NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60605-4

Deuxième édition
Second edition
2001-08

Essai de fiabilité des équipements –

Partie 4:
Méthodes statistiques de distribution exponentielle – Estimateurs ponctuels, intervalles de confiance, intervalles de prédiction et intervalles de tolérance

Equipment reliability testing –

Part 4:
Statistical procedures for exponential distribution – Point estimates, confidence intervals, prediction intervals and tolerance intervals

© IEC 2001 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 V

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 6

1 Domaine d'application 10
2 Références normatives 10
3 Définitions et symboles 12
3.1 Définitions 12
3.2 Symboles 12
4 Hypothèses et prescriptions 14
4.1 Hypothèses et informations requises pour les estimateurs ponctuels et les intervalles de confiance 16
4.2 Hypothèses et prescriptions pour les intervalles de prédiction 16
4.3 Hypothèses et prescriptions pour les intervalles de tolérance 16
5 Méthode de calcul des estimateurs ponctuels et des intervalles de confiance 18
5.1 Essais tronqués par le temps 20
5.1.1 Estimateurs ponctuels 20
5.1.2 Limites de confiance 20
5.2 Méthode analytique – Essais censurés 28
5.2.1 Estimateur ponctuel 28
5.2.2 Intervalles de confiance 28
6 Intervalles de prédiction pour le nombre de défaillances sur une période à venir 32
6.1 Intervalles de prédiction bilatéraux r_{L2} et r_{U2} 32
6.2 Intervalle de prédiction unilatéral 32
7 Méthode d'attribution des intervalles de tolérance 32
7.1 Limite supérieure de tolérance de Poisson 32
7.2 Limite inférieure de tolérance de Poisson 34

Annexe A (informative) Exemples 36
A.1 Estimateur ponctuel du MTTF 36
A.2 Application de la limite de confiance unilatérale inférieure de 90 % sur la durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (MTTF) 36
A.3 Application des limites de confiances bilatérales de 90 % sur la MTTF 36
A.4 Application d'un intervalle de prédiction bilatéral de 90 % 38
A.5 Application d'une limite de tolérance supérieure de 90 % pour une confiance de 95 % 38
A.6 Application d'une limite de tolérance inférieure de 90 % pour une confiance de 95 % 38

Annexe B (informative) Relation entre intervalles de confiance, de prédiction et de tolérance 42
B.1 Intervalles de confiance 42
B.2 Intervalles de prédiction 42
B.3 Intervalles de tolérance 44

CONTENTS

FOREWORD 7

1 Scope 11
2 Normative references 11
3 Definitions and symbols 13
3.1 Definitions 13
3.2 Symbols 13
4 Assumptions and requirements 15
4.1 Assumptions and information required for point estimates and confidence intervals 17
4.2 Assumptions and requirements for prediction intervals 17
4.3 Assumptions and requirements for tolerance intervals 17
5 Procedure for calculating point estimates and confidence intervals 19
5.1 Time terminated tests 21
5.1.1 Point estimates 21
5.1.2 Confidence limits 21
5.2 Analytical procedure – Failure terminated tests 29
5.2.1 Point estimate 29
5.2.2 Confidence intervals 29
6 Prediction intervals for the number of failures in a future period 33
6.1 Two-sided prediction intervals r_{L2} and r_{U2} 33
6.2 One-sided prediction interval 33
7 Procedure for assigning tolerance intervals 33
7.1 Upper Poisson tolerance bound 33
7.2 Lower Poisson tolerance bound 35

Annex A (informative) Examples 37
A.1 Point estimate of MTTF 37
A.2 Application of lower one-sided 90 % confidence limit on mean time to failure (MTTF) 37
A.3 Application of two-sided 90 % confidence limits on MTTF 37
A.4 Application of a two-sided 90 % prediction interval 39
A.5 Application of upper 90 % tolerance bound at 95 % confidence 39
A.6 Application of lower 90 % tolerance bound at 95 % confidence 39
Annex B (informative) Relation between confidence, prediction and tolerance intervals 43
B.1 Confidence intervals 43
B.2 Prediction intervals 43
B.3 Tolerance intervals 45

Annexe C (normative) Calcul de la durée d'essai cumulée T^* 46
C.1 Cas n° 1, un dispositif réparé avec intensité de défaillance constante 46
C.2 Cas n° 2, plusieurs dispositifs réparés avec intensités de défaillance constantes identiques..... 48
C.3 Cas n° 3, dispositifs non réparés..... 50
Annexe D (normative) Tableaux des fractiles de la distribution du χ^2: $\chi^2_\alpha(\nu)$ 52
Annexe E (normative) Intégrale de la distribution du χ^2 et de la distribution de Poisson cumulée..... 56
Annexe F (normative) Fractiles 0,95 de la distribution de F 62
Bibliographie 64

Annex C (normative) Computation of accumulated test time T^* 47
C.1 Case 1, one repaired item with constant failure intensity 47
C.2 Case 2, more than one repaired item with identical constant failure intensities 49
C.3 Case 3, non-repaired items..... 51
Annex D (normative) Tables of fractiles of the chi-squared distribution: $\chi^2_\alpha(\nu)$ 53
Annex E (normative) Integral of the chi-squared distribution and cumulative Poisson distribution 57
Annex F (normative) 0,95 fractiles of the F distribution..... 32
Bibliography 65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ESSAI DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS –

Partie 4: Méthodes statistiques de distribution exponentielle – Estimateurs ponctuels, intervalles de confiance, intervalles de prédiction et intervalles de tolérance

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Électrotechnique 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, spécifications techniques, 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 60605-4 a été établie par comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1986 et son amendement 1 (1989), dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/737/FDIS	56/756/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/CEI, Partie 3.

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

Les annexes C, D, E et F sont partie intégrante de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING –

Part 4: Statistical procedures for exponential distribution – Point estimates, confidence intervals, prediction intervals and tolerance intervals

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 specifications, 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 60605-4 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1986 and its amendment 1 (1989), of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
56/737/FDIS	56/756/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.

Annexes C, D, E and F form an integral part of this standard.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

ESSAI DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS –

Partie 4: Méthodes statistiques de distribution exponentielle – Estimateurs ponctuels, intervalles de confiance, intervalles de prédiction et intervalles de tolérance

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des méthodes statistiques d'évaluation des estimateurs ponctuels, des intervalles de confiance, des intervalles de prédiction et des intervalles de tolérance pour le taux de défaillance des dispositifs dont les durées avant défaillance suivent une distribution exponentielle. C'est-à-dire que le taux de défaillance (voir VEI 191-12-02) est constant en fonction du temps. Il convient de noter que s'il est fait référence ci-dessus au taux de défaillance, les méthodes numériques décrites sont également applicables aux taux d'autres événements, pourvu que les durées avant l'occurrence de l'événement suivent une distribution exponentielle. Ainsi avec cette qualification, les méthodes numériques sont applicables, par exemple, aux intensités de défaillance constantes et aux taux de réparation constants (voir respectivement VEI 191-12-04 et VEI 191-13-02). Toutefois, par commodité, et pour éviter d'inutiles répétitions, il sera fait référence uniquement aux défaillances et taux de défaillance dans la suite de la présente norme.

Il convient que l'utilisation des procédures dans la présente norme s'appuie sur des essais en vue de confirmer la validité de l'hypothèse d'un taux de défaillance constant ou d'une intensité de défaillance constante (voir CEI 60605-6).

La présente norme s'applique aussi chaque fois qu'un échantillon de dispositifs prélevé au hasard est soumis à un test de durée de fonctionnement avant défaillance pour effectuer des mesures permettant d'estimer la fiabilité.

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 partie de la CEI 60605. 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 partie de la CEI 60605 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(191):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60605-6:1997, *Essais de fiabilité des équipements – Partie 6: Tests de validité des hypothèses du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante*

ISO 3534-1:1993, *Statistique – Vocabulaire et symboles – Partie 1: Probabilité et termes statistiques généraux*

ISO 3534-2:1993, *Statistique – Vocabulaire et symboles – Partie 2: Maîtrise statistique de la qualité*

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING –

Part 4: Statistical procedures for exponential distribution – Point estimates, confidence intervals, prediction intervals and tolerance intervals

1 Scope

This International Standard provides statistical methods for evaluating point estimates, confidence intervals, prediction intervals and tolerance intervals for the failure rate of items, whose time to failure follows an exponential distribution. This implies that the failure rate (see IEV 191-12-02) is constant with respect to time. It should be noted that although reference is made above to failure rate, the numerical methods to be described are equally applicable to other event rates provided the times to the occurrence of the event follow an exponential distribution. Thus, with this qualification, the numerical methods will apply, for example, to constant failure intensities and constant repair rates (see IEV 191-12-04 and IEV 191-13-02 respectively). For convenience, however, and to avoid unnecessary repetition, reference will be made in what follows only to failures and failure rates.

Use of the procedures in this standard should be supported by tests to confirm the validity of the assumption of constant failure rate or failure intensity (see IEC 60605-6).

This standard is also applicable whenever a random sample of items is subjected to a test of times to failure for the purpose of estimating measures of reliability performance.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60605. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60605 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(191):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60605-6:1997, *Equipment reliability testing – Part 6: Tests for the validity of the constant failure rate or constant failure intensity assumptions*

ISO 3534-1:1993, *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: Probability and general statistical terms*

ISO 3534-2:1993, *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 2: Statistical quality control*