

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode
and effects analysis (FMEA)**

**Techniques d'analyse de la fiabilité du système – Procédure d'analyse
des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Overview	8
4.1 Introduction	8
4.2 Purpose and objectives of the analysis.....	9
5 Failure modes and effects analysis.....	10
5.1 General considerations.....	10
5.2 Preliminary tasks.....	11
5.3 Failure mode, effects, and criticality analysis (FMECA)	21
5.4 Report of analysis	28
6 Other considerations	30
6.1 Common-cause failures.....	30
6.2 Human factors	30
6.3 Software errors	31
6.4 FMEA regarding consequences of system failure	31
7 Applications.....	31
7.1 Use of FMEA/FMECA	31
7.2 Benefits of FMEA	33
7.3 Limitations and deficiencies of FMEA	33
7.4 Relationships with other methods	33
Annex A (informative) Summary of procedures for FMEA and FMECA	36
Annex B (informative) Examples of analyses.....	40
Bibliography.....	47
Figure 1 – Relationship between failure modes and failure effects in a system hierarchy	13
Figure 2 – Analysis flowchart	20
Figure 3 – Criticality matrix	24
Figure A.1 – Example of the format of an FMEA worksheet.....	39
Figure B.1 – FMEA for a part of automotive electronics with RPN calculation.....	41
Figure B.2 – Diagram of subsystems of a motor generator set	42
Figure B.3 – Diagram of enclosure heating, ventilation and cooling systems	43
Figure B.4 – FMEA for sub-system 20.....	44
Figure B.5 – Part of a process FMECA for machined aluminium casting.....	46

Table 1 – Example of a set of general failure modes	15
Table 2 – Illustrative example of a severity classification for end effects	18
Table 3 – Risk/criticality matrix	25
Table 4 – Failure mode severity	26
Table 5 – Failure mode occurrence related to frequency and probability of occurrence	26
Table 6 – Failure mode detection evaluation criteria	27
Table 7 – Example of a set of failure effects (for a motor vehicle starter)	29
Table 8 – Example of a failure effects probability	29
Table B.1 – Definition and classification of the severity of the effects of failures on the complete M-G system	42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ANALYSIS TECHNIQUES FOR SYSTEM RELIABILITY – PROCEDURE FOR FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

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 60812 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1985 and constitutes a technical revision.

The main changes from the previous edition are as follows:

- introduction of the failure modes effects and criticality concepts;
- inclusion of the methods used widely in the automotive industry;
- added references and relationships to other failure modes analysis methods;
- added examples;
- provided guidance of advantages and disadvantages of different FMEA methods.

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

FDIS	Report on voting
56/1072/FDIS	56/1091/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 2.

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.

ANALYSIS TECHNIQUES FOR SYSTEM RELIABILITY – PROCEDURE FOR FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

1 Scope

This International Standard describes Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA), and gives guidance as to how they may be applied to achieve various objectives by

- providing the procedural steps necessary to perform an analysis;
- identifying appropriate terms, assumptions, criticality measures, failure modes;
- defining basic principles;
- providing examples of the necessary worksheets or other tabular forms.

All the general qualitative considerations presented for FMEA will apply to FMECA, since the latter is an extension of the other.

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 60300-3-1:2003, *Dependability management – Part 3-1: Application guide – Analysis techniques for dependability – Guide on methodology*

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61078, *Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram method*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	50
1 Domaine d'application	52
2 Références normatives	52
3 Termes et définitions	52
4 Vue d'ensemble	54
4.1 Introduction	54
4.2 But et objectifs de l'analyse	55
5 Analyses des modes de défaillance et de leurs effets	56
5.1 Approche générale	56
5.2 Tâches préliminaires	57
5.3 Mode de défaillance, effets, et analyses de criticité (AMDEC)	67
5.4 Rapport d'analyse	74
6 Autres considérations	76
6.1 Défaillances de cause commune	76
6.2 Facteurs humains	76
6.3 Erreurs logicielles	77
6.4 L'AMDE et les conséquences de la défaillance du système	77
7 Applications	77
7.1 Utilisation d'une AMDE/AMDEC	77
7.2 Avantages d'une AMDE	79
7.3 Limitations et inconvénients de l'AMDE	79
7.4 Relations avec les autres méthodes	80
Annexe A (informative) Récapitulatif des procédures pour AMDE et AMDEC	82
Annexe B (informative) Exemples d'analyses	86
Bibliographie	93
Figure 1 – Relation entre les modes de défaillance et les effets de défaillance dans la hiérarchie d'un système	59
Figure 2 – Schéma fonctionnel d'analyse	66
Figure 3 – Matrice de criticité	70
Figure A.1 – Exemple de formulaire de document AMDE	85
Figure B.1 – FMEA pour une partie de dispositif électronique d'automobile avec calcul de NPR	87
Figure B.2 – Diagramme des sous-systèmes d'un ensemble générateur-moteur	88
Figure B.3 – Diagramme d'enveloppe chauffante, ventilation et systèmes de refroidissement	89
Figure B.4 – AMDE pour sous-système 20	90
Figure B.5 – Partie du processus AMDEC pour coulage d'aluminium par machine	92

Tableau 1 – Exemple d'un ensemble de modes de défaillance généraux	61
Tableau 2 – Exemple illustré de classification de la sévérité pour effets finaux	64
Tableau 3 – Matrice risque/criticité	71
Tableau 4 – Sévérité du mode de défaillance.....	72
Tableau 5 – Apparition du mode de défaillance reliée à la fréquence et probabilité d'apparition.....	72
Tableau 6 – Critère d'évaluation de la détection du mode de défaillance	73
Tableau 7 – Exemple d'un ensemble d'effets de défaillance (pour un démarreur de véhicule à moteur)	75
Tableau 8 – Exemple de probabilités d'effets de défaillance	75
Tableau B.1 – Définition et classification de la sévérité des effets de défaillance sur le système G-M complet	88

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNIQUES D'ANALYSE DE LA FIABILITÉ DU SYSTÈME – PROCÉDURE D'ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS (AMDE)

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 60812 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1985 et constitue une révision technique.

Les modifications majeures par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- introduction des concepts d'effets des modes de défaillance et de leur criticité ;
- introduction des méthodes largement utilisées dans l'industrie automobile;
- ajout de références et de relations aux autres méthodes d'analyse des modes de défaillance;
- ajout d'exemples;
- fourniture de guides sur les avantages et les inconvénients des différentes méthodes AMDE.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1072/FDIS	56/1091/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 2.

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.

TECHNIQUES D'ANALYSE DE LA FIABILITÉ DU SYSTÈME – PROCÉDURE D'ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS (AMDE)

1 Domaine d'application

La présente Norme Internationale décrit l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) et l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC), et apporte des conseils sur l'application de ces méthodes selon les divers objectifs recherchés, de la façon suivante:

- en fournissant la procédure à suivre pour réaliser une analyse,
- en spécifiant les termes pertinents, les hypothèses, les mesures de criticité, les modes de défaillance,
- en déterminant les principes de base,
- en fournissant des exemples-types de documents et tableaux.

Etant donné que l'AMDEC est une suite logique de l'AMDE, toutes les remarques générales d'ordre qualitatif se rapportant à l'une sont applicables à l'autre.

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 60300-3-1:2003, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-1: Guide d'application – Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Guide méthodologique* (disponible en anglais seulement)

CEI 61025, *Analyse par arbre de panne (AAP)*

CEI 61078, *Techniques d'analyses pour la sûreté de fonctionnement – Méthode du bloc-diagramme de fiabilité*