

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60231C

Première édition
First edition
1974-01

Troisième complément à la Publication 60231 (1967)

**Principes généraux de l'instrumentation
des réacteurs nucléaires**

Instrumentation des réacteurs refroidis au gaz
et modérés au graphite

Third supplement to Publication 60231 (1967)

**General principles of nuclear reactor
instrumentation**

Instrumentation of gas-cooled graphite-moderated
reactors



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60231C: 1974

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60231C

Première édition
First edition
1974-01

Troisième complément à la Publication 60231 (1967)

**Principes généraux de l'instrumentation
des réacteurs nucléaires**

Instrumentation des réacteurs refroidis au gaz
et modérés au graphite

Third supplement to Publication 60231 (1967)

**General principles of nuclear reactor
instrumentation**

Instrumentation of gas-cooled graphite-moderated
reactors

© IEC 1974 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
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

F

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TROISIÈME COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 231 (1967)
PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES
INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS REFROIDIS AU GAZ ET MODÉRÉS AU GRAPHITE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Sous-Comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du Comité d'Etudes N° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Elle constitue le troisième complément à la Publication 231 de la CEI: Principes généraux de l'instrumentation des réacteurs nucléaires.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Saclay en 1968. A la suite de la réunion tenue à Bucarest en 1971, un projet définitif, document 45A(Bureau Central)22, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1972.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Israël
(République d')	Japon
Allemagne	Pologne
Australie	Portugal
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Turquie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

THIRD SUPPLEMENT TO PUBLICATION 231 (1967)
GENERAL PRINCIPLES OF NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION
INSTRUMENTATION OF GAS-COOLED GRAPHITE-MODERATED REACTORS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication has been prepared by Sub-Committee 45A, Reactor Instrumentation, of IEC Technical Committee No. 45, Nuclear Instrumentation.

It constitutes the third supplement to IEC Publication 231, General Principles of Nuclear Reactor Instrumentation.

A first draft was discussed at the meeting held in Saclay in 1968. As a result of the meeting held in Bucharest in 1971, a final draft, document 45A(Central Office)22, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1972.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Portugal
Belgium	South Africa
Denmark	(Republic of)
France	Sweden
Germany	Switzerland
Israel	Turkey
Japan	United Kingdom
Poland	United States of America

TROISIÈME COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 231 (1967)

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS REFROIDIS AU GAZ ET MODÉRÉS AU GRAPHITE

1. Introduction

1.1 Généralités

Pour les réacteurs faisant partie du domaine d'application, les compléments ont pour objet d'ajouter des recommandations à celles données dans les Publications 231 (1967) et 231A (1969) de la CEI.

Le numérotage des paragraphes de ce complément est en harmonie avec les articles de la Publication 231 de la CEI auxquels ils se réfèrent. Les paragraphes qui sont d'application plus générale et devraient être inclus dans la Publication 231 de la CEI, lors d'une révision, sont marqués d'un astérisque.

1.2 Domaine d'application

Ce complément s'applique seulement aux principes de l'instrumentation des réacteurs refroidis au gaz et modérés au graphite des types suivants:

- type 1: réacteur à combustible d'uranium naturel métallique gainé d'un alliage de magnésium;
- type 2: réacteur à combustible d'uranium enrichi gainé d'acier inoxydable.

1.3 Caractéristiques générales

- 1.3.4 Dans le cas de la plupart des réacteurs du type 2 et de quelques réacteurs du type 1, une exception justifiée s'applique au principe du paragraphe 1.3.4 de la Publication 231 de la CEI, car des moyens de mesure directe de température des éléments combustibles n'y sont pas normalement prévus. La température du combustible peut être déduite avec une précision suffisante d'une autre mesure moins directe et plus fiable, par exemple la température du fluide de refroidissement. Il est de pratique courante d'introduire, comme fonction de protection, une mesure indirecte du débit de gaz dans le circuit du réacteur.

2. Mesures du débit de fluence des neutrons

2.4 Instrumentation pour la mesure du débit de fluence des neutrons

- *2.4.1.1 Le débit de fluence des neutrons peut être surveillé par la mesure des fluctuations du signal du détecteur. Cette méthode est appelée la méthode de la variance ou du carré moyen.

***2.4.2 Ensemble de mesure linéaire à courant**

Les réglages du niveau de déclenchement peuvent être commandés par des moyens d'ajustements automatiques qui évitent l'intervention fréquente de l'opérateur. A cette fin, une marge présélectionnée est maintenue entre le niveau de débit de fluence existant et le niveau de déclenchement. Si le taux d'augmentation du débit de fluence dépasse la limite admissible fixée, la marge est réduite automatiquement jusqu'à ce qu'un déclenchement survienne.

THIRD SUPPLEMENT TO PUBLICATION 231 (1967)
GENERAL PRINCIPLES OF NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION
INSTRUMENTATION OF GAS-COOLED GRAPHITE-MODERATED REACTORS

1. Introduction

1.1 General

For reactors covered by the scope, the aim of the supplements is to add recommendations to those given in IEC Publications 231 (1967) and 231A (1969).

The numbering of the clauses in this supplement is in line with the corresponding clauses of IEC Publication 231 to which they pertain. Clauses which are generally applicable and should be included in IEC Publication 231, when it is revised, are marked with an asterisk.

1.2 Scope

This supplement relates only to the principles of instrumentation for the following types of gas-cooled graphite-moderated reactors:

- Type 1: reactors having metallic natural uranium fuel clad with magnesium alloy;
- Type 2: reactors having enriched uranium oxide fuel clad with stainless steel.

1.3 General characteristics

- 1.3.4** In the case of most Type 2 reactors and some Type 1 reactors, a justified exception to the requirement of Sub-clause 1.3.4 of IEC Publication 231 applies in that means for direct measurement of fuel or fuel cladding temperatures are not normally incorporated. The fuel temperature can be adequately inferred from other, less direct and more reliable measurements, e.g. coolant temperature. It is usual to include as a protective function an indirect measurement of the gas flow rate in the reactor circuit.

2. Neutron fluence rate (flux) measurements

2.4 Instrumentation for neutron fluence rate (flux) measurement

- *2.4.1.1** The neutron fluence rate (flux) may be monitored by measuring the fluctuations of the detector signal. This method is called the variance or mean square method.

***2.4.2 Linear current measuring assemblies**

Trip level settings may be controlled by automatic adjustment facilities which avoid frequent operator intervention. In this way, a pre-selected margin is maintained between the existing neutron fluence rate (flux) level and the trip level. If the rate of increase of neutron fluence rate (flux) level exceeds the permissible fixed rate, the margin is reduced automatically until a trip occurs.

- a) De tels ensembles devraient comprendre des moyens de fixer effectivement une limite supérieure au-delà de laquelle le niveau de déclenchement ne peut plus être automatiquement réenclenché.
- b) Une marge de déclenchement par dépassement devra être prévue.
- c) Un moyen de changement automatique de la marge en fonction du niveau de puissance du réacteur peut être prévu.

**2.4.4 Ensembles de mesure à impulsions ou ensembles équivalents de mesure des basses puissances*

Dans les réacteurs où quelques barres de contrôle sont retirées durant un arrêt normal, un ensemble de mesure des basses puissances devrait être utilisé pour fournir une protection du niveau de déclenchement.

**2.4.5 Ensembles de mesure du type à variance*

Dans ces ensembles, on utilise un signal dans lequel se superposent plusieurs événements aléatoires; la variance est proportionnelle au nombre d'événements, donc au débit de fluence des neutrons. Des ensembles de mesure appropriés amplifient la partie fluctuante du signal du détecteur et extraient soit la valeur de la variance, soit l'écart type. La sortie peut être linéaire, linéaire avec gammes commutables ou logarithmique. La gamme d'utilisation est limitée vers le bas par la sensibilité du détecteur et par le rapport signal sur bruit. La limite supérieure d'utilisation est une fonction de la saturation du détecteur et s'étend dans la gamme de production de puissance. Un soin particulier devrait être donné au choix des constantes de temps et à celui de la position des détecteurs lorsque l'on utilise la méthode de la variance. Par rapport à la mesure du courant moyen, la méthode de la variance accentue la portion du signal due à la détection de neutrons par rapport à la portion du signal due aux rayons gamma. En particulier dans les applications exigeant des détecteurs fonctionnant à haute température, l'emploi de la méthode de la variance diminue la gêne apportée par les fuites de courant continu grâce à l'utilisation de la seule partie fluctuante du signal.

3. Mesures de température

3.5.3 Température du fluide de refroidissement à la sortie des canaux

Comme il est indiqué au paragraphe 1.3.4, les mesures de température du fluide de refroidissement à la sortie des canaux ont une plus grande importance que cela n'apparaît dans la Publication 231 de la CEI.

- a) Les mesures de température du fluide de refroidissement dans les canaux peuvent être utilisées pour évaluer les conditions opératoires de l'élément combustible et en faire l'historique. La température du fluide de refroidissement dans les canaux au point des mesures devrait refléter la moyenne de la température de sortie du gaz, sur toute la plage de débit 20%-100%. Les effets du rayonnement thermique au point des mesures devraient être pris en compte.
- *b) L'utilisation pour la protection de la mesure des températures du fluide de refroidissement à la sortie des canaux nécessite que la présence d'un débit de fluide de refroidissement suffisant soit garantie pendant tout le temps où la protection est en service (voir le paragraphe 4.2.1). Dans quelques applications, les niveaux de déclenchement peuvent être modifiés suivant certaines fonctions du débit de fluide de refroidissement ou de la puissance du réacteur et ces possibilités doivent être compatibles avec les normes du système de protection.

- a) Such assemblies should include means to set effectively an upper limit beyond which the trip level cannot automatically be reset.
- b) An excess margin trip shall be initiated if the trip margin exceeds a permissible fixed amount.
- c) A means of automatically varying the margin as a function of reactor power level may be provided.

**2.4.4 Pulse-counting assemblies or equivalent low-power measuring assemblies*

In those reactors where some control rods are withdrawn when normally shut down, a low-power measuring assembly should be used to give trip level protection.

**2.4.5 Variance measuring assemblies*

In these assemblies, a signal comprising many superimposed, random events is used; the variance is proportional to the number of events and thus proportional to the neutron fluence rate (flux). Typical assemblies amplify the fluctuating portion of the detector signal and extract either the mean square value the r.m.s. value or an average magnitude of fluctuations. The output can be either linear, linear with switched range or logarithmic. The range of operation is limited on the lower end by detector sensitivity and signal-to-noise ratio. The upper limit of operation is a function of detector saturation and extends into the power producing range. Special attention should also be given to the time constants and the position of the detectors in using the variance method. The variance technique enhances the portion of the signal due to detection of neutrons, as compared to the portion of the signal due to gamma rays and owing to this the lower end of the range of operation is extended in comparison with the d.c. measurement technique. In applications requiring detector operation at high temperatures, the variance method minimizes the d.c. leakage problem by utilizing only the fluctuating portion of the signal.

3. Temperature measurement

3.5.3 Channel coolant outlet temperature

As stated in Sub-clause 1.3.4, the channel coolant outlet temperature measurements have a greater importance than is reflected in IEC Publication 231.

- a) The channel coolant temperature measurements may be used for assessment of the fuel element operating condition and history.
The channel coolant temperature at the point of measurement should reflect the mean gas outlet temperature over the flow range 20%-100%. The effects of thermal radiation at the measuring point should be taken into account.
- *b) The use of channel coolant outlet temperatures for measurement protection require the presence of sufficient coolant flow to be guaranteed at all times when the protection is in service (see Sub-clause 4.2.1).
In some applications, trip levels may be changed according to some function of coolant flow or reactor power and these facilities shall be designed to protection system standards.

- c) Les caractéristiques des réponses (en fonction du temps) obtenues lors des mesures de température du fluide de refroidissement dans le canal doivent être en accord avec les impératifs de protection ou de contrôle à atteindre dans la plage de débit 20%-100%.
- d) Les mesures de température du fluide de refroidissement du canal peuvent être utilisées en liaison avec l'ajustement des robinets de réglage de débit (voir le paragraphe 4.2.1).
- e) On peut, à des fins de contrôle, établir la moyenne des mesures de température du fluide de refroidissement sur plusieurs canaux.

4. Mesures intéressant le fluide de refroidissement

4.2.1 Généralités

- a) Des verrouillages ou un système automatique adéquat, compatible avec les normes du système de protection de l'article 5, seront prévus pour arrêter le réacteur quand on ne dispose pas d'un débit de gaz de refroidissement suffisant pour assurer le fonctionnement normal du système de protection de température du réacteur.
Cette condition peut être obtenue par des mesures directes ou indirectes, par exemple la position des vannes du fluide de refroidissement, la pression du fluide de refroidissement et le nombre de pompes en service.
- b) Dans les réacteurs où des moyens sont prévus pour ajuster le débit dans chaque canal, lorsque le réacteur est en service, le dispositif d'ajustement devrait être conçu de façon qu'il ne puisse provoquer de dommages sérieux au combustible.
Quand le fonctionnement du dispositif d'ajustement peut provoquer des dommages sérieux, les dispositions suivantes devront être prises:
 - 1) limiter la vitesse de fonctionnement;
 - 2) prévoir un verrouillage dont la sûreté de fonctionnement est en rapport avec l'étendue du danger ou du dommage pour empêcher un ajustement ultérieur du débit, si un tel mouvement risque de provoquer un dépassement de la limite préétablie de la température du fluide de refroidissement à la sortie des canaux.

4.6 Pureté du fluide de refroidissement

- a) On devrait prendre en considération les effets d'un dépôt possible de carbone solide sur tous les isolants électriques exposés au gaz.
- b) L'instrumentation devrait prévoir la surveillance de la concentration des mélanges introduits volontairement et détecter la présence de substances nuisibles telles que méthane et vapeur d'eau.

4.7 Activité du fluide de refroidissement

L'activité globale de la masse du fluide de refroidissement devra être surveillée dans les deux types de réacteurs:

Pour les réacteurs du type 1, un déclenchement dû à l'activité du fluide de refroidissement devrait être prévu et il peut l'être pour les réacteurs du type 2.

Il est de coutume de prévoir un système d'exploration pour localiser une rupture de gaine.

Dans le cas des réacteurs du type 1, un système de surveillance automatique devrait être prévu, mais dans le cas des réacteurs du type 2, à cause de la faible évolution des ruptures de gaines, un système manuel convient.

- c) The response characteristics (as a function of time) of the channel coolant temperature measurement shall be commensurate with the protection or control duty to be performed over the flow range 20%-100%.
- d) Channel coolant temperature measurements may be used in connection with the adjustment of channel flow (see Sub-clause 4.2.1).
- e) Coolant temperature measurements may be averaged over several channels for control purposes.

4. Coolant measurement

4.2.1 General

- a) Interlocks or a suitable automatic system, meeting protection system standards of Clause 5, shall be provided to shut down the reactor when adequate gas coolant flow to ensure proper functioning of the reactor temperature protection system is not available.

The means for meeting this requirement may be by direct or indirect measurement, e.g. the position of coolant valves, coolant pressure and the number of circulators in service.

- b) In those reactors where means are provided for adjusting channel flow in individual channels when the reactor is in service, the adjustment device should be arranged so that it cannot induce serious fuel damage.

Where operation of the adjustment device can cause serious damage, the following precautions shall be taken:

- 1) to limit the speed of operation;
- 2) to provide an interlock of integrity commensurate with the extent of hazard or damage to prevent further adjustment, when such further movement would cause the channel coolant outlet temperature to exceed a pre-set limit.

4.6 Coolant purity

- a) Consideration should be given to the effect of possible deposition of carbon solid on any electrical insulation exposed to the gas.
- b) Instrumentation should be provided to monitor the concentration of admixtures deliberately introduced and to detect the presence of harmful substances such as methane and moisture.

4.7 Coolant activity

The bulk coolant activity shall be monitored for both reactor types:

For Type 1 reactors, a coolant activity trip should be provided and may be provided for Type 2 reactors.

It is usual to provide a scanning system to locate failed fuel.

In the case of Type 1 reactors, an automatic scanning system should be provided, but in the case of Type 2 reactors, because of slow progression of fuel failure, a manual system is adequate.

5. Equipement de protection

5.4.2 *Système d'arrêt d'urgence de sécurité*

Dans les réacteurs refroidis au gaz, des grandeurs fournissant des renseignements sûrs devront être surveillées afin de provoquer un arrêt d'urgence, quand les limites préétablies sont dépassées. Différentes grandeurs d'anticipation devraient être surveillées et devraient également provoquer un arrêt d'urgence.

Ci-après figure la liste de telles grandeurs qui ont été utilisées dans différents réacteurs refroidis au gaz, effectivement construits.

Cette liste n'est pas limitative; mais certaines de ces grandeurs peuvent être éliminées si elles conduisent à un nombre d'arrêts d'urgence incompatibles avec le bon fonctionnement du réacteur:

- température des gaines de combustibles (seulement pour le type 1)
- température du gaz à la sortie des canaux
- niveaux du débit de fluence des neutrons et périodes
- manque de plus de 50 % des pompes de circulation
- fermeture de plus de 50 % des vannes de contrôle du gaz
- manque total ou perte rapide de l'eau d'alimentation de la chaudière
- pression basse ou haute du fluide de refroidissement
- activité globale du gaz (facultatif, seulement pour le type 1).

5.4.7 *Dispositifs de secours*

Un dispositif de secours doit fonctionner pendant et après un accident pour limiter ses conséquences. Les dispositifs de secours, les contrôles, l'instrumentation et la puissance de secours nécessaires seront prévus en accord avec les critères de sécurité applicables.

Une puissance de secours est essentielle pour plusieurs types de dispositifs de secours, mais la conception du système de puissance de secours n'est pas prise en considération dans la présente recommandation.

Les dispositifs de secours ci-après ont été utilisés dans la conception et la construction des réacteurs à eau bouillante récents et devraient être pris en considération.

5.4.7.2 *Dispositifs de secours pour le refroidissement d'urgence du cœur*

Après un déclenchement du réacteur provoqué par le système de sécurité du circuit de refroidissement sous pression à la suite d'une dépressurisation, un refroidissement d'urgence devrait intervenir dans un temps compatible avec les caractéristiques thermiques de l'installation. Cette condition devrait prendre en considération la circulation du fluide de refroidissement, l'alimentation convenable de la chaudière et l'évacuation finale de calories.

Une alimentation adéquate de gaz de refroidissement devrait être disponible pour empêcher une entrée d'air à la suite d'un incident de dépressurisation.

5.4.7.3 *Appareil de chargement du combustible*

Dans les réacteurs possédant un dispositif qui permet, en fonctionnement, le rechargement du combustible, des verrouillages compatibles avec les normes du système de sécurité devraient être prévus pour empêcher un mouvement de l'appareil de chargement quand il est connecté avec un circuit de gaz du réacteur.

5. Protection system

5.4.2 Safety shutdown system

In gas-cooled reactors, quantities giving reliable information shall be monitored in order to initiate a rapid shutdown, should pre-set limits be exceeded. Various anticipatory quantities should be monitored and should also initiate a rapid shutdown.

A list is given below of quantities that have been used for this purpose in existing gas-cooled reactors.

This list is by no means restrictive; and some quantities may be omitted if they lead to a number of rapid shutdowns incompatible with the satisfactory operation of the reactor:

- fuel cladding temperature (Type 1 only)
- channel gas outlet temperature
- neutron fluence rate (flux) levels and periods
- loss of more than 50% circulators
- closure of more than 50% gas control valves
- complete or rapid loss of boiler feedwater
- coolant pressure low and high
- bulk coolant activity (optional, Type 1 only).

5.4.7 Engineered safety features

An engineered safety feature shall function during or after an accident to limit the consequences of the accident. Engineered safety features, controls, instrumentation and emergency power shall be designed in accordance with applicable safety criteria.

Emergency power is essential to several engineered safety features, but the design of the emergency power system is not considered in this recommendation.

The following is a typical list of several engineered safety features that have been used in BWR design and construction and should be considered.

5.4.7.2 Engineered safety features to initiate emergency core cooling

After a reactor trip initiated by the safety system of the cooling circuit under pressure following de-pressurization, emergency cooling should be initiated within a period of time compatible with the thermal characteristics of the installation. This requirement should involve consideration of coolant circulation, adequate boiler feed provision and the final heat sink.

An adequate supply of coolant gas should be available to prevent ingress of air following a de-pressurization incident.

5.4.7.3 Fuelling machine

In reactors having on-load re-fuelling by an external machine, adequate interlocks to safety system standards should be provided to prevent fuelling machine movement when connected to the reactor gas circuit.

ICS 27.120.10
