systems and components in NPP, the IAEA safety guide SSG-39 dealing with the design of instrumentation and control systems for NPP, the IAEA safety guide SSG-34 dealing with the design of electrical power systems for NPP and the implementing guide NSS 17 for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC ANW 63046:2016.

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

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

NOTE 2 IEC SC 45A domain was extended in 2013 to cover electrical systems. In 2014 and 2015 discussions were held in IEC SC 45A to decide how and where general requirement for the design of electrical systems were to be considered. IEC SC 45A experts recommended that an independent standard be developed at the same level as IEC 61513 to establish general requirements for electrical systems. Project IEC 63046 is now launched to cover this objective. When IEC 63046 will be published this NOTE 2 of the introduction of IEC SC 45A standards will no longer be valid.

NUCLEAR POWER PLANTS – ELECTRICAL POWER SYSTEMS – ELECTRICAL POWER SYSTEMS ANALYSIS

1 Scope

IEC 62855 provides the electrotechnical engineering guidelines for analysis of AC and DC electrical power systems in nuclear power plants (NPPs) in order to demonstrate that the power sources and the distribution systems have the capability for safe operation and shut down of the NPP, bringing it to a controlled state after an anticipated operational occurrence or accident conditions and finally reaching a safe state.

The analytical studies discussed in this document provide assurance that the design bases are satisfied to meet their functional requirements under the conditions produced by the applicable design basis events. The studies provide assurance that the electrical power system is capable of supporting safety functions during all required plant conditions.

NOTE The safety functions are described in IAEA Specific Safety Requirements SSR-2/1 related to the design of the nuclear power plants..

Analytical studies validate the robustness and adequacy of design margins and demonstrate the capability of electrical power systems to support plant operation for normal, abnormal, degraded and accident conditions.

The analyses are used to verify that the electrical power system can withstand minor disturbances and that the consequences of major disturbances or failures do not degrade the capability of the electrical power systems to support safe shutdown of the plant and maintain the plant in shutdown condition.

The analyses are performed with one or more of

- simulation tools (software and hardware) that have been verified and validated,
- hand calculations, and
- tests.

This document provides guidance on the types of analyses required to demonstrate that the plant's auxiliary power system can perform the required safety functions. This document does not provide specific details on how the analysis should be conducted.

This document does not cover digital controllers (such as controllers for rectifiers, inverters, sequencers and electrical protection devices) used in electrical power systems. IEC 61513 gives recommendations that apply to the electronic controls and protective elements of the electrical power systems.

This document does not include environmental conditions (i.e. temperature, humidity, etc.) or external events (seismic, flooding, fire, high energy electromagnetic pulse, etc.) that may impact equipment sizing or protection requirements. The external events lightning and geomagnetic storms are included.

This document does not cover additional or unique requirements for stand-alone power system, such as power supplies for security measures in NPPs. Pertinent clauses of this document may be used as a guideline for such systems.

Redundancy in the power system design can increase the availability of electrical power to critical plant equipment. Performing a probabilistic risk assessment (PRA) is a method of assessing system availability and optimizing design for high reliability. This document does not cover improving the reliability of NPP electrical power systems using statistical or diverse and redundant schemes.

Requirements for safeguards of personnel involved with installation, maintenance and operation of electrical systems and general personal safety are outside the scope of this document. General guidance for lightning protection of equipment is provided in relevant clauses of this document.

This document is intended to be used:

- for verification of the design of new nuclear power plants,
- for demonstrating the adequacy and impact of major modifications of electrical power systems in operating nuclear power plants, and
- where there is a requirement to assess and establish operating limits and constraints for existing plants.

Pertinent parts of this document can be used as guidance for decommissioning stages.

2 Normative references

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

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	64
INTRODUCTION.....	66
1 Domaine d'application.....	69
2 Références normatives	70
3 Termes et définitions	70
4 Symboles et abréviations	72
5 Analyses du système d'alimentation électrique	72
5.1 Etudes classiques	72
5.1.1 Analyses de stabilité transitoire	72
5.1.2 Etudes de transit de puissance.....	72
5.1.3 Etudes transitoires et dynamiques	73
5.1.4 Etudes de court-circuit	73
5.1.5 Coordination et sélectivité de la protection électrique.....	73
5.1.6 Etudes de protection contre la foudre	73
5.2 Applicabilité des analyses aux différents états de la centrale.....	73
5.2.1 Généralités	73
5.2.2 Recommandations	74
5.3 Choix, vérification et validation des outils d'analyse	75
5.3.1 Généralités	75
5.3.2 Recommandations	75
5.4 Modèle de système d'alimentation électrique	76
5.5 Connexion de la centrale au réseau.....	77
5.6 Mise à jour des analyses des systèmes électriques.....	77
5.7 Conditions préalables à la réalisation des études électriques	77
5.8 Critères d'acceptation.....	78
6 Analyses de stabilité transitoire des sources d'alimentation externes	78
6.1 Généralités	78
6.2 Recommandation	78
6.3 Critères d'acceptation	78
7 Analyses des systèmes électriques internes en courant alternatif	78
7.1 Généralités	78
7.2 Etudes de transit de puissance	78
7.2.1 Généralités	78
7.2.2 Recommandations	79
7.2.3 Exigence d'acceptation	79
7.3 Etudes transitoires	79
7.3.1 Généralités	79
7.3.2 Conditions de défaut	79
7.3.3 Etudes de basculement de source	80
7.3.4 Etudes de démarrage et de réaccélération du moteur	81
7.3.5 Fonctionnement en régime floté.....	82
7.3.6 Perturbations de tension	82
7.3.7 Surtension temporaire à fréquence industrielle provoquée par une commutation et des dysfonctionnements.....	83
7.3.8 Etudes des séquences de reprise de charge.....	83
7.3.9 Etudes de fréquence	84

7.4	Etudes de défaut.....	84
7.4.1	Etudes de court-circuit	84
7.4.2	Etudes de défaut à la terre (isolement dégradé).....	85
7.5	Etudes de coordination de la protection électrique	85
7.5.1	Recommandations	85
7.5.2	Critères d'acceptation	86
8	Analyses des systèmes de distributions électriques en courant continu et en courant alternatif sans interruption	87
8.1	Etudes de transit de puissance	87
8.1.1	Généralités	87
8.1.2	Recommandations	87
8.1.3	Critères d'acceptation	88
8.2	Etudes transitoires	88
8.2.1	Redresseur	88
8.2.2	Onduleur/ASI et commutateurs statique.....	88
8.3	Etudes de défaut.....	89
8.3.1	Etudes de court-circuit	89
8.3.2	Etudes de défaut à la terre (isolement dégradé).....	89
8.4	Etudes de coordination de la protection électrique	90
8.4.1	Recommandations	90
8.4.2	Critères d'acceptation	90
9	Analyses diverses.....	90
9.1	Etudes de protection contre la foudre	90
9.1.1	Généralités	90
9.1.2	Recommandations	91
9.1.3	Critères d'acceptation	91
9.2	Compatibilité électromagnétique.....	91
9.2.1	Généralités	91
9.2.2	Recommandation	91
9.3	Etudes d'harmonique.....	91
9.3.1	Généralités	91
9.3.2	Recommandation	91
9.4	Courant géomagnétique induit (CGI).....	92
9.5	Etudes de ferrorésonance	92
Annexe A (informative) Etablissement des dimensionnements des systèmes d'alimentation électrique de centrale nucléaire de puissance		93
A.1	Introduction générale	93
A.2	Caractéristiques électriques du site	96
A.2.1	Généralités	96
A.2.2	Perturbations du réseau	97
A.2.3	Puissance de court-circuit	97
A.2.4	Protection contre la foudre et coordination de l'isolement.....	98
A.2.5	Caractéristiques de mise à la terre	99
A.3	Caractéristiques électriques de la centrale.....	100
A.3.1	Généralités	100
A.3.2	Caractéristiques de l'alternateur principal	100
A.3.3	Sources internes de secours en CA et sources d'ultime secours en CA	100
A.3.4	Sources de puissance en courant continu.....	101
A.4	Critères de conception électrique en phase avant projet.....	102

A.4.1	Généralités	102
A.4.2	Capacité des sources de puissance	102
A.4.3	Coordination des dispositifs de protection	102
A.4.4	Tensions transitoires et interruptions	103
A.4.5	Capacité de transfert des alimentations	103
A.4.6	Capacité de démarrage et de réaccélération du moteur	103
A.4.7	Mise à la terre du réseau	103
A.4.8	Capacité des équipements électriques	104
A.4.9	Perturbations électromagnétiques	104
A.4.10	Courant géomagnétique induit	104
A.4.11	Ferrorésonance	105
A.5	Critères de conception nucléaire en phase avant projet	105
A.5.1	Généralités	105
A.5.2	Fiabilité et disponibilité, critère de défaillance unique	106
A.5.3	Défaillances de cause commune (DCC) et modes communs de défaillance (MCD)	106
A.6	Analyse des dimensionnements	107
A.6.1	Généralités	107
A.6.2	Tension	107
A.6.3	Dimensionnement des sources internes de secours en CA de sûreté	109
A.6.4	Fréquence	109
A.6.5	Bases de données des consommateurs d'électricité et bilans de puissance	110
Annexe B (informative)	Directives pour les études analytiques	111
B.1	Méthodologie des études analytiques	111
B.1.1	Généralités	111
B.1.2	Processus	111
B.2	Exemple de niveau détaillé	113
B.2.1	Objet	113
B.2.2	Analyse et éléments de base	114
B.2.3	Données minimales exigées	114
B.2.4	Contribution de l'étude	114
Annexe C (informative)	Vérification des dimensionnements et spécification de l'équipement	116
Annexe D (informative)	Exemple de critères d'acceptation spécifiques à la centrale	119
Bibliographie	121

Figure A.1 – Entrées et processus de détermination des dimensionnements électriques spécifiques d'une centrale nucléaire de puissance et analyses de vérification 94

Figure A.2 – Relation entre le réseau électrique de la centrale, le réseau électrique externe et le réseau électrique interne d'une centrale nucléaire de puissance 95

Figure A.3 – Relation entre les alimentations importantes pour la sûreté, les alimentations de sûreté et l'alimentation privilégiée des auxiliaires via les sources externes d'une centrale nucléaire de puissance 96

Figure A.4 – Bases de conception de la tension classique 107

Figure B.1 – Présentation des études analytiques 111

Figure B.2 – Phénomènes 112

Tableau C.1 – Analyses du système de puissance interne en courant alternatif.....	116
Tableau C.2 – Analyses du système en courant continu et du système en courant alternatif sans interruption.....	118

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D’ALIMENTATION ÉLECTRIQUE – ANALYSE DES SYSTÈMES D’ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62855 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et électriques des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/1094/FDIS	45A/1100/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

Le rôle principal du système d'alimentation électrique des auxiliaires est d'assurer le support qui permet de garantir le fonctionnement sûr d'une centrale nucléaire dans tous ses modes de fonctionnement ou états de tranches. Une partie du système d'alimentation électrique est essentielle pour la prise en charge à différents niveaux de tension (HTA et BT) des fonctions de sûreté nucléaire. Ce sous-ensemble est essentiel pour tous les états et les événements de la centrale nécessitant le refroidissement contrôlé de son réacteur. Un système d'alimentation électrique fiable est essentiel au maintien des alimentations de puissance, du contrôle commande et de l'instrumentation (surveillance) des fonctions de sûreté de la centrale. Il est requis en tant que fonction support pour le maintien des barrières qui empêchent les rejets radioactifs en cas d'accidents de dimensionnement ainsi que dans les conditions hors dimensionnement.

Les normes internationales et les codes nationaux de sûreté donnent les lignes directrices relatives aux exigences acceptables pour un fonctionnement sûr et fiable des systèmes de distribution électrique. La conformité à ces codes et normes de sûreté donne en général une garantie raisonnable que le fonctionnement et la capacité des systèmes électriques de la centrale nucléaire sont corrects.

Il convient d'établir des bases de conception et de dimensionnement des systèmes électriques de puissance d'une centrale nucléaire de production d'électricité (CNPE) prenant en compte des éléments suivants:

- les critères de conception nucléaire, l'approche de défense en profondeur, la classification de sûreté des systèmes, le dimensionnement aux conditions normales (DCN) et aux conditions hors dimensionnement (CHD),
- les exigences relatives aux limites de fonctionnement et de sûreté du réseau de transport, au code de réseau, ainsi qu'aux performances et limites de fonctionnement de la centrale,
- l'architecture et la spécification des systèmes électriques de puissance,
- le dimensionnement des principaux composants et systèmes électriques (par exemple: transformateurs principal (TP), de soutirage (TS) et auxiliaire (TA), appareillage de coupure, câbles, moteurs ainsi que les sources de puissance de secours en courant alternatif (CA) et en courant continu (CC)),
- les affections des charges au niveau des départs électriques et les bilans de puissance,
- les calculs de transit de puissance (Load Flow),
- la coordination des grandeurs électriques (tension, courant et courant de court-circuit),
- les exigences des systèmes supports utilisés en conditions normales,
- la vérification de la conception, y compris les analyses de vérification.

Un exemple d'éléments à prendre en compte dans les bases de conception et de dimensionnement des systèmes électriques de puissance est donné en Annexe A.

Des directives et des exemples de méthodes d'analyse sont détaillés en Annexe B. La relation entre les analyses et la vérification du dimensionnement ainsi que les spécifications des équipements est donnée en Annexe C. Un exemple de critère d'acceptation spécifique à un type de centrale (voir 5.8) est donné en Annexe D.

La norme est destinée à être utilisée par les exploitations des CNPE, les entités responsables de l'évaluation des systèmes et les concédants de licence (autorité de sûreté).

b) Positionnement de la norme dans la série de normes du SC 45A de l'IEC

L'IEC 62855 est un document IEC SC 45A de troisième niveau relatif à l'analyse des systèmes d'alimentation électrique.

La présente norme développe les recommandations établies dans le Guide de Sûreté de l'AIEA SSG-34 sur la conception des systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires de puissance.

La présente norme est en relation avec

- le document NG-T-3.8 de la série Energie Nucléaire de l'AIEA portant sur la fiabilité et les interfaces de la centrale avec le réseau de transport, et
- l'IEC 61513 établissant les exigences générales pour les systèmes d'I&C importants pour la sûreté utilisés dans les centrales nucléaires de puissance.

Pour plus de détails sur la structure de la série de normes du sous-comité 45A de l'IEC, voir le point d) de cette introduction.

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

Pour assurer la pertinence de la norme dans les années à venir, l'accent a été mis sur les questions de principe, plutôt que sur des technologies particulières.

d) Description de la structure de la série de normes du sous-comité 45A de l'IEC et relations avec d'autres documents de l'IEC et d'autres organisations (IAEA, ISO)

Les documents de niveau supérieur de la collection de normes produites par le SC 45A de l'IEC sont les normes IEC 61513 et IEC 63046¹. La norme IEC 61513 traite des exigences générales relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle-commande (systèmes d'I&C) utilisés pour accomplir les fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires. La norme 63046 traite des exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique; elle couvre les systèmes d'alimentation électrique jusqu'à et y compris les alimentations des systèmes d'I&C. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 doivent être considérées ensemble et au même niveau. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 structurent la collection de normes du SC 45A de l'IEC et forment un cadre complet, cohérent et consistant établissant les exigences générales relatives aux systèmes d'I&C et électriques des centrales nucléaires de puissance.

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

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

¹ A l'étude. Stade au moment de la publication: IEC ANW 63046:2016.

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

Les normes de la collection produite par le SC 45A de l'IEC sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté et de sécurité de haut niveau établis par les normes de sûreté de l'AIEA pertinentes pour les centrales nucléaires, ainsi qu'avec les documents pertinents de la collection de l'AIEA pour la sécurité nucléaire (NSS), en particulier avec le document d'exigences SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-30 qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-39 qui traite de la conception de l'instrumentation et du contrôle-commande des centrales nucléaires, avec le guide de sûreté SSG-34 qui traite de la conception des systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires, et avec le guide de mise en œuvre NSS 17 traitant de la sécurité informatique pour les installations nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées pour la sûreté et la sécurité dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

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

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

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

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D’ALIMENTATION ÉLECTRIQUE – ANALYSE DES SYSTÈMES D’ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

1 Domaine d'application

L'IEC 62855 donne les directives en matière d'ingénierie électrotechnique pour l'analyse des systèmes électriques de puissance en courant alternatif (CA) et en courant continu (CC) des centrales nucléaires (CNPE). Il s'agit de démontrer que les sources de puissance et le système de distribution électrique peuvent garantir le fonctionnement et l'arrêt sûr de la centrale, de manière à atteindre un état contrôlé après un incident de fonctionnement prévu, puis un état sûr.

Les études analytiques présentées dans cette norme assurent que le dimensionnement et la conception des systèmes électriques satisfont aux exigences fonctionnelles conformément aux conditions issues des événements de dimensionnement applicables. Les études garantissent que les systèmes électriques sont en capacités de remplir (en tant que fonctions supports) les fonctions de sûreté dans toutes les conditions de fonctionnement exigées.

NOTE Les fonctions de sûreté sont décrites dans la norme de sûreté de l'AIEA SSR-2/1 établissant les prescriptions de sûreté particulières pour la sûreté des centrales nucléaires lors de la conception.

Les études analytiques valident la robustesse ainsi que la suffisance des marges de conception et démontrent l'aptitude des systèmes électriques à assurer leurs missions dans les conditions de fonctionnement normales, anormales, dégradées et accidentelles de la centrale.

Les analyses sont aussi utilisées pour vérifier que les systèmes d'alimentation électrique peuvent supporter des perturbations mineures et que les conséquences de ces perturbations ou défaillances majeures n'ont aucun impact sur l'aptitude des systèmes électriques à garantir l'arrêt sûr de la centrale et à la maintenir dans les conditions d'arrêt.

Les analyses sont réalisées avec un ou plusieurs des moyens suivants:

- outils de simulation (logiciels et matériels) qui ont été vérifiés et validés;
- calculs manuels;
- essais réels.

Le présent document donne les lignes directrices sur les types d'analyses nécessaires pour démontrer que le réseau électrique de la centrale peut exécuter les fonctions de sûreté exigées. Le présent document ne donne pas de détails particuliers quant à la manière dont il convient de mener l'analyse.

Le présent document ne couvre pas les régulations et protections numériques (le contrôle-commande destinés aux redresseurs, aux onduleurs, aux séquenceurs et aux dispositifs de protection électriques) utilisés dans les systèmes électriques de puissance. L'IEC 61513 donne des recommandations qui s'appliquent aux dispositifs de commande électronique et aux éléments de protection des systèmes d'alimentation électrique.

Le présent document ne contient pas d'exigences liées à l'environnement (c'est-à-dire la température, l'humidité, etc.) ou aux événements extérieurs (séisme, inondation, incendie, impulsion électromagnétique à haute énergie, etc.) qui peuvent avoir un impact sur les exigences de dimensionnement ou de protection de l'équipement. La foudre et les orages géomagnétiques sont inclus.

Le présent document ne couvre pas les exigences supplémentaires ou spécifiques d'un système de puissance autonome (par exemple: les alimentations électriques pour les contrôles d'accès des CNPE). Les articles correspondants du présent document peuvent faire office de directives pour ce type de système.

La prise en considération de la redondance à la conception peut permettre d'augmenter la disponibilité des systèmes d'alimentation électrique destinés aux équipements critiques de la centrale. Les études probabilistes de sûreté (EPS) sont une méthode d'évaluation de la disponibilité d'un système et d'optimisation de la conception qui permet d'avoir une disponibilité élevée. Cette norme n'aborde pas l'amélioration de la fiabilité des systèmes d'alimentation électrique d'une centrale à l'aide de schémas statistiques ou de schémas divers et redondants.

Les exigences relatives à la protection du personnel concerné par l'installation, la maintenance et le fonctionnement des systèmes électriques, ainsi que les exigences de sécurité générale du personnel sont hors du domaine d'application de la norme. Des lignes directrices générales sur la protection des équipements contre la foudre sont données dans les articles correspondants du présent document.

Le présent document a pour objectif d'être utilisé:

- pour vérifier la conception des nouvelles centrales nucléaires de puissance,
- pour démontrer la pertinence et l'impact de modifications majeures apportées aux systèmes électriques des CNPE en exploitation,
- lorsque les centrales existantes font l'objet d'une exigence d'évaluation et d'établissement des limites ainsi que des contraintes de fonctionnement.

Les parties correspondantes du présent document peuvent faire office de directives pour le démantèlement des centrales.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

Ce document ne contient aucune référence normative.