



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

**Fire hazard testing –
Part 1-40: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products –
Insulating liquids**

**Essais relatifs aux risques du feu –
Partie 1-40: Guide pour l'évaluation des risques du feu des produits
électrotechniques – Liquides isolants**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 13.220.40; 29.020

ISBN 978-2-8322-1170-0

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Classification of insulating liquids	13
5 Types of electrotechnical equipment containing insulating liquids	13
6 Fire parameters	14
6.1 General.....	14
6.2 Ignition.....	14
6.2.1 General	14
6.2.2 Combustion	14
6.2.3 Potential fire growth.....	14
6.2.4 Fire effluent	14
7 Fire scenarios.....	14
7.1 General.....	14
7.2 Origin fire scenarios.....	14
7.2.1 General	14
7.2.2 Major causes of fire	15
7.2.3 Minor causes of fire	16
7.2.4 Pool fires	16
7.2.5 Burning spray	16
7.2.6 Ignition on hot surface	16
7.3 Victim fire scenarios.....	16
8 Protective measures against fire.....	17
9 Considerations for the selection of test methods.....	17
9.1 General.....	17
9.2 Type tests	18
9.3 Sampling tests	18
9.4 Arc resistance tests	18
9.5 Relevance of test results to fire scenario.....	18
Annex A (informative) History of insulating liquids.....	19
Annex B (informative) Preventive and protective measures against fire.....	20
B.1 General.....	20
B.2 Physical protective measures.....	20
B.3 Chemical protective measures	20
B.4 Electrical protective measures	20
B.5 Sensing devices.....	20
B.6 Maintenance and inspection.....	20
Annex C (informative) Transformers.....	22
C.1 General.....	22
C.2 Transformer choice	22
Annex D (informative) Power capacitors	24

Annex E (informative) Cables.....	25
E.1 Power cables	25
E.2 Communication cables	26
E.3 Cables with water blocking compounds	26
E.4 Cable terminations	26
Annex F (informative) Bushings	27
Annex G (informative) Switchgear	28
Bibliography.....	29
Figure E.1 – Oil viscosity	26
Table 1 – Classification of insulating liquids	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

Part 1-40: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Insulating liquids

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 60695-1-40 has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

This first edition of IEC 60695-1-40 cancels and replaces the first edition of IEC/TS 60695-1-40 published in 2002. It constitutes a technical revision and now has the status of an International Standard.

The main changes with respect to the first edition of IEC/TS 60695-1-40 are the integration of editorial and technical changes throughout the text.

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

FDIS	Report on voting
89/1191/FDIS	89/1200/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.

A list of all the parts in the 60695 series, under the general title *Fire hazard testing*, can be found on the IEC web site.

This international standard is to be used in conjunction with IEC 60695-1-10.

IEC 60695-1 consists of the following parts:

- Part 1-10: *Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*
- Part 1-11: *Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment*
- Part 1-12: *Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire safety engineering*
- Part 1-20: *Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Ignitability – General guidance*
- Part 1-21: *Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Ignitability – Summary and relevance of test methods*
- Part 1-30: *Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Preselection testing process – General guidelines*
- Part 1-40: *Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Insulating liquids*

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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

In the design of any electrotechnical product the risk of fire and the potential hazards associated with fire need to be considered. In this respect the objective of component, circuit and product design as well as the choice of materials is to reduce to acceptable levels the potential risks of fire even in the event of foreseeable abnormal use, malfunction or failure.

For more than 100 years, insulating liquids based on mineral oil have been used for the insulating and cooling of electrical transformers and some other types of electrotechnical equipment.

During the last 70 years, synthetic insulating liquids have been developed and used in specific electrotechnical applications for which their properties are particularly suitable. However, for technical and economic reasons, highly refined mineral oil continues to be the most widely used insulating liquid for use in transformers, the major end use application. Their safe installation is covered by local, national and international regulations.

The fire safety record of electrotechnical equipment containing insulating liquids is good, for both mineral oil and synthetic liquids. In recent years improvements in design and protective measures against fire have reduced the fire hazard for electrotechnical equipment containing mineral oil. However, as for all forms of electrotechnical equipment, the objective should be to reduce the likelihood of fire even in the event of foreseeable abnormal use.

The practical aim is to prevent ignition, but if ignition occurs, to control the fire, preferably within the enclosure of the electrotechnical equipment.

FIRE HAZARD TESTING –

Part 1-40: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Insulating liquids

1 Scope

This international standard provides guidance on the minimization of fire hazard arising from the use of electrical insulating liquids, with respect to:

- a) electrotechnical equipment and systems,
- b) people, building structures and their contents.

This basic safety publication is intended for use by technical committees in the preparation of standards in accordance with the principles laid down in IEC Guide 104 [1]¹ and ISO/IEC Guide 51 [2]. It is not intended for use by manufacturers or certification bodies.

One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of basic safety publications in the preparation of its publications.

2 Normative references

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

IEC 60050, *International electrotechnical vocabulary*

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60465, *Specification for unused insulating mineral oils for cables with oil ducts*

IEC 60695-1-10, *Fire hazard testing – Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*

IEC 60695-1-11, *Fire hazard testing – Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment*

IEC 60695-4:2012, *Fire hazard testing – Part 4: Terminology concerning fire tests for electrotechnical products*

IEC 60695-6-2, *Fire hazard testing – Part 6-2: Smoke obscuration – Summary and relevance of test methods*

IEC 60695-7-2, *Fire hazard testing – Part 7-2: Toxicity of fire effluent – Summary and relevance of test methods*

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

IEC 60695-8-2, *Fire hazard testing – Part 8-2: Heat release – Summary and relevance of test methods*

IEC 60944, *Guide for the maintenance of silicone transformer liquids*

IEC 61039, *Classification of insulating liquids*

IEC 61203, *Synthetic organic esters for electrical purposes – Guide for maintenance of transformer esters in equipment*

IEC/TS 60695-5-2, *Fire hazard testing – Part 5-2: Corrosion damage effects of fire effluent – Summary and relevance of test methods*

IEC/TS 60695-8-3, *Fire hazard testing – Part 8-3: Heat release – Heat release of insulating liquids used in electrotechnical products*

ISO 1716, *Reaction to fire tests for products – Determination of the gross heat of combustion (calorific value)*

ISO 2592, *Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method*

ISO 13943:2008, *Fire safety – Vocabulary*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	34
INTRODUCTION.....	36
1 Domaine d'application	37
2 Références normatives	37
3 Termes et définitions	38
4 Classification des liquides isolants	43
5 Types d'équipements électrotechniques contenant des liquides isolants	44
6 Paramètres de feu	44
6.1 Généralités	44
6.2 Allumage.....	44
6.2.1 Généralités	44
6.2.2 Combustion	44
6.2.3 Croissance potentielle du feu.....	44
6.2.4 Effluents du feu	44
7 Scénarios d'incendie.....	45
7.1 Généralités	45
7.2 Scénarios d'incendie origine	45
7.2.1 Généralités	45
7.2.2 Causes majeures d'incendie	46
7.2.3 Causes mineures d'incendie	46
7.2.4 Feux de flaque.....	47
7.2.5 Projection se consumant.....	47
7.2.6 Allumage sur une surface chaude	47
7.3 Scénarios d'incendie victime	47
8 Mesures de protection contre le feu	47
9 Considérations pour la sélection des méthodes d'essai	48
9.1 Généralités	48
9.2 Essais de type	49
9.3 Essais par échantillonnage	49
9.4 Essais de résistance à l'arc.....	49
9.5 Pertinence des résultats d'essai des scénarios d'incendie	49
Annexe A (informative) Historique des liquides isolants	50
Annexe B (informative) Mesures de prévention et de protection contre le feu	52
B.1 Généralités	52
B.2 Mesures de protection physique.....	52
B.3 Mesures de protection chimique.....	52
B.4 Mesures de protection électrique	52
B.5 Capteurs	52
B.6 Maintenance et examen	52
Annexe C (informative) Transformateurs.....	54
C.1 Généralités	54
C.2 Choix de transformateur.....	54
Annexe D (informative) Condensateurs de puissance	56

Annexe E (informative) Câbles.....	57
E.1 Câbles de puissance.....	57
E.2 Câbles de communication.....	58
E.3 Câbles avec mélanges arrêtant l'eau.....	58
E.4 Terminaisons de câble.....	59
Annexe F (informative) Traversées.....	60
Annexe G (informative) Appareillage de connexion.....	61
Bibliographie.....	62
Figure E.1 – Viscosité de l'huile.....	58
Tableau 1 – Classification des liquides isolants.....	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 1-40: Guide pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Liquides isolants

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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60695-1-40 a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Cette première édition de la CEI 60695-1-40 annule et remplace la première édition de la CEI/TS 60695-1-40 publiée en 2002. Elle constitue une révision technique et a désormais le statut d'une Norme internationale.

Les principales modifications apportées par rapport à la première édition de la CEI/TS 60695-1-40 sont l'intégration de modifications rédactionnelles et techniques dans tout le texte.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
89/1191/FDIS	89/1200/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60695, regroupées sous le titre général *Essais relatifs aux risques du feu*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

La présente Norme internationale est à utiliser conjointement avec la CEI 60695-1-10.

La CEI 60695-1 comprend les parties suivantes:

- Partie 1-10: *Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Lignes directrices générales*
- Partie 1-11: *Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Evaluation des risques du feu*
- Partie 1-12: *Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Ingénierie de la sécurité incendie*
- Partie 1-20: *Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Allumabilité – Lignes directrices générales*
- Partie 1-21: *Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Allumabilité – Résumé et pertinence des méthodes d'essais*
- Partie 1-30: *Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Processus d'essai de présélection – Lignes directrices générales*
- Partie 1-40: *Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Liquides isolants*

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité 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

La conception de tout produit électrotechnique nécessite de tenir compte du risque de feu et des dangers potentiels associés au feu. A cet égard, la conception des composants, circuits et produits ainsi que le choix des matériaux ont pour objectif de réduire à des niveaux acceptables les risques potentiels de feu même en cas d'utilisation anormale prévisible, de dysfonctionnement ou de défaillance.

Depuis plus de 100 ans, on utilise les liquides isolants à base d'huile minérale pour l'isolation et le refroidissement des transformateurs électriques et de certains autres types d'équipements électrotechniques.

Au cours des 70 dernières années, des liquides isolants de synthèse ont été développés et utilisés dans des applications électrotechniques spécifiques pour lesquelles leurs propriétés sont particulièrement adaptées. Cependant, pour des raisons techniques et économiques, l'huile minérale raffinée à un degré élevé reste le liquide isolant le plus largement utilisé dans les transformateurs, principale application de leur utilisation finale. Leur installation dans des conditions assurant la sécurité est couverte par des règlements locaux, nationaux et internationaux.

Le registre de sécurité au feu des équipements électrotechniques contenant des liquides isolants s'applique à la fois pour l'huile minérale et pour les liquides de synthèse. Au cours des dernières années, des améliorations dans la conception et des mesures de protection contre le feu ont réduit le danger d'incendie des équipements électrotechniques contenant de l'huile minérale. Cependant, comme pour toutes les catégories d'équipements électrotechniques, il convient que l'objectif soit de réduire la probabilité de feu même en cas d'utilisation anormale prévisible.

L'objectif pratique est d'empêcher un allumage, mais si l'allumage intervient, de circonscrire l'incendie de préférence dans les limites de l'enceinte de l'équipement électrotechnique.

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 1-40: Guide pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Liquides isolants

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des lignes directrices pour la minimisation du danger d'incendie dans le cadre de l'utilisation de liquides isolants électriques

- a) pour les équipements et systèmes électrotechniques,
- b) pour les personnes, les structures des bâtiments et leur contenu.

Cette publication fondamentale de sécurité est destinée à être utilisée par les comités d'études pour l'établissement de leurs normes conformément aux principes exposés dans le Guide 104 de la CEI [1]¹ et dans le Guide ISO/CEI 51 [2]. Elle n'est pas destinée à être utilisée par les fabricants ou les organismes de certification.

Une des responsabilités d'un comité d'études est d'utiliser, à chaque fois qu'elles sont applicables, les publications fondamentales de sécurité dans la préparation de ses publications.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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, *Vocabulaire électrotechnique international*

CEI 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

CEI 60465, *Spécification pour huiles minérales isolantes neuves pour câbles à circulation d'huile*

CEI 60695-1-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-10: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Lignes directrices générales*

CEI 60695-1-11, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Evaluation des risques du feu*

CEI 60695-4: 2012, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 4: Terminologie relative aux essais au feu pour les produits électrotechniques*

CEI 60695-6-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6-2: Opacité des fumées – Résumé et pertinence des méthodes d'essais*

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

CEI 60695-7-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 7-2: Toxicité des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*

CEI 60695-8-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 8-2: Dégagement de chaleur – Résumé et pertinence des méthodes d'essais*

CEI 60944, *Guide de maintenance des liquides silicones pour transformateurs*

CEI 61039, *Classification des liquides isolants*

CEI 61203, *Esters organiques de synthèse à usages électriques – Guide de maintenance des esters pour transformateurs dans les matériels*

CEI/TS 60695-5-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 5-2: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*

CEI/TS 60695-8-3, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 8-3: Dégagement de chaleur – Dégagement de chaleur des liquides isolants utilisés dans les produits électrotechniques*

ISO 1716, *Essais de réaction au feu de produits – Détermination du pouvoir calorifique supérieur (valeur calorifique)*

ISO 2592, *Détermination des points d'éclair et de feu – Méthode Cleveland à vase ouvert*

ISO 13943:2008, *Sécurité au feu – Vocabulaire*