INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

IEC
CEI
60605-6

Third edition
Troisième édition
2007-05

Equipment reliability testing –

Part 6:
Tests for the validity and estimation of the constant failure rate and constant failure intensity

Essais de fiabilité des équipements –

Partie 6:
Tests pour la validité et l'estimation du taux de défaillance constant et de l'intensité de défaillance constante

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

PRICE CODE
CODE PRIX X

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

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6

1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Symbols 8
5 Requirements 9
6 Test for constant failure rate 9
6.1 General remark concerning Clause 6 9
6.2 Statistical test for constant failure rate 10
6.3 Probability plot 12
6.4 Total time on test plot 12
6.5 Hazard plot 13
6.6 Action to be taken if constant failure rate assumption is rejected 14
7 Test for constant failure intensity 15
7.1 General remark concerning Clause 7 15
7.2 Test for constant failure intensity for a single repaired item 15
7.3 Test for constant failure intensity for multiple repaired items 16
7.4 $M(t)$ plot 18
7.5 Action to be taken if the constant failure intensity assumption is rejected 19

Annex A (informative) Examples of the procedures given in this standard 20
Annex B (informative) Example of $M(t)$ analysis for field data 34
Annex C (informative) Preparation of field data for $M(t)$ analysis 39

Bibliography 43

Figure 1 – Tests for constant failure rate – Chart showing structure of Clause 6 10
Figure 2 – Tests for constant failure intensity – Chart showing structure of Clause 7 15
Figure A.1 – Probability plot to check constancy of failure rate 26
Figure A.2 – Hazard plot to examine constancy of failure rate 28
Figure A.3 – $M(t)$ plot for three repaired items 30
Figure A.4 – $M(t)$ plot with 95 % confidence intervals 31
Figure A.5 – TTT plot to examine constancy of failure rate 33
Figure B.1 – Population of systems in use as function of operational time 35
Figure B.2 – Repair per month as percentage of population in use 36
Figure B.3 – $M(t)$ plot 37
Figure B.4 – $M(t)$ curve with 99 % confidence limits 38
Figure B.5 – Number of repairs per phone 38

Table 1 – Critical value U_α as a function of α 11
Table 2 – Computation of times to failure for multiple repaired items 17
Table 3 – Quantiles for standardized normal distribution 19
Table A.1 – Twenty ordered times to failure out of 40 tested items 20
Table A.2 – Accumulated times to failure 20
Table A.3 – Time ordered sequence of failure times 21
Table A.4 – Accumulated times to failure 21
Table A.5 – Eight times at which item failures occurred 22
Table A.6 – Accumulated times to failure 23
Table A.7 – Failure data for multiple copy of repaired item 23
Table A.8 – Worksheet for computations 24
Table A.9 – Times to failure from test of non-repaired item 25
Table A.10 – Worksheet with calculations 25
Table A.11 – Ten ordered times with multiple modes 27
Table A.12 – Worksheet and calculations 28
Table A.13 – Failure times for three identical items of repaired item 29
Table A.14 – Worksheet with computations for $M(t)$ 29
Table A.15 – Worksheet with computations for confidence intervals for $M(t)$ 30
Table A.16 – Confidence intervals for $M(t)$ 31
Table A.17 – Times to failure 32
Table A.18 – Worksheet and calculations 33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING –

Part 6: Tests for the validity and estimation of the constant failure rate and constant failure intensity

FOREWORD

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

International Standard IEC 60605-6 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1997, and constitutes a technical revision.

The major technical changes with respect to the previous edition concern the inclusion of corrected formulae for tests previously included in a corrigendum, and the addition of new methods for the analysis of multiple items.

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

FDIS	Report on voting
56/1181/FDIS	56/1191/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.

A list of all the parts in the IEC 60605 series, under the general title *Equipment reliability testing*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

The techniques given in this part of IEC 60605 for testing constant failure rate or constant failure intensity assumptions are numerical and graphical procedures. The graphical methods allow patterns, such as early failures and non-constant failure rates and intensities, to be identified and estimated. The techniques are appropriate for analysing test or field data.

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING –

Part 6: Tests for the validity and estimation of the constant failure rate and constant failure intensity

1 Scope

This standard specifies procedures to verify the assumption of a constant failure rate or constant failure intensity, as defined in IEC 60050(191), and to identify patterns in the failure rate or intensity. These procedures are applicable whenever it is necessary to verify such assumptions. This may be due to a requirement or for the purpose of assessing any variation with time of the failure rate or failure intensity.

The objectives of the methods specified in this standard are as follows:

– to test whether the times to failure of non-repaired items are exponentially distributed, i.e. the failure rate is constant;

– to test whether the times between failures of repaired item(s) have any time trend, i.e. the failure intensity does not exhibit an increasing or decreasing trend;

– to construct graphs that allow the patterns in the failure rate or failure intensity to be displayed, with a view to verifying whether they can be assumed constant, to estimate their values or to identify the nature of any departure from constancy.

2 Normative references

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

IEC 60050(191), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 46
INTRODUCTION 48

1 Domaine d'application 49
2 Références normatives 49
3 Termes et définitions 49
4 Symboles 50
5 Exigences 51
6 Test d'hypothèse du taux de défaillance constant 51
6.1 Remarque générale concernant l'Article 6 51
6.2 Test statistique de l'hypothèse du taux de défaillance constant 52
6.3 Tracé de probabilité 54
6.4 Graphique de la durée totale d'essai 54
6.5 Graphique du risque 55
6.6 Action à mener si l'hypothèse d'un taux de défaillance constant est rejetée 56
7 Test d'hypothèse de l'intensité de défaillance constante 57
7.1 Remarque générale concernant l'Article 7 57
7.2 Essais pour l'intensité de défaillance constante pour une entité réparée unique 57
7.3 Essais pour l'intensité de défaillance constante pour entités réparées multiples 58
7.4 Tracé $M(t)$ 60
7.5 Action à mener si l'hypothèse de l'intensité de défaillance constante est rejetée 61

Annexe A (informative) Exemples de procédures données dans cette norme 62
Annexe B (informative) Exemple d'analyse $M(t)$ pour données d'exploitation 76
Annexe C (informative) Préparation des données d'exploitation pour les analyses $M(t)$ 81

Bibliographie 85

Figure 1 – Tests pour taux de défaillance constant – Schéma montrant la structure de l'Article 6 52
Figure 2 – Tests pour taux de défaillance constant – Schéma montrant la structure de l'Article 7 57
Figure A.1 – Tracé de probabilité pour vérifier la constance du taux de défaillance 68
Figure A.2 – Graphique du risque pour examiner la constance du taux de défaillance 70
Figure A.3 – Tracé $M(t)$ pour trois entités réparées 72
Figure A.4 – Tracé $M(t)$ avec un intervalle de confiance de 95 % 73
Figure A.5 – Tracé TTT pour examiner la constance du taux de défaillance 75
Figure B.1 – Population des systèmes en fonctionnement comme fonction de la durée opérationnelle 77
Figure B.2 – Réparation par mois comme pourcentage de la population en utilisation 78
Figure B.3 – Tracé $M(t)$ 79

Figure B.4 – Courbe $M(t)$ avec un intervalle de confiance de 99 % 80
Figure B.5 – Nombre de réparations par téléphone 80

Tableau 1 – Valeur critique de U_α en fonction de α 53
Tableau 2 – Calcul des durées jusqu'à défaillance des entités réparées multiples 59
Tableau 3 – Quantiles pour distribution normale 61
Tableau A.1 – Vingt premières durées de fonctionnement avant défaillance ordonnées pour les 40 entités en essai 62
Tableau A.2 – Durée cumulée jusqu'à la défaillance 62
Tableau A.3 – Séquence ordonnée des durées de défaillance 63
Tableau A.4 – Durée cumulée jusqu'à défaillance 63
Tableau A.5 – Instants d'apparition des défaillances de huit défaillances survenues sur entités 64
Tableau A.6 – Durée cumulée jusqu'à défaillance 65
Tableau A.7 – Donnée de défaillance d'exemplaires multiples d'un entité réparée 65
Tableau A.8 – Feuille de calculs 66
Tableau A.9 – Durée jusqu'à défaillance issue de l'essai d'une entité non réparée 67
Tableau A.10 – Feuille de calculs 67
Tableau A.11 – Dix durées ordonnées avec modes multiples de défaillance 69
Tableau A.12 – Feuille de calculs 70
Tableau A.13 – Durées de défaillance pour trois entités identiques d'entité réparée 71
Tableau A.14 – Feuille pour le calcul de $M(t)$ 71
Tableau A.15 – Feuille pour le calcul des intervalles de confiance pour $M(t)$ 72
Tableau A.16 – Intervalles de confiance pour $M(t)$ 73
Tableau A.17 – Durée jusqu'à défaillance 74
Tableau A.18 – Feuille de travail et calculs 75

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ESSAIS DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS –

Partie 6: Tests pour la validité et l'estimation du taux de défaillance constant et de l'intensité de défaillance constante

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 60605-6 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition publiée en 1997. Elle constitue une révision technique.

Les principaux changements par rapport à l'édition précédente concernent l'introduction des formules corrigées des tests précédemment inclus dans un corrigendum et l'ajout de nouvelles méthodes pour l'analyse de divers éléments.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1181/FDIS	56/1191/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60605, présentée sous le titre général *Essais de fiabilité des équipements*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

INTRODUCTION

Les techniques décrites dans cette partie de la CEI 60605 pour tester les hypothèses de constance de taux de défaillance ou d'intensité de défaillance sont des procédures numériques et graphiques. Les méthodes graphiques permettent d'identifier et d'estimer des profils types tels que les défaillances précoces et les intensités et taux de défaillances non constants. Les techniques sont appropriées aux analyses de données d'essais ou d'exploitation.

ESSAIS DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS –

Partie 6: Tests pour la validité et l'estimation du taux de défaillance constant et de l'intensité de défaillance constante

1 Domaine d'application

La présente norme spécifie les procédures pour la validation des hypothèses du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante, telles que définies dans la CEI 60050(191), et pour identifier des profils types dans l'intensité ou le taux de défaillance. Ces procédures sont applicables chaque fois que nécessaire pour vérifier ces hypothèses. Ce besoin peut être dû à une exigence ou à l'intention d'évaluer toute variation en fonction de la durée, du taux de défaillance ou de l'intensité de défaillance.

Les objectifs des méthodes spécifiées dans cette norme sont les suivants:

– tester si les durées de fonctionnement avant défaillance d'entités non réparées sont distribuées exponentiellement, c'est-à-dire si le taux de défaillance de ces entités est constant;
– tester si les durées entre défaillances d'entité(s) réparée(s) ont une tendance particulière en fonction de la durée, c'est-à-dire si l'intensité de défaillance ne présente pas une tendance à la croissance ou à la décroissance;
– construire des graphiques qui permettent de montrer des profils types de taux de défaillance ou d'intensité de défaillance, pour vérifier s'ils peuvent être considérés constants, estimer leurs valeurs ou identifier la nature de tout signe d'éloignement de l'état constant.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050(191), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*