NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61501

Première édition
First edition
1998-11

Instrumentation des réacteurs nucléaires – Appareillage de mesure du débit de fluence neutronique à grande dynamique –

Méthode du carré de la tension moyenne

Nuclear reactor instrumentation – Wide range neutron fluence rate meter –

Mean square voltage method

© IEC 1998 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 photocopie 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 W

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

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 6

Articles

1 Domaine d'application 8
2 Références normatives 8
3 Définitions 10
4 Abréviations 12
5 Principe de la méthode du carré de la tension moyenne 12
6 Mise en oeuvre de la méthode du carré de la tension moyenne 14
6.1 Mesure analogique linéaire: amplificateur quadratique 14
6.2 Mesure analogique logarithmique: amplificateur logarithmique 16
6.3 Calcul direct de la variance par traitement numérique 16
7 Structure d'une chaîne à grande dynamique 18
7.1 Chaîne à grande dynamique à un seul détecteur 20
7.2 Chaîne à grande dynamique à deux détecteurs 22
8 Technologie des chaînes à grande dynamique 22
8.1 Chaîne à grande dynamique analogique 24
8.2 Chaîne à grande dynamique numérique 24
9 Conditions d'essai et générateurs d'essai 26
9.1 Conditions environnementales pour les essais 26
9.2 Equipements d'essai 26
10 Caractéristiques et méthodes d'essai des préamplificateurs 28
10.1 Caractéristiques des préamplificateurs 28
10.2 Méthodes d'essai des préamplificateurs 30
11 Caractéristiques et méthodes d'essai des amplificateurs quadratiques 38
11.1 Caractéristiques des amplificateurs quadratiques 38
11.2 Méthodes d'essai des amplificateurs quadratiques 38
12 Caractéristiques et méthodes d'essai des amplificateurs logarithmiques 50
12.1 Caractéristiques des amplificateurs logarithmiques 50
12.2 Méthodes d'essai des amplificateurs logarithmiques 50
13 Caractéristiques et méthodes d'essai des amplificateurs sommateurs de signaux logarithmiques 60
13.1 Caractéristiques des amplificateurs sommateurs 60
13.2 Méthodes d'essai des amplificateurs sommateurs 64
14 Caractéristiques et méthodes d'essai des processeurs numériques de fluctuations (PNF) 68
14.1 Caractéristiques des processeurs numériques de fluctuations 68
14.2 Méthodes d'essai des processeurs numériques de fluctuations 70
Annexe A (informative) Applications des chaînes à grande dynamique 74
Bibliographie 78

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

INTRODUCTION 7

Clause

1 Scope 9

2 Normative references 9

3 Definitions 11

4 Abbreviations 13

5 Principle of the mean square voltage method 13

6 Implementation of the mean square voltage method 15
6.1 Linear analogue method: quadratic amplifier 15
6.2 Logarithmic analogue method: logarithmic amplifier 17
6.3 Digital method: digital mean square processor 17

7 Structure of a wide range channel 19
7.1 Single-detector WRC 21
7.2 Double-detector WRC 23

8 Technology of WRC 23
8.1 Analogue wide range channel 25
8.2 Digital wide range channel 25

9 Test conditions and test generators 27
9.1 Environmental test conditions 27
9.2 Test equipment 27

10 Characteristics and test methods for preamplifiers 29
10.1 Characteristics of the preamplifier 29
10.2 Test methods for the preamplifier 31

11 Characteristics and test methods for quadratic amplifiers 39
11.1 Characteristics of the quadratic amplifier 39
11.2 Test methods for the quadratic amplifier 39

12 Characteristics and test methods for logarithmic amplifiers 51
12.1 Characteristics of the logarithmic amplifier 51
12.2 Test methods for the logarithmic amplifier 51

13 Characteristics and test methods for logarithmic summing amplifiers 61
13.1 Characteristics of the summing amplifier 61
13.2 Test methods for the summing amplifier 65

14 Characteristics and test methods for digital mean square processors (DMSP) 69
14.1 Characteristics of the digital mean square processor 69
14.2 Test methods for the DMSP 71

Annex A (informative) Applications of WCRs 75

Bibliography 79

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES – APPAREILLAGE DE MESURE DU DÉBIT DE FLUENCE NEUTRONIQUE À GRANDE DYNAMIQUE – MÉTHODE DU CARRÉ DE LA TENSION MOYENNE

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 61501 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/338/FDIS	45A/346/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.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION – WIDE RANGE NEUTRON FLUENCE RATE METER – MEAN SQUARE VOLTAGE METHOD

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.

This International Standard IEC 61501 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/338/FDIS	45A/346/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.

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

La réponse d'une chambre à fission à un neutron consiste à produire une impulsion de charges électriques et, grâce au comptage de ces impulsions, il est possible de mesurer le débit de fluence neutronique. Pour des niveaux de flux plus élevés, le taux de production des impulsions augmente jusqu'à produire une superposition des impulsions (un phénomène connu sous le terme «empilement des impulsions») et le procédé de comptage des impulsions devient impossible.

Une autre approche pour le traitement consiste à considérer l'empilement des impulsions comme un signal courant continu fluctuant. En utilisant la théorie de Campbell, on peut montrer que le carré moyen de l'amplitude du signal, mesuré sur une largeur de bande donnée, est proportionnel au taux de comptage initial. Pour les valeurs inférieures du débit de fluence neutronique, le traitement est limité à des valeurs de l'ordre de 10^3 à 10^4 fissions par seconde à cause du bruit de fond de l'électronique et de la chambre elle-même. Pour les valeurs supérieures, la limite est environ de 10^{10} à 10^{11} fissions par seconde à cause des non-linéarités provoquées par les phénomènes de charge d'espace. Il s'agit de la principale application de la méthode du carré de la tension moyenne.

L'utilisation de la technique de mesure du carré de la tension moyenne (CTM), en association avec la technique de comptage des impulsions, permet de concevoir un système capable de mesurer le débit de fluence neutronique sur une dynamique de plus de 11 décades avec une chambre à fission en utilisant une méthode adéquate de correction. Il est aussi possible d'utiliser deux détecteurs différents.

INTRODUCTION

The response of a fission chamber to a neutron is to produce a pulse of electrical charge and by counting these pulses it is possible to measure the neutron fluence rate. At higher levels the rate of pulse generation increases to the point where pulses merge (a phenomenon known as "pulse pile-up") and the process of electronically counting the pulses becomes impracticable.

An alternative approach to processing is to consider the piled-up pulses as a fluctuating d.c. signal. Using Campbell's theory it can be shown that the mean square of the signal amplitude, measured over a fixed bandwidth, is proportional to the initial pulse rate. At low fluence rate levels the use of this approach is limited to 10^3 to 10^4 fissions per second by background noise in the electronics and in the fission chamber. The limit at high fluence rate levels is in the range 10^{10} to 10^{11} fissions per second because of non linearity caused by space charge effects. This is the most common application of the MSV method.

The use of the mean square voltage (MSV) measurement technique in combination with pulse counting permits the design of a system capable of measuring a neutron fluence rate over a range of more than 11 decades using a single fission chamber with appropriate corrections. It is also possible to use two different detectors.

INSTRUMENTATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES – APPAREILLAGE DE MESURE DU DÉBIT DE FLUENCE NEUTRONIQUE À GRANDE DYNAMIQUE –

MÉTHODE DU CARRÉ DE LA TENSION MOYENNE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux appareils et chaînes de mesure qui mettent en oeuvre le calcul du carré de la tension moyenne d'un signal issu d'un détecteur neutronique pour en extraire une information relative au niveau de flux d'un réacteur nucléaire. Après calibration, cette information peut être utilisée pour en déduire la puissance relative et la constante de temps exprimée par exemple en termes de période, de temps de doublement, de décades par minute ou «pour-cent par seconde».

La méthode du calcul du carré de la tension moyenne du signal est également connue sous les termes de «traitement des fluctuations» ou «méthode de Campbell».

Associée à d'autres techniques de mesure, comme le comptage d'impulsions ou la mesure du courant, la méthode du calcul du carré de la tension moyenne permet de constituer une chaîne de mesure neutronique à grande dynamique dont l'intérêt réside dans la simplification des systèmes d'instrumentation nucléaire pour le contrôle des réacteurs nucléaires.

Cette norme décrit les principes, la terminologie, les caractéristiques, les exigences et les méthodes d'essai relatifs au fonctionnement des appareils et chaînes de mesure utilisant le carré de la tension moyenne d'un signal.

Des exemples typiques d'applications sont donnés.

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. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision, et 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. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(101):1998, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Partie 101: Mathématiques*

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

CEI 60050(394):1995, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

CEI 60359:1987, *Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électriques et électroniques*

CEI 60527:1975, *Amplificateurs pour courant continu; caractéristiques et méthodes d'essais*

CEI 60650:1979, *Ictomètres analogiques – Caractéristiques et méthodes d'essai*

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

NUCLEAR REACTOR INSTRUMENTATION – WIDE RANGE NEUTRON FLUENCE RATE METER – MEAN SQUARE VOLTAGE METHOD

1 Scope

This International Standard applies to instrument and measurement channels which generate a calculation of the mean square voltage (MSV) of a signal arising from a neutron detector, in order to extract from it information relating to the neutron fluence rate of a nuclear reactor. After calibration, this information can be used to derive the relative power and the time constant, for example expressed in terms of period, doubling time, decades per minute or percent per second.

The method used to calculate the mean square voltage of the signal is also known as "fluctuation treatment" or "the Campbell method".

Associated with other techniques of measurement, such as pulse rate counting or current measurement, the calculation of the mean square voltage allows the assembly of a series of wide range neutron fluence rate measurements for the simplification of nuclear instrumentation systems in the control of nuclear reactors.

This standard describes the principles, the terminology, the characteristics, the requirements and the testing methods related to instrumentation and measurement of the neutron fluence rate using MSV techniques for nuclear reactor control.

Typical examples of the application of the MSV techniques are given.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and 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. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(101):1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 101: Mathematics*

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

IEC 60050(394):1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments*

IEC 60359:1987, *Expression of the performance of electrical and electronic measuring equipment*

IEC 60527:1975, *Direct current amplifiers; characteristics and test methods*

IEC 60650:1979, *Analogue counting ratemeters – Characteristics and test methods*

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