NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
62117

Première édition
First edition
1999-12

Instrumentation des réacteurs nucléaires – Réacteurs à eau légère pressurisée (REP) – Surveillance du refroidissement correct du coeur au cours de l'arrêt à froid

Nuclear reactor instrumentation – Pressurized light water reactors (PWR) – Monitoring adequate cooling within the core during cold shutdown

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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 photo-copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http://www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE U

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 6
INTRODUCTION 8

Articles

1 Domaine d'application et objet 10
2 Références normatives 12
3 Définitions et abréviations 14
4 Conditions de fonctionnement 16
4.1 Généralités 16
4.2 Opérations de maintenance au cours de l'arrêt à froid 16
4.3 Opération de rechargement du combustible au cours de l'arrêt à froid 18
5 Méthodes de mesure 18
5.1 Généralités 18
5.2 Instruments de mesure du niveau d'eau dans la cuve du réacteur 20
5.2.1 Mesure de la pression différentielle 20
5.2.2 Mesure par thermocouple chauffé 20
5.3 Dispositifs de mesure du niveau d'eau dans la tuyauterie de sortie de la cuve du réacteur 22
5.3.1 Mesure de la pression différentielle 22
5.3.2 Surveillance du niveau d'eau par ultrasons 22
5.4 Dispositifs de mesure de la température à la sortie du cœur 22
5.4.1 Thermocouples à la sortie du cœur 22
5.4.2 Température de la tuyauterie de sortie de la cuve du réacteur 24
5.4.3 Température du système d'évacuation de la puissance résiduelle 24
6 Exigences relatives à l'instrumentation 24
6.1 Exigences générales 24
6.1.1 Classes de sûreté 24
6.1.2 Précision et temps de réponse 24
6.1.3 Fiabilité 26
6.1.4 Cas d'une défaillance unique 26
6.2 Mesure de pression différentielle 26
6.2.1 Transmetteurs de pression différentielle 26
6.2.2 Colonnes de référence 26
6.2.3 Emplacements des piquages pour la mesure de pression différentielle 28
6.2.4 Installations de la ligne d'instrumentation hydraulique 28
6.2.5 Température des lignes d'instrumentation hydraulique 30
6.2.6 Type et qualité du fluide dans les lignes d'instruments 30
6.3 Mesure par thermocouple chauffé 30
6.4 Mesure du niveau d'eau par ultrasons 30
6.4.1 Application 30
6.4.2 Précision et temps de réponse 32
6.4.3 Questions relatives à l'installation 32
6.4.4 Questions spéciales relatives à l'interface homme-machine 32
6.5 Dispositifs de mesure de température 32

CONTENTS

Page

FOREWORD 7
INTRODUCTION 9

Clause

1 Scope and object 11
2 Normative references 13
3 Definitions and abbreviations 15
4 Operational conditions 17
4.1 General 17
4.2 Cold shutdown maintenance operations 17
4.3 Cold shutdown refuelling operation 19
5 Measurement methods 19
5.1 General 19
5.2 RPV water level measuring devices 21
5.2.1 Differential pressure measurement 21
5.2.2 Heated sensor measurement 21
5.3 RPV outlet pipe water level measuring devices 23
5.3.1 Differential pressure measurement 23
5.3.2 Ultrasonic liquid level monitoring 23
5.4 Core exit temperature sensing devices 23
5.4.1 Core exit thermocouples 23
5.4.2 RPV outlet pipe temperature 25
5.4.3 RHRS temperature 25
6 Instrumentation requirements 25
6.1 General requirements 25
6.1.1 Safety classification 25
6.1.2 Accuracy and response time 25
6.1.3 Reliability 27
6.1.4 Single failure considerations 27
6.2 Differential pressure measurement 27
6.2.1 Differential pressure transmitters 27
6.2.2 Reference columns 27
6.2.3 Differential pressure tap locations 29
6.2.4 Hydraulic instrument line installations 29
6.2.5 Hydraulic instrument line temperature 31
6.2.6 Type and quality of the fluid in the instrument lines 31
6.3 Heated sensor measurement 31
6.4 Ultrasonic liquid level measurement 31
6.4.1 Application 31
6.4.2 Accuracy and time response 33
6.4.3 Installation considerations 33
6.4.4 Special human machine considerations 33
6.5 Temperature sensing devices 33

Articles Pages
7 Traitement des données 32
8 Présentation de l'information 32
9 Vérification et étalonnage 34
10 Contrôle en service et maintenance 34
11 Qualification 34
12 Documentation 36

Annexe A (informative) Evénements de perte de refroidissement du cœur en arrêt à froid dans les REP 46
Annexe B (informative) Etats de fonctionnement de la centrale 48

Clause Page
7 Data processing 33
8 Presentation of information 33
9 Verification and calibration 35
10 In-service testing and maintenance 35
11 Qualification 35
12 Documentation 37

Annex A (informative) Loss of core cooling events during cold shutdown at PWRs 47
Annex B (informative) Plant operating states 49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES – RÉACTEURS À EAU LÉGÈRE PRESSURISÉE (REP) – SURVEILLANCE DU REFROIDISSEMENT CORRECT DU CŒUR AU COURS DE L'ARRÊT À FROID

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62117 a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/362/FDIS	45A/367/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 norme a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2004. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION – PRESSURIZED LIGHT WATER REACTORS (PWR) – MONITORING ADEQUATE COOLING WITHIN THE CORE DURING COLD SHUTDOWN

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62117 has been prepared by subcommittee 45A: Reactor instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45A/362/FDIS	45A/367/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard 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 3.

Annexes A and B are for information only.

The committee has decided that this publication remains valid until 2004. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

INTRODUCTION

La CEI 60911 a été introduite en 1987 pour traiter du problème général des mesures de surveillance du refroidissement du cœur des réacteurs à eau légère. Cette norme s'intéressant tout d'abord au problème général, ne traite pas des conditions particulières, comme l'arrêt à froid, durant lequel des systèmes classiques, conformes aux exigences de la CEI 60911, se sont révélés être inadaptés et trompeurs, et durant lequel des incidents se sont d'ores et déjà produits.

Ainsi, après publication de la CEI 60911, il a été décidé qu'il serait utile de développer une norme équivalente pour traiter du sujet lors des arrêts à froid de façon à formuler des exigences propres pour l'instrumentation garantissant que le refroidissement du cœur est maintenu durant ces conditions particulières, lorsque le niveau d'eau dans la cuve du réacteur est réduit à des fins de maintenance. Il faut donc considérer la présente norme en conjonction avec la CEI 60911 dont elle étend le domaine.

INTRODUCTION

IEC 60911 was introduced in 1987 to address the general issue of measurements for monitoring adequate cooling within the core of pressurized light water reactors. That standard, focusing primarily upon the general issue, does not tackle special conditions, such as cold shutdown, during which existing systems, complying with the requirements of IEC 60911, have been found to be inadequate and misleading and during which some incidents have already occurred.

Therefore, after the publication of IEC 60911, it was decided that it would be useful to develop a similar standard to address the topic during cold shutdown in order to formulate specific requirements for instrumentation to assure that core cooling is maintained during the considered cold shutdown conditions when the reactor vessel water level is reduced for maintenance purposes. Thus, the current International Standard is to be considered in conjunction with IEC 60911 of which it extends the scope.

INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES – RÉACTEURS À EAU LÉGÈRE PRESSURISÉE (REP) – SURVEILLANCE DU REFROIDISSEMENT CORRECT DU CŒUR AU COURS DE L'ARRÊT À FROID

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux réacteurs à eau pressurisée (REP) ayant des configurations similaires à celles indiquées aux figures 1 et 2, et présente les exigences de surveillance du refroidissement correct du cœur au cours des opérations d'arrêt à froid.

Il est possible d'obtenir un refroidissement correct du cœur uniquement en faisant circuler le fluide de refroidissement à un débit suffisant pour éliminer la puissance produite dans le cœur. Au cours des opérations d'arrêt à froid, le refroidissement du cœur est obtenu par une circulation forcée du système d'élimination de la puissance résiduelle (RRA). Cependant, au cours de certaines opérations d'arrêt lorsque le niveau d'eau dans la cuve du réacteur est réduit pour des opérations de maintenance, la circulation forcée risque d'être interrompue et le cœur peut passer en surchauffe.

Il est important que les opérateurs de l'installation aient à leur disposition des informations fiables pour vérifier que la température et le débit du fluide de refroidissement injecté dans la cuve du réacteur permettent d'éliminer la puissance produite dans le cœur. Ces informations comprennent une mesure fiable du niveau d'eau dans la tuyauterie de sortie de la cuve du réacteur utilisée pour faire passer le fluide depuis le cœur jusqu'au RRA, ainsi que les mesures de température et de débit du fluide de refroidissement. Une mesure du niveau d'eau non fiable peut entraîner l'interruption du débit du fluide de refroidissement et la surchauffe du cœur, événement survenu dans plusieurs REP. L'annexe A, qui décrit certains de ces événements, identifie les conditions qu'il convient de prendre en compte dans la conception de l'instrumentation de surveillance du refroidissement du cœur.

La présente norme fait un résumé des bonnes pratiques internationales à adopter lors de la conception de nouveaux dispositifs de surveillance du refroidissement du cœur des REP ou lors du perfectionnement de dispositifs existants.

La présente norme donne des exigences pour l'instrumentation de surveillance du refroidissement du cœur pour un fonctionnement sûr des REP au cours des opérations d'arrêt à froid lorsque la température du fluide de refroidissement est inférieure à 100 °C (212 °F). Les exigences pour la surveillance du refroidissement du cœur dans des conditions situées hors des conditions d'un accident de référence (ADR), qui pourraient constituer une exigence ou une étude nationale spécifique, ne sont pas traitées dans la présente norme.

L'instrumentation de surveillance du refroidissement du cœur pour l'arrêt à froid fonctionne lorsque le circuit primaire (RCP) est configuré pour une maintenance ou un rechargement du combustible au cours d'un arrêt à froid. Les circonstances dans lesquelles ces systèmes de mesure doivent fonctionner sont décrites dans la présente norme. Les descriptions des différents principes de mesure et des instruments adaptés sont données, ainsi que les exigences relatives aux points suivants:

– les conditions de fonctionnement;
– l'installation;
– les visualisations opérateur;
– le contrôle, l'étalonnage et la maintenance;
– la qualification des équipements;
– la documentation.

NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION – PRESSURIZED LIGHT WATER REACTORS (PWR) – MONITORING ADEQUATE COOLING WITHIN THE CORE DURING COLD SHUTDOWN

1 Scope and object

This International Standard applies to pressurized water reactors (PWRs) with configurations similar to those shown in figures 1 and 2 and presents requirements for the monitoring of adequate cooling within the core during cold shutdown operations.

Adequate core cooling can be achieved only by providing sufficient coolant flow to the core to remove the heat. During cold shutdown operations, core cooling is provided by forced circulation with the residual heat removal system (RHRS). However, in certain shutdown operations when water level in the reactor pressure vessel (RPV) is reduced for maintenance operations, forced circulation may be interrupted, and the core may become overheated.

It is important that plant operators have reliable information to confirm that the temperature and flow of coolant circulated through the RPV is adequate to remove heat from the core. This information includes a reliable measurement of water level in the RPV outlet piping used for circulating the flow from the core to the RHRS, as well as measurements of temperature and flow of the coolant. An unreliable measurement of water level can result in interruption of coolant flow and overheating of the core, an event that has occurred at several PWRs. Annex A, which describes some of these events, identifies conditions which should be considered in the design of core cooling monitoring instrumentation.

Good international practices to be used when designing new or upgrading existing PWR core cooling monitors are summarized in this standard.

Requirements are given in this standard for instrumentation to monitor core cooling for safe operation of PWRs during cold shutdown operations when the coolant temperature is below 100 °C (212 °F). Requirements for core cooling monitoring during conditions beyond a design basis accident (DBA), which could be a specific national requirement or consideration, are not covered in this standard.

The core cooling monitoring instrumentation for cold shutdown functions when the reactor coolant system (RCS) is configured for cold shutdown maintenance or refuelling. The circumstances under which these measurement systems need to function are described in this standard. Descriptions of diverse measuring principles and suitable devices are given together with requirements for the following:

– operational conditions;
– installation;
– operator displays;
– testing, calibration and maintenance;
– equipment qualification;
– documentation.

Des applications types dans des centrales nucléaires en exploitation sont également présentées.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(393):1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 393: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60737:1982, *Mesures de température en cœur ou dans l'enveloppe primaire des réacteurs nucléaires de puissance – Caractéristiques et méthodes d'essai*

CEI 60770-1:1999, *Transmetteurs utilisés dans les systèmes de conduite des processus industriels – Partie 1: Méthodes d'évaluation des performances*

CEI 60780:1998, *Centrales nucléaires – Equipements électriques de sûreté – Qualification*

CEI 60880:1986, *Logiciel pour les calculateurs utilisés dans les systèmes de sûreté des centrales nucléaires*

CEI 60911:1987, *Mesures pour surveiller la bonne réfrigération du cœur des réacteurs à eau légère pressurisée*

CEI 60964:1989, *Conception des salles de commande des centrales nucléaires de puissance*

CEI 60980:1989, *Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires*

CEI 60987:1989, *Calculateurs programmés importants pour la sécurité des centrales nucléaires*

CEI 61225:1993, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande pour la sûreté – Prescriptions pour les alimentations électriques*

CEI 61226:1993, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Classification*

CEI 61227:1993, *Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Commandes opérateurs*

CEI 61343:1996, *Instrumentation des réacteurs nucléaires – Réacteurs à eau bouillante (BWR) – Mesures dans la cuve pour la surveillance adéquate du refroidissement du cœur*

IAEA Guide de sûreté 50-SG-D8:1984, *Instrumentation liée à la sûreté et systèmes de contrôle-commande pour les centrales nucléaires*

Typical applications in operating power plants are also presented.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(393):1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear instrumentation: Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60737:1982, *In-core temperature or primary envelope temperature measurements in nuclear power reactors – Characteristics and test methods*

IEC 60770-1:1999, *Transmitters for use in industrial-process control systems – Part 1: Methods for performance evaluation*

IEC 60780:1998, *Nuclear power plants – Electrical equipment of the safety system – Qualification*

IEC 60880:1986, *Software for computers in the safety systems of nuclear power stations*

IEC 60911:1987, *Measurements for monitoring adequate cooling within the core of pressurized light water reactors*

IEC 60964:1989, *Design for control rooms of nuclear power plants*

IEC 60980:1989, *Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations*

IEC 60987:1989, *Programmed digital computers important to safety for nuclear power stations*

IEC 61225:1993, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Requirements for electrical supplies*

IEC 61226:1993, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Classification*

IEC 61227:1993, *Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls*

IEC 61343:1996, *Nuclear reactor instrumentation – Boiling light water reactors (BWR) – Measurements in the reactor vessel for monitoring adequate cooling within the core*

IAEA Safety Guide 50-SG-D8:1984, *Safety related instrumentation and control systems for nuclear power plants*