

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

**Part 1-12: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products –
Fire safety engineering**

Essais relatifs aux risques du feu –

**Partie 1-12: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits
électrotechniques – Ingénierie de la sécurité incendie**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



IEC 60695-1-12

Edition 1.0 2015-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

**Part 1-12: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products –
Fire safety engineering**

Essais relatifs aux risques du feu –

**Partie 1-12: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits
électrotechniques – Ingénierie de la sécurité incendie**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.220.40; 29.020

ISBN 978-2-8322-1960-7

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 The fire safety engineering process	14
4.1 General.....	14
4.2 Fire safety engineering calculations	15
4.3 Validity of methods	15
5 Benefits of fire safety engineering	16
6 Objectives, requirements and performance	17
6.1 Fire safety engineering objectives.....	17
6.1.1 General	17
6.1.2 Safety of life	17
6.1.3 Conservation of property	17
6.1.4 Continuity of operations.....	17
6.1.5 Protection of the natural environment	18
6.1.6 Preservation of heritage.....	18
6.2 Functional requirements.....	18
6.3 Performance criteria	18
6.3.1 General	18
6.3.2 Explicit performance criteria	18
6.3.3 Implicit performance criteria.....	19
7 Design fire scenarios and design fires	19
7.1 Design fire scenarios	19
7.2 Design fires	20
8 Data for fire safety engineering.....	20
9 Tests on electrotechnical products.....	21
9.1 General.....	21
9.2 Conditions for evaluation in fire tests	21
9.3 Electrotechnical product evaluations	21
9.3.1 As the source of ignition of a fire	21
9.3.2 As the victim of a fire	22
9.4 Test selection and/or development.....	22
Annex A (informative) A probabilistic fire risk assessment.....	24
A.1 The assessment of a fire risk in accordance with the Russian national standard GOST 12.1.004-91 [38]	24
A.1.1 Introduction	24
A.1.2 Probability Q_{fc}	24
A.1.3 Probability Q_{fv}	25
A.1.4 Probability Q_{pf}	25
A.1.5 Probability Q_{ign}	25
A.2 Example.....	26
A.2.1 General	26
A.2.2 Test data	27

A.2.3 Calculation	27
Bibliography.....	29
 Figure 1 – Flowchart illustrating an example of the fire safety engineering process as applied to a major project in the built environment	16
 Table 1 – Examples of design fire scenarios	19
Table 2 – Common ignition phenomena encountered in electrotechnical products.....	23
Table A.1 – Long start-up mode: enclosure (shell) temperatures in the most heated up-point	27
Table A.2 – The enclosure temperature at the most heated point when working under abnormal conditions	28
Table A.3 – Failure data for abnormal operation	28

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

**Part 1-12: Guidance for assessing
the fire hazard of electrotechnical products –
Fire safety engineering**

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 60695-1-12 Ed 1.0 has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104 and ISO/IEC Guide 51.

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

FDIS	Report on voting
89/1237A/FDIS	89/1242/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.

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 1-30: 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.

This standard is to be used in conjunction with IEC 60695-1-10 and IEC 60695-1-11.

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

Fire safety engineering

Fire safety engineering concerns the application of engineering methods based on scientific principles to the development or assessment of designs in the built environment through the analysis of specific fire scenarios or through the quantification of risk for a group of fire scenarios. This is in order to achieve fire safety engineering objectives, which typically are:

- a) to protect life safety,
- b) to protect property,
- c) to maintain the continuity of operations,
- d) to protect the natural environment, and
- e) to preserve heritage.

The analysis is based on calculations that use input data obtained principally from quantitative fire tests.

Fire safety engineering (FSE) is a discipline increasingly being used in support of performance-based national fire safety regulations in many countries and regional jurisdictions throughout the world. The eight parts of ISO/TR 13387 (see Clause 2 and [1] to [6]) and ISO 23932 outline the fundamental methodologies and uses of FSE. Further detailed aspects of FSE are covered in ISO 16730 [7], ISO/TS 16732 [8], ISO/TS 16733, ISO 16734 [9], ISO 16735 [10], ISO 16736 [11], ISO 16737 [12] and ISO/TR 16738.

In addition to purely performance-based regulations, many countries are also using FSE to supplement prescriptive regulations by applying FSE principles to specific design aspects, where reduced costs, alternative practices, improved performance and improved safety are the objectives.

The International Maritime Organization (IMO) is using FSE and the ISO standards mentioned above to develop fire safety designs for ships. These are considered to be an improvement on designs based on prescriptive fire safety requirements.

Qualitative and quantitative fire tests

Many standardised fire test methods give information on the performance of a material or end product as measured in the test, which may or may not be related to a real fire scenario or real installation practices. These qualitative fire test methods result in a “pass” or “fail” and/or a product or material ranking. They play an important role in prescriptive regulations, and the results of a qualitative test can be used indirectly in fire hazard assessment of electrotechnical products, but they are not suitable for directly supporting performance-based design.

Most standardized test methods developed by the IEC for electrotechnical products are of the qualitative type. It is agreed within ISO and the IEC that this type of fire test will continue to be maintained and, where necessary, developed. It is recognised that, even if the use of these standards is in prescriptive codes, product data from many of these standards may be potentially adaptable for fire safety engineering purposes.

In contrast, quantitative fire tests are increasingly being used and developed, and these do provide data that can be input to fire safety engineering calculations.

Various quantitative fire tests have been developed by ISO, some of which can be used to assess the performance of electrotechnical products (see 9.4).

FIRE HAZARD TESTING –

Part 1-12: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire safety engineering

1 Scope

This part of IEC 60695 is intended as a general guideline for IEC Product Committees and provides:

- an explanation of the principles and uses of fire safety engineering;
- guidance on the use of fire safety engineering in the design of electrotechnical products;
- fire safety engineering terminology, and concepts;
- an indication of properties, data and tests needed for input into fire safety engineering assessments;
- informative references.

This international standard is not intended to be a detailed technical design guide, but is intended to provide guidance for product committees on fire safety engineering methods and performance based test information needs for use in performance based designs and fire hazard assessments of electrotechnical materials, assemblies, products and systems. More detailed information on fire safety engineering is contained in the ISO/TR 13387 series of documents (see Clause 2 and [1] to [6]) and in ISO 23932.

NOTE Further detailed aspects of FSE are covered in ISO 16730 [7], ISO/TS 16732 [8], ISO/TS 16733, ISO 16734 [9], ISO 16735 [10], ISO 16736 [11], ISO 16737 [12] and ISO/TR 16738.

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 and ISO/IEC Guide 51.

One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of basic safety publications in the preparation of its publications. The requirements, test methods or test conditions of this basic safety publication will not apply unless specifically referred to or included in the relevant 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 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, *Fire hazard testing – Part 4: Terminology concerning fire tests for electrotechnical products*

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects – Guidelines for inclusion in standards*

ISO 13943:2008, *Fire safety – Vocabulary*

ISO/TR 13387-2: *Fire safety engineering – Part 2: Design fire scenarios and design fires*

ISO/TR 13387-8, *Fire safety engineering – Part 8: Life safety: Occupant behaviour, location and condition*

ISO/TS 16733, *Fire safety engineering – Selection of design fire scenarios and design fires*

ISO/TR 16738, *Fire safety engineering – Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people*

ISO/TR 17252:2008, *Fire tests – Applicability of reaction to fire tests to fire modelling and fire safety engineering*

ISO 23932:2009, *Fire safety engineering – General principles*

3 Terms and Definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 13943:2008 and IEC 60695-4:2012, some of which are reproduced below for the user's convenience, as well as the following apply.

3.1

absorptivity

fraction of the incident radiation that is absorbed by a surface on which it falls

Note 1 to entry: Absorptivity is dimensionless.

3.2

active fire protection

action taken to reduce or prevent the spread and effects of fire in response to the detection of the fire

Note 1 to entry: Examples include the application of agents (e.g. halon gas or water spray) to the fire, or the control of ventilation.

3.3

available safe escape time

ASET

time available for escape

for an individual occupant, the calculated time interval between the time of ignition and the time at which conditions become such that the occupant is estimated to be incapacitated, i.e. unable to take effective action to escape to a safe refuge or place of safety

see also **required safe escape time** (3.40).

Note 1 to entry: The time of ignition can be known, e.g. in the case of a fire model or a fire test, or it may be assumed, e.g. it may be based upon an estimate working back from the time of detection. The basis on which the time of ignition is determined is always stated.

Note 2 to entry: This definition equates incapacitation with failure to escape. Other criteria for ASET are possible. If an alternate criterion is selected, it is necessary that it be stated.

Note 3 to entry: Each occupant can have a different value of ASET, depending on that occupant's personal characteristics.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.20]

3.4

built environment

building or other structure

EXAMPLES (1) Off-shore platforms; (2) civil engineering works, such as tunnels, bridges and mines; and (3) means of transportation, such as motor vehicles and marine vessels.

Note 1 to entry: ISO 6707-1 [13] contains a number of terms and definitions for concepts related to the built environment.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.26]

3.5

compressive strength

maximum uniaxial compressive stress experienced by a material at its moment of rupture

3.6

density

mass per unit volume

3.7

design fire

quantitative description of assumed fire characteristics within the design fire scenario

Note 1 to entry: It is typically, an idealised description of the variation with time of important fire variables such as heat release rate, flame spread rate, smoke production rate, toxic gas yields, and temperature.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.64]

3.8

design fire scenario

specific fire scenario on which a deterministic fire-safety engineering analysis is conducted

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.65]

3.9

emissivity

ratio of the radiation emitted by a radiant source to the radiation that would be emitted by a black body radiant source at the same temperature

Note 1 to entry: Emissivity is dimensionless.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.75]

3.10

environment

conditions and surroundings that can influence the behaviour of an item or persons when exposed to fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.80]

3.11

escape

effective action taken to reach a safe refuge or place of safety

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.82]

3.12

fire decay

stage of fire development after a fire has reached its maximum intensity and during which the heat release rate and the temperature of the fire are decreasing

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.104]

3.13

fire effluent

totality of gases and aerosols, including suspended particles, created by combustion or pyrolysis in a fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.105]

3.14

fire growth

stage of fire development during which the heat release rate and the temperature of the fire are increasing

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.111]

3.15

fire hazard

physical object or condition with a potential for an undesirable consequence from fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.112]

3.16

fire hazard assessment

evaluation of the possible causes of fire, the possibility and nature of subsequent fire growth, and the possible consequences of fire

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, definition 3.2.10]

3.17

fire model

fire simulation

calculation method that describes a system or process related to fire development, including fire dynamics and the effects of fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.116]

3.18

fire resistance

ability of a test specimen to withstand fire or give protection from it for a period of time

Note 1 to entry: Typical criteria used to assess fire resistance in a standard fire test are fire integrity, fire stability, and thermal insulation material.

Note 2 to entry: "Fire resistant" (adj.) refers only to this ability.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.121]

3.19

fire safety design

quantitative description of the construction of a built environment intended to meet fire safety objectives

3.20**fire safety engineering**

application of engineering methods based on a scientific principles to the development or assessment of designs in the built environment through the analysis of specific fire scenarios or through the quantification of risk for a group of fire scenarios

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.126]

3.21**fire-safety objective**

desired outcome with respect to the probability of an unwanted fire, relative to essential aspects of the built environment

Note 1 to entry: The essential aspects typically relate to the issues of life safety, conservation of property, continuity of operations, protection of the environment and preservation of heritage.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.128]

3.22**fire scenario**

qualitative description of the course of a fire with respect to time, identifying key events that characterize the studied fire and differentiate it from other possible fires

Note 1 to entry: It typically defines the ignition and fire growth processes, the fully developed fire stage, the fire decay stage, and the environment and systems that impact on the course of the fire.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.129]

3.23**fire test**

test that measures behaviour of a fire or exposes an item to the effects of a fire

Note 1 to entry: The results of a fire test can be used to quantify fire severity or determine the fire resistance or reaction to fire of the test specimen

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.132]

3.24**flame spread**

propagation of a flame front

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.142]

3.25**fully developed fire**

state of total involvement of combustible materials in a fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.164]

3.26**heat of combustion**

DEPRECATED: calorific potential

DEPRECATED: calorific value

thermal energy produced by combustion of unit mass of a given substance

Note 1 to entry: The typical units are kilojoules per gram ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.174]

3.27

heat of gasification

thermal energy required to change a unit mass of material from the condensed phase to the vapour phase at a given temperature

Note 1 to entry: The typical units are kilojoules per gram ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.175]

3.28

heat release

thermal energy released by combustion

Note 1 to entry: The typical units are joules (J).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.176]

3.29

heat release rate

DEPRECATED: burning rate

DEPRECATED: rate of burning

rate of thermal energy production generated by combustion

Note 1 to entry: The typical units are watts (W).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.177]

3.30

ignition

<general> initiation of combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.187]

3.31

modulus of elasticity

ratio of stress to strain within the elastic range of a material, i.e. where Hooke's Law is obeyed

3.32

passive fire protection

action taken to reduce or prevent the spread and effects of fire by means not requiring an action

EXAMPLES (1) The division of a space into compartments using materials with inherent fire resistance to fabricate walls, floors, doors and other barriers. (2) The use of materials with good fire behaviour.

3.33

performance criteria

quantitative criteria, which have been agreed with a building approval authority, and which form an acceptable basis for assessing the safety of a design for a built environment

3.34

performance-based design

design that is engineered to achieve specified objectives and performance criteria

3.35

performance-based regulation

regulation in which compliance is specified in terms of performance criteria

Note 1 to entry: Performance-based regulation is more flexible than prescriptive regulation because it focuses on the overall outcome to be achieved rather than on component hazards.

3.36

prescriptive regulation

regulation in which the means and approach for compliance are completely or mostly specified

Note 1 to entry: Prescriptive regulation is less flexible than performance based regulation because it focuses on component hazards rather than on the overall outcome to be achieved.

Note 2 to entry: Many fire tests were originally developed to provide input for prescriptive regulation. They are often based on simple pass/fail criteria and are usually unable to provide data suitable for input to fire safety engineering.

3.37

qualitative fire test

fire test which is either:

- a) a pass/fail test; or
- b) a test which categorizes the behaviour of the test specimen by determining its position in a rank order of performance

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, definition 3.2.22]

3.38

quantitative fire test

fire test which takes into account the circumstances of product use in which the test conditions are based on, or are relatable to, the circumstances of use of the test specimen, and which measures a parameter or parameters, expressed in well defined terms and using rational scientific units, which can be used in the quantitative assessment of fire risk

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, definition 3.2.23]

3.39

reaction to fire

response of a test specimen when it is exposed to a fire under specified conditions in a fire test

Note 1 to entry: Fire resistance is regarded as a special case and is not normally considered as a reaction to fire property.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.272]

3.40

required safe escape time

RSET

time required for escape

calculated time interval required for an individual occupant to travel from their location at the time of ignition to a safe refuge or place of safety

cf. **available safe escape time** (3.3).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.277]

3.41

smoke

visible part of fire effluent

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.293]

3.42**specific heat capacity**

heat capacity per unit mass

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.302]

3.43**thermal conductivity**

parameter related to the rate at which heat flows through a material

Note 1 to entry: The thermal conductivity, k , is equal to $(Q \cdot d) / (A \cdot t \cdot \theta)$, where Q is the amount of heat that flows in time, t , through a material of thickness, d , and cross-sectional area, A , and which has a temperature difference, θ , across it, and where no heat is exchanged with the surroundings.

Note 2 to entry: The typical units are watts per metre per kelvin ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.322]

3.44**thermal inertia**

product of thermal conductivity, density and specific heat capacity

EXAMPLES (1) The thermal inertia of steel is $2,3 \times 10^8 \text{ J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$. (2) The thermal inertia of polystyrene foam is $1,4 \times 10^3 \text{ J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$.

Note 1 to entry: When a material is exposed to a heat flux, the rate of increase of surface temperature depends strongly on the value of the thermal inertia of the material. The surface temperature of a material with a low thermal inertia rises relatively quickly when it is heated, and vice versa.

Note 2 to entry: The typical units are joules squared per second per metre to the fourth power per kelvin squared ($\text{J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.326]

3.45**transverse flexural strength**

maximum stress experienced by a material at its moment of rupture when measured using a three-point test technique

3.46**ultimate tensile strength**

maximum tensile stress experienced by a material during a uniaxial tensile test

4 The fire safety engineering process**4.1 General**

Fire safety engineering was developed and is continuing to develop to enable the design, implementation and maintenance of objects and structures in the built environment, using scientific principles, so that defined fire safety engineering objectives can be met. In order to do this, quantitative fire tests are used to provide input data for the necessary calculations.

When applied to a major project in the built environment, the fire engineering process is both complex and comprehensive. A flow chart illustrating such a fire safety engineering process is shown in Figure 1.

The process will probably encompass many different issues, for example; architectural design, structural design, ventilation, plumbing and electrical infrastructure. The fire safety of electrotechnical products is therefore only one aspect of a much larger process.

Fire safety engineering should be used when safety objectives cannot adequately be met by prescriptive requirements, and can also be used in parallel with prescriptive requirements e.g. to support, from a scientific point of view, that such requirements are valid, or to further improve the fire safety of the product.

4.2 Fire safety engineering calculations

These calculations can range from the solution of simple equations to very complex computer models. For example, they could be used to calculate pipe sizes for sprinkler systems, or they could be used to calculate the structural response of a load bearing building element, such as a beam or a column, from a knowledge of the material properties at elevated temperatures, the predicted temperatures reached in the fire, and the applied loads.

At another level, requiring the use of integrated computer programmes, these calculations can be applied to the evaluation of the life safety consequences of a specified fire, which would involve definition of the context, the product designs, the structures, the scenarios, and then calculation of the resulting hazards.

An electrotechnical example would be to assess the risks associated with cable fires in the built environment using quantified data of fire growth, flame spread, smoke and toxic gas generation of electric cables as well as the prediction of people movement.

NOTE A study at Lund University [14] simulated the escape phase in an occupied furnished building considering two different cable installations but with various fire scenarios and means of evacuation. Cables with widely differing material properties were chosen, not necessarily representing actually installed cables. The study aimed at illustrating the power of modelling tools (simulation and FSE approach) rather than a practical selection study.

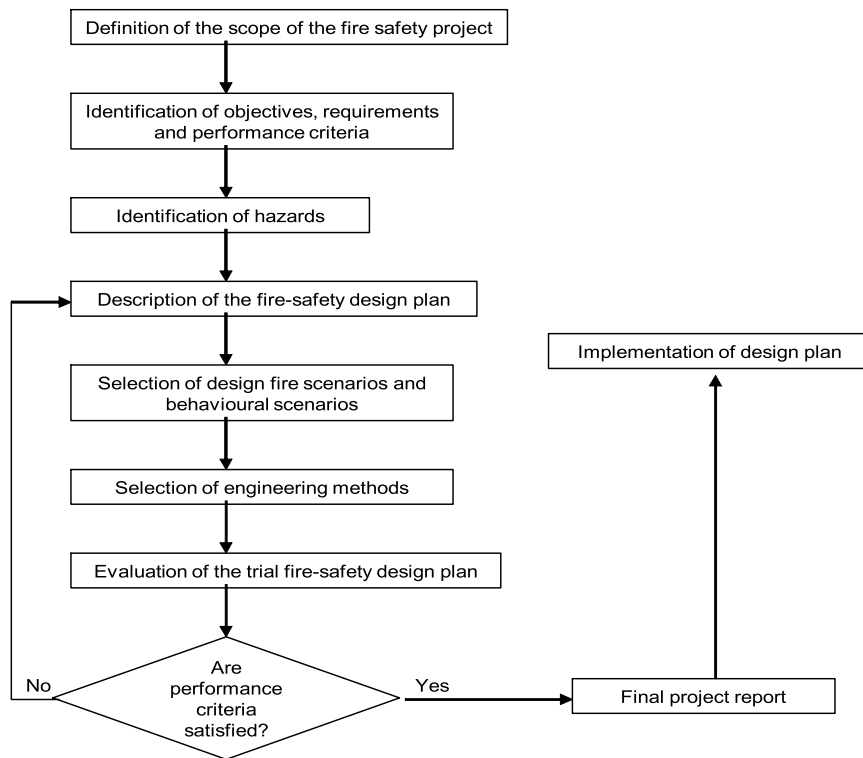
At a more strategic level, fire safety engineering can be applied by using a package of tests and measures to a variety of different fire scenarios. Computer fire models have been developed with four-dimensional animations (time and space) simulating multiple fire dynamics over a range of fire scenarios, and structure responses. (see, for example [15]).

4.3 Validity of methods

The fire safety engineering process should be based on sound fire science and engineering practice incorporating widely accepted methods, empirical data, calculations, correlation, and computer models as contained in engineering textbooks and technical literature. There are numerous technical resources that may be of use in a particular fire safety design. Therefore, it is very important that fire safety engineers and other members of the design team determine the acceptability of the sources and methodologies used for the particular applications in which they are used.

When determining the validity of a resource, it is helpful to know the process through which the resource was developed, reviewed, and validated. For example, many codes and standards are developed under an open consensus process conducted by recognised professional societies, code-making organisations, or governmental bodies. Other technical references are subject to a peer review process, such as many of the technical and engineering journals available. Also, engineering handbooks and textbooks provide widely recognised and technically valid information and calculation methods.

Some useful references are listed in the Bibliography – references [14] to [24].



IEC

(Adapted from Figure 1 in ISO 23932:2009)

Figure 1 – Flowchart illustrating an example of the fire safety engineering process as applied to a major project in the built environment

5 Benefits of fire safety engineering

The benefits of fire safety engineering include the following; it may:

- provide design decisions based on quantitative and scientifically based principles, in order to make safer products;
- form an important element of the performance based design of major projects such as airport terminals, train stations, transportation vehicles, stadiums, convention centres, tall buildings, bridges, power generation plants, and large atrium structures, which are of such magnitude and complexity that they cannot be optimally designed using only the currently available prescriptive tests and technical guidance;
- discipline the designer to follow a structured approach to fire safety design;
- determine how structures, buildings, occupancies and enclosures allow a comparison of safety levels for a variety of designs;
- enable drafters of regulations and codes to improve the consistency of information, and justify the removal of outdated measures;
- enable rules to be made for construction modifications which will provide an equivalent level of protection;
- allow changes to be made in the balance of active fire protection and passive fire protection while maintaining an equivalent level of safety;
- provide data to support design decisions that are based on prescriptive regulations/codes;
- facilitate more cost-effective design of complex structures while maintaining safety levels;
- enable insurance underwriting to be rationalised;

- k) identify topics for further fire research which have a major bearing on life safety, and property or business loss;
- l) remove obstacles to innovation for electrotechnical products, construction products; building designs; transportation systems, building uses; and building contents;
- m) enable professionals to acquire and maintain leading-edge expertise in fire-safe design;
- n) assist in the development of new fire tests and new methods of obtaining fire data;
- o) assist the management of change from prescriptive requirements and regulations to performance-based requirements and regulations; and
- p) assist the management of fire safety for structures, buildings, occupancies and enclosures during their whole life cycle, including the construction phase, taking account of future changes in intended function and use.

At a more detailed level, there are many benefits of fire safety engineering. It can for example reduce the number of fires and improve the efficacy of evacuation if good fire safety management and training is implemented. Again, active and passive fire protection measures can be identified which have the greatest impact on life safety, fire loss reduction and function continuity, and these benefits can be attained together with cost/benefit assessments.

6 Objectives, requirements and performance

6.1 Fire safety engineering objectives

6.1.1 General

It is necessary to define the objectives that are specific to fire safety in terms understandable to all interested/affected parties.

Objectives typically address one or more of the subjects detailed in 6.1.2 to 6.1.6.

6.1.2 Safety of life

Life safety objectives are typically stated in terms of requirements to reduce or avoid a certain level of harm for people or animals that might be affected. In the case of evacuation of people from a fire, life safety is generally estimated by the calculation of the “available safe escape time, ASET” (3.3) and the “required safe escape time, RSET” (3.40). The ASET should be greater than the RSET plus a safety margin.

Objectives are typically stated in terms of design requirements and on requirements on equipment or other products to reduce and/or delay the likelihood of fire occurrence and to reduce and/or delay the effects of a fire if it does occur

6.1.3 Conservation of property

Property conservation objectives typically seek to reduce or avoid both damage to the built environment and damage to contents.

6.1.4 Continuity of operations

Objectives that concern the continuity of operations typically seek to reduce the length of time that operations are interrupted but can also be stated in terms of:

- a) the functional continuity required for the safety of a specific process; and
- b) the economic cost of such interruptions, including market share and lost employment opportunities.

6.1.5 Protection of the natural environment

Objectives that concern the protection of the natural environment typically seek to reduce or avoid the immediate and long-term effects of a fire on the quality of the natural environment. Fires that directly cause serious long-term effects on the natural environment are rare, but examples are an oil tanker or offshore fire that causes extensive ocean pollution, or a fire at an electrical transformer sub-station, which may involve a large amount of fire effluent outflow, both gaseous and liquid, from large power transformers and their insulation liquid. More common are the effects of polluted water run-off from fire fighting operations.

6.1.6 Preservation of heritage

Heritage protection objectives typically seek to avoid the loss or alteration of objects for which the value at stake is not primarily economic. These irreplaceable objects are generally both old and unique, having cultural or other symbolic significance.

6.2 Functional requirements

Each fire safety engineering objective should be associated with one or more functional requirements that are necessary in order to satisfy that objective.

Some examples are:

- a defined resistance to flame spread beyond the compartment of origin;
- a defined control of smoke generation and the movement of smoke by ventilation systems;
- a defined available safe escape time (ASET);
- no loss of electrical power before evacuation of occupants is complete by the specification of fire resistance times for critical electrical circuits;
- maintenance of public safety communication services until evacuation of occupants is complete.

6.3 Performance criteria

6.3.1 General

Performance criteria are quantitative engineering measurements that can be stated either explicitly or implicitly. They should address both reliability and effectiveness.

6.3.2 Explicit performance criteria

Examples of explicit performance criteria include such measurements as visibility, or exposure dose of an asphyxiant toxic fire effluent gas, after exposure to a defined fire for a defined period of time. Another example would be whether an item of electrotechnical equipment continues to function as designed after exposure to a defined fire for a defined period of time.

Quantitative fire tests are used to provide explicit performance criteria. Quantitative fire tests should have the following characteristics:

- a) The test should take into account the circumstances of product use, i.e. contemplated end-use conditions as well as foreseeable abnormal use. This is because fire conditions that may be hazardous under one set of circumstances will not necessarily pose the same threat under a different set.
- b) It should be possible to correlate the test results with the harmful effects of fire effluents referred to above, i.e. the thermal and airborne threats to people and/or property in the relevant end-use situation. This avoids the creation of artificial, and sometimes distorted, performance scales with no clear relationship to fire safety.

- c) Recognizing that there are usually multiple contributions to the effects of real fires, the test results should be expressed in well defined terms and using rational scientific units, so that the product's contribution to the overall fire effects can be quantitatively assessed and compared with that of other products' contributions.

Guidance on the appropriate use of qualitative and quantitative fire tests is given in IEC 60695-1-10.

6.3.3 Implicit performance criteria

Implicit performance criteria are based on prescriptive requirements and rely on statistics of known performance or calculated predictions extrapolated from known performance.

7 Design fire scenarios and design fires

7.1 Design fire scenarios

Design fire scenarios are formulated to determine if the requirements can be met. Such scenarios typically involve the identification of hazards, a description of events initiating a fire that involves the hazards, the effectiveness of protection measures to prevent, control or limit the effects of the fire, and physical consequences of the fire.

A list of examples of design fire scenarios is given in ISO/TR 17252 (see Table 1), and further details of design fire scenarios are given in ISO/TS 16733 and ISO/TR 13387-2.

Table 1 – Examples of design fire scenarios

(based on ISO/TR 17252:2008)

Design fire scenario
Room fire (corner, ceiling, wall, floor)
Fires in stairwells
Single burning item fire (furniture, waste paper basket, fittings)
Developing fire
Cable fire within a cable management system
Roof fires (underside)
Cavity fire (wall, façade, plenum)
Fire in underground transportation system
Arson (internal and external)
Fire in neighbouring building
Fire in external fuel packages
Fire on roof
Fire on façade
Subterranean fires
Forest fires or wild fires
Fire in tunnels

In the particular case of electrical cable fires, the FIPEC research programme [24] used fire safety engineering principles to evaluate a wide range of cables. A review of European practices was conducted and it identified the major scenarios for study to be power plants, vehicles (trains, ships and aircraft), tunnels, and occupancies. A number of design fire scenarios were then identified to represent major installation scenarios. These were divided

into horizontal and vertical configurations and further sub-divided according to whether or not there would be thermal feed-back from an adjacent surface (wall, floor or ceiling).

7.2 Design fires

Following identification of the design fire scenario, it is necessary to describe the nature of the fire on which calculations will be based. These assumed fire characteristics are referred to as the “design fire”.

The design fire can be extremely simple such as a defined power, e.g. 3 kW, for a defined time, e.g. 5 min, but it is likely to be more complex. Fire growth is often assumed to be of a “t-squared” form (i.e. the heat release rate is proportional to the square of the elapsed time), and it may be necessary to model the effects of other fire stages such as the fully developed fire stage and the fire decay stage.

Details of design fires are given in ISO/TS 16733 and ISO/TR 13387-2.

8 Data for fire safety engineering

The fire scenario should be described as accurately as possible. This description will contain all the information required about the volume where the fire is supposed to take place, combustibles (fuels) present, detection and suppression present, as well as the actions expected in the case of a fire.

Having obtained the data required to perform the necessary calculations, they should be reviewed to check that the level of precision, bias and confidence of the calculations, and consequently of the fire safety engineering study, will meet the end objectives.

Some of these data directly concern the science of fire in terms of:

- heats of combustion of all potential fuels;
- reaction-to-fire properties;
- fire resistance properties;
- interactions of fire-affected products with fire detection systems, fire suppression systems, and ventilation systems;
- fire effluent generation, transport, deposition, and dispersion;
- impact on safety equipment; structures; people; including first responders, fire-fighters and on the environment.

Some physico-chemical parameters that are relevant to fire safety engineering can be measured under non-fire conditions according to standard IEC and ISO procedures. Some important parameters are listed below:

- Density
- Heat capacity
- Specific heat capacity
- Thermal conductivity
- Absorptivity and emissivity
- Heat of gasification
- Thermal inertia
- Modulus of elasticity
- Transverse flexural strength

- Compressive strength
- Ultimate tensile strength

NOTE Some parameters are temperature dependent; consequently, the variation of the parameter with temperature will often need to be known.

Data concerning human behaviour are discussed in ISO/TR 16738 and ISO/TR 13387-8.

9 Tests on electrotechnical products

9.1 General

Any physical or chemical tests on electrotechnical products, to be used in fire safety engineering, should provide data appropriate to enable 'in-use' electrotechnical product performance to be assessed through utilization of predictive methods.

It follows that:

- electrotechnical product performance in a fire test (or tests) must be provided in quantitative terms for known, controlled and varied exposure conditions over continuous intervals of time;
- exposure conditions must be provided in quantitative form and must be representative of the fire scenario, and actual installation and use practices;
- primary thermal, chemical and physical processes in the test must be sufficiently well understood and prescribed that they can be validated and modelled theoretically; and
- performance in the particular conditions of the test must then be translatable by predictive methods to design environments representative of 'in-use' behaviour.

9.2 Conditions for evaluation in fire tests

Exposure conditions should be determined by reference to design fire scenarios and design fires. A key fire safety engineering concept is that it should be possible for all products to be evaluated in a consistent way against the same design fire conditions and scenarios – albeit at different times during the evolution of the design fire. In contrast to single point pass/fail criteria often used in prescriptive codes, the evaluation for fire safety engineering should ideally involve continuous or multi-point response-to-fire data collection on the electrotechnical product over the entire time duration of the design fire.

9.3 Electrotechnical product evaluations

9.3.1 As the source of ignition of a fire

With respect to ignition of the relevant product, data input to fire safety engineering calculations will be in the form of probabilities of ignition based on the statistical analysis of historical data, together with data concerning the nature of subsequent initial fire growth. At present no quantitative fire growth data have been obtained from fire scenarios that concern an electrotechnical product as the source of ignition. The IEC encourages product committees to collate and make available such data.

There is a national standard [38] that contains an assessment of the probability of a fire caused by an electrotechnical product. Further details are given in Annex A.

Ignition of an electrotechnical product can be caused by an electrically energised component part, and the conditions which can cause ignition are of four types: an abnormal temperature rise, a short-circuit, accidental arcs or sparks, or a high transient peak current. Table 2 lists possible origins of such phenomena and also lists the possible consequential effects.

Subsequent fire safety engineering calculations can be concerned with the fire growth from an electrotechnical material or product as a component within a larger product, and also fire growth from an electrotechnical product into the surrounding environment, e.g. a household or office appliance such as a computer, television set or washing machine, which is used in an area of occupation or habitation.

9.3.2 As the victim of a fire

When an electrotechnical product is considered as the victim of an existing fire, the fire safety engineering process is the same as for any material or product. However, the impact of an external fire may cause an electrical fault that would cause additional energy to be input to the growing fire, and this possibility will need to be taken into account.

The evaluation may involve electrotechnical products considered as components of a building, a transportation vehicle or system, a computer network, or other larger structure within the built environment. As an example, this could involve electrical power or communication cabling in cable trays, or in concealed spaces in service voids, or in telecommunication closets, data centres, transformer enclosures, or in power cable fuse panels.

9.4 Test selection and/or development

Many current ISO and IEC fire tests were originally developed to provide input for prescriptive codes and standards and are qualitative fire tests. Some may be adaptable to provide data to input to fire safety engineering. The future work of both ISO and IEC will be to continually adapt existing tests, or develop new tests, to meet the data input needs for fire safety engineering and performance based codes that focus largely on assessments of fire growth, fire resistance and time to escape, rather than on predetermined single-point pass/fail criteria. Input data-sets for fire safety engineering are commonly continuous or multi-point, and time-dependent and are directly relatable to the selected design fire scenarios.

Various quantitative fire tests have been developed by ISO.

NOTE 1 Examples of such tests are: ISO 5658 [25], ISO 5660 [26], ISO 9239 [27], ISO 9705 [28], ISO 12136 [29], ISO 12949 [30], ISO 14696 [31], ISO/TS 17431 [32] and ISO 24473 [33].

Scenario based quantitative fire performance tests have also been developed.

NOTE 2 Examples of such tests are ISO 13784 [34], ISO 13785 [35], ISO 20632 [36] and ISO 22269 [37].

NOTE 3 Fourteen ISO reaction-to-fire tests are evaluated in ISO 17252 in terms of their applicability to fire modelling and fire safety engineering.

Table 2 – Common ignition phenomena encountered in electrotechnical products

(based on IEC 60695-1-10:2009)

Phenomenon ^a	Origin	Consequential effects
Abnormal temperature rises NOTE 1 Some products dissipate heat in normal operation.	Overcurrent in a conductor Defective contacts Leakage currents (insulation loss and heating) Failure of a component, an internal part or an associated system (for example, ventilation) Mechanical distortions which modify electrical contacts or the insulation system Seizure of a motor shaft (locked rotor) Premature thermal ageing	At start, protection devices ^b are not activated (except in special protection cases). They may be activated after a variable length of time The temperature rises are gradual and at times very slow. Therefore a significant accumulation of heat and effluent in the vicinity of the product may result, sufficient to support fire as soon as ignition starts Accumulation and diffusion of flammable gases in air may give rise to an ignition or explosion, especially inside hermetically sealed products A locked motor shaft (locked rotor) can cause smouldering or flaming due to excessive heating of the windings of the motor
Short-circuit	Direct contact of conducting live parts at different potentials (loosening of terminals, disengaged conductors, ingress of conducting foreign bodies, etc.) Gradual degradation of some components causing changes in their insulation impedances After sudden failure of component or internal part	The protection devices ^b are activated The rise in temperature is significant after a very short time and is quite localized Possible emission of light, smoke, flammable gases Release of glowing materials or substances
Accidental sparks and arcs NOTE 2 Some products produce arcs and sparks in normal operation.	Cause external to the product (overvoltage of the system network, accidental mechanical action exposing live parts or bringing them together, etc.) Internal cause (on-off switching with gradual degradation of some components and ingress of moisture) After sudden failure of a component or an internal part	The protection devices ^b may not always be activated Possible emission of visible light, flammable gases and flames Substantial risk of ignition in potentially explosive atmospheres Ignition may occur locally in surrounding components or gases
High transient peak current	Defect in the electrical circuit	The protection devices ^b may not always be activated
^a Mechanical distortions and structural changes induced by any one of the four phenomena may result in the occurrence one or more of the other three.		
^b The protection devices may include thermal, mechanical, electrical or electronic types.		

Annex A (informative)

A probabilistic fire risk assessment

A.1 The assessment of a fire risk in accordance with the Russian national standard GOST 12.1.004-91 [38]

A.1.1 Introduction

The assessment of a fire risk in accordance with GOST 12.1.004-91 reflects a comprehensive approach, including probabilistic methods, based on stochastic physicochemical phenomena contributing to an ignition, as well as deterministic methods based on direct measurement, and involving the comparison of results obtained from standard test methods.

An admissible probability of fire (Q_f) has been specified in GOST 12.1.004-91 and amounts to 10^{-6} per unit per year. In the case that Q_f is greater than 10^{-6} , a decision is made on whether to modify the electrotechnical product or change its manner of installation.

Methods of assessing an electrical fire risk cited in GOST 12.1.004-91 have undergone a long-term, twenty-year evaluation and to date have been approved officially for use in thirteen national standards of the Russian Federation and in more than twenty specifications for various electrotechnical products including electrical heaters, lamps and electrical bells.

The following formula is used:

$$Q_f = Q_{fc} \times Q_{fv} \times Q_{pf} \times Q_{ign} \quad (\text{A.1})$$

where

Q_{fc} is the probability (per product and per year) of occurrence of an electrotechnical fault in the product component (calculated from statistics based on historical data)

Q_{fv} is the probability that the characteristic electrotechnical fault parameter (e.g. short circuit, current overload, or transient resistance) lies in the range of fire hazardous values,

Q_{pf} is the probability that protection (e.g. electrical protection, or protection to prevent overheating) fails, and

Q_{ign} is the probability that the combustible material becomes a fire hazard either by the attainment of a critical condition or by ignition (based on test performance data).

If there are k distinct abnormal fire modes that are characteristic for the function of the electrotechnical product, then:

$$Q_f = 1 - \prod_{i=1}^k [1 - (Q_{fc} \cdot Q_{fv} \cdot Q_{pf} \cdot Q_{ign})]_i \quad (\text{A.2})$$

NOTE IEC product committees, fire brigades and technical committee members are encouraged to develop/supply data for the implementation of the statistical calculation related to the formulae in A.1.1.

A.1.2 Probability Q_{fc}

The probability, Q_{fc} , is obtained from the statistical analysis of historical data from manufacturers' testing laboratories and maintenance services. It can be determined in terms of the fraction of an overall failure rate of the product by multiplying this failure rate by an appropriate coefficient that allows for the proportion of fire hazardous failures.

A.1.3 Probability Q_{fv}

The probability, Q_{fv} , is found as follows. Characteristic fire hazardous conditions of the product are determined by an appropriate electrotechnical parameter. For example, a short circuit can cause a fire hazardous condition, while a short circuit current provides a characteristic electrotechnical parameter. The fire hazardous situation is possible only within a definite range of short circuit currents.

Fire hazardous ranges of a given parameter are determined in the course of experimental research connected with estimating Q_{fv} . In doing so, maximum and minimum fire hazardous values for a characteristic electrotechnical parameter are defined.

For the general case:

$$Q_{fv} = N_f / N_p = [X_{haz(max)} - X_{haz(min)}] / [X_{op(max)} - X_{op(min)}] \quad (A.3)$$

where:

N_f	is the range of hazardous values of the chosen characteristic electrotechnical parameter (e.g. electrical current or transient resistance),
N_p	is the range of operating values,
$X_{haz(max)}$ and $X_{haz(min)}$	are the maximum and minimum hazardous values of the chosen characteristic electrotechnical parameter, and
$X_{op(max)}$ and $X_{op(min)}$	are the maximum and minimum operating values,

A.1.4 Probability Q_{pf}

The probability of an electrical protection failure, Q_{pf} , is estimated based on its reliability data. If there is no protection to prevent failure, Q_{pf} is equal to one.

A.1.5 Probability Q_{ign}

A.1.5.1 General

Q_{ign} is the probability that the combustible material becomes a fire hazard, either by the attainment of a critical condition or by ignition (based on test performance data).

Depending upon the type of electrotechnical product, the critical condition may be defined in different ways, e.g. the production of a defined amount of smoke or the attainment of a critical temperature.

A.1.5.2 Q_{ign} calculated from a discrete failure criterion

When a discrete index (e.g. ignition or level of smoke emission) is used as a fire hazardous criterion, laboratory experiments are carried out in order to determine Q_{ign} .

Q_{ign} is the probability that the discrete failure criterion will be attained under the equality conditions:

$$Q_{fc} = Q_{pf} = Q_{fv} = 1 \quad (A.4)$$

and is calculated using the following formula:

$$Q_{ign} = m / n \quad (A.5)$$

where:

m = the number of test that resulted in failure, and

n = the total number of tests.

A.1.5.3 Q_{ign} calculated in terms of a continuous function

In cases where the probability of failure is measured in terms of a continuous function (e.g. temperature) instead of a pass/fail criterion, a probability distribution is assumed, and:

$$Q_{\text{ign}} = \varphi(h) \quad (\text{A.6})$$

where:

$\varphi(h)$ = the probability, and

h = the argument of the chosen probability density function.

For example, in the case of a temperature criterion

$$h = \frac{T_c - T_m}{\sigma / \sqrt{N}} \quad (\text{A.7})$$

where

T_m = the arithmetic mean of the T_i values, i.e.

$$T_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i \quad (\text{A.8})$$

T_i = the highest measured temperature of the product in test i ,

T_c = the critical temperature of the tested flammable material,

N = the total number of tests, and

σ = the standard deviation of the experimental data;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - T_m)^2}{N - 1}} \quad (\text{A.9})$$

NOTE In a study of structural insulation materials, the critical temperature, T_c , was taken as 80 % of the thermodynamic value of the ignition temperature.

A.2 Example

A.2.1 General

The following example is an assessment of the probability of a fire in capacitive electrical control gear (CECG) for fluorescent lamps (40 W and 220 V) in accordance with the Russian national standard, GOST 12.1.004-91.

The probability that a fault will occur in a CECG and that a hazardous electrotechnical failure will result is given by the product of Q_{fc} and Q_{fv} .

It is assumed that there are no protective systems in use and therefore $Q_{pf} = 1$.

We therefore have: $Q_f = Q_{fc} \times Q_{fv} \times Q_{ign}$

In this example Q_{ign} is calculated as the probability of attaining or exceeding a critical temperature, T_c .

Q_{ign} is the probability that the CECG surface attains or exceeds the fire hazardous temperature in the most heated area (the fire hazardous temperature is equal to the ignition point (auto-ignition temperature) of the insulating material in the CECG. It is obtained by comparison of a measured average failure temperature with an average measured 'hot spot' temperature.

A.2.2 Test data

Three distinct abnormal operating modes, each of which could be a fire hazard, were identified. These were:

- 1) Long start-up mode
- 2) Short capacitor mode
- 3) Long start-up mode with a short capacitor

Table A.1 shows temperature data from ten tests involving one of the abnormal operating modes, the long start-up mode.

Table A.1 – Long start-up mode: enclosure (shell) temperatures in the most heated up-point

Test number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T / K	372	380	378	375	378	372	375	376	374	370

A.2.3 Calculation

The arithmetic mean of these temperatures, $T_m = 375 \text{ K}$ ($\theta_m = 102 \text{ °C}$) with a standard deviation, $\sigma = 3,13 \text{ K}$.

NOTE T is used to denote thermodynamic temperatures, θ is used to denote Celsius temperatures.

In order to calculate Q_{ign} it is first necessary to determine a critical hazard temperature, T_c , and then to determine the probability that this temperature would occur or be exceeded

T_c is obtained as follows:

$$T_c = \frac{\sum_{i=1}^{10} \{ (T_s)_i + (T_f)_i \}}{20}$$

where

T_s = the temperature at which smoke is first produced, and

T_f = the temperature at which the CECG fails

and in this example T_c was found to be $442,1 \text{ K}$ ($\theta_c = 169,0 \text{ °C}$)

Assuming a Student t probability distribution, the parameter h is calculated as follows:

$$h = \frac{T_c - T_m}{\sigma / \sqrt{10}} = (442,1 - 375) / (3,13 / 3,162) = 67,8$$

There are 9 degrees of freedom, $(n-1)$, and the Student t probability distribution gives an effective value of zero ($8,34 \times 10^{-14}$) for $\varphi(h)$ when h is 67,8.

Therefore in this case $Q_{\text{ign}} = 0$ and hence $Q_f = 0$

Test data are presented in Table A.2 for the other two abnormal operating modes, and in a similar way h values and hence Q_{ign} values can be calculated.

Table A.2 – The enclosure temperature at the most heated point when working under abnormal conditions

Parameter	Short capacitor mode	Long start-up mode with a short capacitor
T_m / K	380	430
σ / K	5,16	7,38

Failure data for all three modes of abnormal operation are summarised in Table A.3.

Table A.3 – Failure data for abnormal operation

Parameter	Long start-up mode	Short capacitor mode	Long start-up mode with a short capacitor
$Q_{\text{fc}} \times Q_{\text{fv}}^a$	0,06	0,1	0,006
h	67,8	38,1	5,18
$Q_{\text{ign}} = \varphi(h)$	$8,34 \times 10^{-14}$ i.e. effectively zero	$1,47 \times 10^{-11}$ i.e. effectively zero	0,000290
^a Data based on statistical analysis of historical data from manufacturers' laboratories.			

The probability of fire in the CECG device is therefore calculated as follows:

$$\begin{aligned}
 Q_f &= 1 - [(1 - (0,06 \times 0)) \times (1 - (0,1 \times 0)) \times (1 - (0,006 \times 0,000290))] \\
 &= 1 - [1 \times 1 \times 0,99999826] \\
 &= 1,74 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

This value is greater than 10^{-6} and therefore the probability of fire is regarded as not admissible. A modification of the device would therefore be recommended; for example, the incorporation of a protection system.

Bibliography

- [1] ISO/TR 13387-1, *Fire safety engineering – Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives*
- [2] ISO/TR 13387-3, *Fire safety engineering – Part 3: Assessment and verification of mathematical fire models*
- [3] ISO/TR 13387-4, *Fire safety engineering – Part 4: Initiation and development of fire and generation of fire effluents*
- [4] ISO/TR 13387-5, *Fire safety engineering – Part 5: Movement of fire effluents*
- [5] ISO/TR 13387-6, *Fire safety engineering – Part 6: Structural response and fire spread beyond the enclosure of origin*
- [6] ISO/TR 13387-7, *Fire safety engineering – Part 7: Detection, activation and suppression*
- [7] ISO 16730, *Fire safety engineering – Assessment, verification and validation of calculation methods*
- [8] ISO 16732, *Fire safety engineering – Fire risk assessment*
- [9] ISO 16734, *Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – Fire plumes*
- [10] ISO 16735, *Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – Smoke layers*
- [11] ISO 16736, *Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – Ceiling jet flows*
- [12] ISO 16737, *Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – vent flows*
- [13] ISO 6707-1, *Building and civil engineering – Vocabulary – Part 1: General terms*
- [14] *Simulation of critical evacuation conditions for a fire scenario involving cables and comparison of two different cables*, Patrick van Hees, Daniel Nilsson and Emil Berggren, Department of Fire Safety Engineering and System Safety Lund University, Sweden, Report 3147, Lund 2010
- [15] *Assessment of the impact of computed and measured fire environments on building evacuation using bench and real scale test data*, Robinson J E, Hull T R, Stec A A, Galea E R, Mahalingam A, Jia F, Patel M K, Persson H & Journeaux T, Interflam Conf. Proc., London 2007
- [16] *The SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings*, 2nd Edition, Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Boston, MA, 2007
- [17] *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 4th Edition, P. J. DiNenno, ed., The Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Boston, MA, 2008

- [18] *Fire Protection Handbook*, 20th Edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA 2008
- [19] *Introduction to Performance-Based Fire Safety*, Custer, R.L.P. and Meacham, B.J., Society of Fire Protection Engineers, USA, 1997
- [20] *NFPA 550: Guide to the Fire Safety Concepts Tree*, National Fire Protection Association, 2007
- [21] *An Introduction to Fire Dynamics*, 2nd Edition, Drysdale, D., 1998
- [22] *The Ignition Handbook: Principles and Applications to Fire Safety Engineering, Fire Investigation, Risk Management and Forensic Science*, Babrauskas, V., Fire Science Publishers, Issaquah WA, 2003
- [23] *Fire behaviour of plastic parts in electrical appliances – standards versus required fire safety objectives*, Babrauskas, V. and Simonson, M., *Fire & Materials*, 31, 83-96, 2007.
- [24] *Fire Performance of Electric Cables – new test methods and measurement techniques – FIPEC, Final Report on the European Commission SMT Programme Sponsored Research Project SMT4-CT96-2059*, S. J. Grayson et al., Interscience Communications Ltd., 2000
- [25] ISO 5658-1, -2 and -4, *Reaction to fire tests – Spread of flame*
- [26] ISO 5660-1, -2 and -3, *Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate*
- [27] ISO 9239-1 and -2, *Reaction to fire tests for floorings*
- [28] ISO 9705, *Fire tests – Full-scale room test for surface products*
- [29] ISO 12136, *Reaction to fire tests – Measurement of material properties using a fire propagation apparatus*
- [30] ISO 12949, *Standard test method for measuring the heat release rate of low flammability mattresses and mattress sets*
- [31] ISO 14696, *Reaction-to-fire tests – Determination of fire and thermal parameters of materials, products and assemblies using an intermediate-scale calorimeter (ICAL)*
- [32] ISO/TS 17431, *Fire tests – Reduced-scale model box test*
- [33] ISO 24473, *Fire tests – Open calorimetry – Measurement of the rate of production of heat and combustion products for fires of up to 40 MW*
- [34] ISO 13784-1 and -2, *Reaction-to-fire tests for sandwich panel building systems*
- [35] ISO 13785-1 and -2, *Reaction-to-fire tests for façades*
- [36] ISO 20632, *Reaction-to-fire tests – Small room test for pipe insulation products or systems*
- [37] ISO 22269, *Reaction to fire tests – Fire growth – Full-scale test for stairs and stair coverings*

- [38] GOST 12.1.004-91, *Occupational safety standards system – Fire safety – General requirements*, Euro-Asian Council for Standardization, Metrology and Certification (EASC), 1992
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	34
INTRODUCTION.....	36
1 Domaine d'application	38
2 Références normatives	38
3 Termes et Définitions.....	39
4 Le processus d'ingénierie de la sécurité incendie	46
4.1 Généralités	46
4.2 Calculs d'ingénierie de la sécurité incendie.....	46
4.3 Validité des méthodes.....	47
5 Bénéfices de l'ingénierie de la sécurité incendie.....	48
6 Objectifs, exigences et performances	49
6.1 Objectifs de l'ingénierie de la sécurité incendie.....	49
6.1.1 Généralités.....	49
6.1.2 Sécurité des personnes	49
6.1.3 Protection des biens	49
6.1.4 Continuité des opérations	49
6.1.5 Protection de l'environnement naturel.....	50
6.1.6 Préservation du patrimoine	50
6.2 Exigences fonctionnelles.....	50
6.3 Critères de performances.....	50
6.3.1 Généralités.....	50
6.3.2 Critères de performances explicites	50
6.3.3 Critères de performances implicites	51
7 Scénarios d'incendie de dimensionnement et feux de dimensionnement.....	51
7.1 Scénarios d'incendie de dimensionnement.....	51
7.2 Feux de dimensionnement	52
8 Données pour l'ingénierie de la sécurité incendie	52
9 Essais sur les produits électrotechniques	53
9.1 Généralités	53
9.2 Conditions d'évaluation dans les essais au feu	53
9.3 Evaluations des produits électrotechniques.....	54
9.3.1 En tant que source d'allumage d'un incendie	54
9.3.2 En tant que victime d'un incendie	54
9.4 Sélection et/ou développement des essais.....	54
Annexe A (informative) Une évaluation probabiliste d'un risque d'incendie.....	57
A.1 Evaluation d'un risque d'incendie selon la norme nationale russe GOST 12.1.004-91 [38].....	57
A.1.1 Introduction	57
A.1.2 Probabilité Q_{fc}	58
A.1.3 Probabilité Q_{fv}	58
A.1.4 Probabilité Q_{pf}	58
A.1.5 Probabilité Q_{ign}	58
A.2 Exemple	60
A.2.1 Généralités.....	60
A.2.2 Données d'essai	60

A.2.3	Calculs	60
	Bibliographie.....	63
	Figure 1 – Diagramme illustrant un exemple de processus d'ingénierie de la sécurité incendie appliqué à un projet important dans l'environnement bâti.....	48
	Tableau 1 – Exemples de scénarios d'incendie de dimensionnement.....	51
	Tableau 2 – Phénomènes d'allumage courants dans les produits électrotechniques	56
	Tableau A.1 – Mode de démarrage long: températures de l'enceinte (coque) au niveau du point le plus chaud.....	60
	Tableau A.2 – Température de l'enceinte au point le plus chaud pour un fonctionnement en conditions anormales	61
	Tableau A.3 – Données de défaillance pour fonctionnement anormal.....	62

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 1-12: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Ingénierie de la sécurité incendie

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 60695-1-12 Ed 1.0 a été établie par le comité d'études 89 de l'IEC: Essais relatifs aux risques du feu.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide IEC 104 et au Guide ISO/IEC 51.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
89/1237A/FDIS	89/1242/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/IEC, Partie 2.

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

L'IEC 60695-1 est constituée des 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 1-30: 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.

Cette norme doit être utilisée conjointement avec l'IEC 60695-1-10 et l'IEC 60695-1-11.

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 l'IEC 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

Ingénierie de la sécurité incendie

L'ingénierie de la sécurité incendie concerne l'application de méthodes d'ingénierie fondées sur des principes scientifiques au développement ou à l'évaluation de conceptions dans un environnement bâti au moyen de l'analyse de scénarios d'incendie spécifiques ou bien par la quantification du risque pour un groupe de scénarios d'incendie.

Il s'agit de répondre à des objectifs d'ingénierie de la sécurité incendie, qui sont généralement:

- a) la protection des personnes,
- b) la protection des biens,
- c) le maintien de la continuité des opérations,
- d) la protection de l'environnement naturel, et
- e) la préservation du patrimoine.

Cette analyse repose sur des calculs utilisant des données d'entrée obtenues principalement à partir d'essais quantitatifs au feu.

L'ingénierie de la sécurité incendie (ISI) est une discipline de plus en plus utilisée pour soutenir les réglementations de sécurité incendie nationales axées sur les performances dans de nombreux pays et juridictions régionales dans le monde. Les huit parties de l'ISO/TR 13387 (voir l'Article 2 et [1] à [6]) et de l'ISO 23932 décrivent les méthodologies fondamentales ainsi que les usages de l'ISI. Des aspects plus détaillés de l'ISI sont couverts dans l'ISO 16730 [7], l'ISO/TS 16732 [8], l'ISO/TS 16733, l'ISO 16734 [9], l'ISO 16735 [10], l'ISO 16736 [11], l'ISO 16737 [12] et l'ISO/TR 16738.

En plus des réglementations purement axées sur la performance, de nombreux pays utilisent également l'ISI pour compléter les réglementations prescriptives en appliquant les principes de l'ISI aux aspects spécifiques de conception, lorsque la réduction des coûts, les pratiques alternatives, l'amélioration de la performance et de la sécurité constituent les objectifs.

L'Organisation Maritime Internationale (OMI) utilise l'ISI et les normes ISO mentionnées ci-dessus pour développer des conceptions de sécurité incendie destinées aux navires, ce qui est considéré comme une amélioration des conceptions fondées sur les exigences de sécurité incendie prescriptives.

Essais au feu qualitatifs et quantitatifs

De nombreuses méthodes d'essai au feu normalisées fournissent des informations concernant la performance d'un matériau ou d'un produit fini telle que mesurée dans l'essai, qui peut ou non être reliée à un scénario d'incendie réel ou à des pratiques d'installation réelles. Ces méthodes d'essai qualitatif au feu fournissent des résultats "d'acceptation" ou de "refus" et/ou un classement du produit ou du matériau. Elles jouent un rôle important dans les réglementations prescriptives et les résultats d'un essai qualitatif peuvent être utilisés indirectement pour l'évaluation des dangers du feu des produits électrotechniques, mais ils ne sont pas adaptés pour appuyer directement une conception axée sur la performance.

Les méthodes d'essai normalisées développées par l'IEC pour les produits électrotechniques sont pour la plupart du type qualitatif. Il est convenu au sein de l'ISO et de l'IEC que ce type d'essai au feu continuera à être maintenu et, si nécessaire, développé. Il est reconnu que, même si l'utilisation de ces normes s'inscrit dans le cadre de codes prescriptifs, les données relatives aux produits extraites de plusieurs de ces normes peuvent être potentiellement adaptables à des fins d'ingénierie de la sécurité incendie.

En revanche, les essais quantitatifs au feu sont de plus en plus utilisés et développés, ce qui fournit des données exploitables pour les calculs d'ingénierie de la sécurité incendie.

Divers essais quantitatifs au feu ont été développés par l'ISO, dont certains peuvent être utilisés pour évaluer la performance des produits électrotechniques (voir 9.4).

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 1-12: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Ingénierie de la sécurité incendie

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60695 est destinée à indiquer des lignes directrices générales pour les comités de produits de l'IEC et fournit:

- une explication des principes et des usages de l'ingénierie de la sécurité incendie;
- des lignes directrices relatives à l'utilisation de l'ingénierie de la sécurité incendie dans la conception des produits électrotechniques;
- la terminologie et les concepts relatifs à l'ingénierie de la sécurité incendie;
- une indication des propriétés, données et essais nécessaires pour alimenter les évaluations d'ingénierie de la sécurité incendie;
- des références informatives.

La présente Norme internationale n'est pas destinée à constituer un guide de conception technique détaillé, mais elle vise à fournir des lignes directrices aux comités de produits concernant les méthodes d'ingénierie de la sécurité incendie et les besoins d'informations d'essais axés sur la performance utilisables pour les conceptions axées sur la performance et les évaluations du danger du feu des matériaux, ensembles, produits et systèmes électrotechniques. Des informations plus détaillées relatives à l'ingénierie de la sécurité incendie figurent dans la série de documents ISO/TR 13387 (voir l'Article 2 et [1] à [6]) et dans l'ISO 23932.

NOTE D'autres aspects détaillés de l'ISI sont couverts dans l'ISO 16730 [7], l'ISO/TS 16732 [8], l'ISO/TS 16733, l'ISO 16734 [9], l'ISO 16735 [10], l'ISO 16736 [11], l'ISO 16737 [12] et l'ISO/TR 16738.

Cette publication fondamentale de sécurité est destinée à l'usage des comités d'études dans le cadre de l'élaboration des normes conformément aux principes établis dans le Guide IEC 104 et le Guide ISO/IEC 51.

L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, le cas échéant, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration de ses publications. Les exigences, les méthodes d'essai ou les conditions d'essai de la présente publication fondamentale de sécurité s'appliqueront seulement si elles servent spécifiquement de référence ou sont intégrées dans les publications correspondantes.

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).

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

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

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

Guide IEC 104, *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

Guide ISO/IEC 51, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

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

ISO/TR 13387-2, *Ingénierie de la sécurité contre l'incendie – Partie 2: Conception des scénarios-incendie et des feux*

ISO/TR 13387-8, *Ingénierie de la sécurité contre l'incendie – Partie 8: Sécurité des personnes: Comportement des occupants, emplacement et état physique*

ISO/TS 16733, *Ingénierie de la sécurité contre l'incendie – Sélection des scénarios d'incendie et de feux de calcul*

ISO/TR 16738, *Ingénierie de la sécurité incendie – Informations techniques sur les méthodes d'évaluation du comportement et du mouvement des personnes*

ISO/TR 17252:2008, *Essais au feu – Applicabilité des résultats de l'essai de réaction au feu aux techniques de modélisation et de sécurité contre l'incendie*

ISO 23932:2009, *Ingénierie de la sécurité incendie – Principes généraux*

3 Termes et Définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943:2008 et l'IEC 60695-4:2012, dont certains sont reproduits ci-dessous pour faciliter la tâche de l'utilisateur, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

absorptivité

fraction du rayonnement incident absorbée par une surface sur laquelle il tombe

Note 1 à l'article: L'absorptivité est sans dimension.

3.2

protection active contre les incendies

action prise afin de réduire ou d'empêcher la propagation et les effets du feu à la suite de la détection de l'incendie

Note 1 à l'article: A titre d'exemples, on peut citer l'application d'agents (par exemple, halon ou eau pulvérisée) sur le feu ou le contrôle de la ventilation.

3.3

temps disponible pour l'évacuation en sécurité

ASET

temps disponible pour évacuer

pour un occupant individuel, l'intervalle de temps calculé entre le moment de l'allumage et le moment où les conditions sont telles que l'occupant se trouve dans l'incapacité d'exécuter une action efficace d'évacuation vers un refuge sûr ou une zone de sécurité

voir aussi **temps nécessaire pour l'évacuation en sécurité** (3.40).

Note 1 à l'article: L'instant d'allumage peut être connu, par exemple dans le cas d'un modèle feu ou d'un essai au feu, ou bien il peut être supposé connu, par exemple, il peut être basé sur une estimation à rebours à partir de l'instant de détection. Les conditions permettant de déterminer l'instant d'allumage sont toujours indiquées.

Note 2 à l'article: Cette définition correspond à une incapacitation avec impossibilité de s'échapper. D'autres critères pour l'ASET sont possibles. Si un critère de rechange est sélectionné, il est nécessaire de l'indiquer.

Note 3 à l'article: Chaque occupant peut avoir une valeur différente d'ASET, selon ses caractéristiques personnelles.

Note 4 à l'article: L'abréviation "ASET" est dérivée de terme anglais développé correspondant à "available safe escape time".¹

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.20, modifiée par l'addition de la Note 4 à l'article]

3.4

environnement bâti

immeuble ou autre structure

EXEMPLES (1) Les plateformes off shore; (2) les travaux de génie civil, comme les tunnels, les ponts et les mines; (3) et les moyens de transport comme les véhicules à moteur et les bateaux.

Note 1 à l'article: L'ISO 6707-1 [13] contient un certain nombre de termes et de définitions de concepts associés à l'environnement bâti.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.26]

3.5

force de compression

contrainte de compression uniaxiale maximale expérimentée par un matériau au moment de sa rupture

3.6

densité

masse par unité de volume

3.7

feu de dimensionnement

description quantitative des caractéristiques présumées du feu dans le scénario d'incendie de dimensionnement

Note 1 à l'article: Il s'agit généralement d'une description idéalisée de la variation dans le temps des variables importantes du feu, telles que le débit calorifique, l'indice de propagation de flammes, le taux de dégagement de fumée, les rendements en gaz toxiques et la température.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.64]

3.8

scénario d'incendie de dimensionnement

scénario d'incendie spécifique sur lequel est menée une analyse d'ingénierie de la sécurité incendie déterministe

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.65]

3.9

émissivité

rapport du rayonnement émis par une source rayonnante et du rayonnement qui serait émis par la source rayonnante d'un corps noir à la même température

Note 1 à l'article: L'émissivité est sans dimension.

¹ Cette note s'applique à la version française seulement.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.75]

3.10

environnement

conditions et éléments environnants qui peuvent influencer sur le comportement d'un objet ou de personnes exposés à l'incendie

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.80]

3.11

évacuation

exécution d'une action efficace pour atteindre un refuge sûr ou une zone de sécurité

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.82]

3.12

déclin du feu

stade de développement du feu après qu'un feu a atteint son intensité maximale et au cours duquel le débit calorifique et la température du feu décroissent

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.104]

3.13

effluents du feu

ensemble des gaz et aérosols, y compris les particules en suspension, dégagés par combustion ou par pyrolyse au cours d'un feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.105]

3.14

croissance du feu

étape de développement du feu au cours de laquelle le débit calorifique et la température du feu augmentent

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.111]

3.15

danger d'incendie

objet physique ou condition susceptible d'entraîner des conséquences non souhaitables causées par un incendie

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.112]

3.16

évaluation du danger d'incendie

évaluation des causes possibles d'incendie, de la possibilité et de la nature de la croissance ultérieure du feu, et des conséquences éventuelles de l'incendie

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, définition 3.2.10]

3.17

modèle feu

modélisation feu

méthode de calcul qui décrit un système ou un procédé relatif au développement d'un feu, y compris la dynamique du feu et les effets du feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.116]

3.18

résistance au feu

aptitude d'une éprouvette d'essai à supporter le feu ou à assurer une protection contre le feu pendant une certaine durée

Note 1 à l'article: Les critères types utilisés pour déterminer la résistance au feu au cours d'un essai au feu normalisé sont l'étanchéité au feu, la stabilité au feu, et le matériau d'isolation thermique.

Note 2 à l'article: "Résistant au feu" (adj.) fait uniquement référence à cette aptitude.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.121]

3.19

conception de la sécurité incendie

description quantitative de la construction d'un environnement bâti visant à répondre aux objectifs de sécurité incendie

3.20

ingénierie de la sécurité incendie

application des méthodes d'ingénierie fondées sur des principes scientifiques au développement ou à l'évaluation de conceptions dans un environnement bâti au moyen de l'analyse de scénarios d'incendie spécifiques ou bien par la quantification du risque pour un groupe de scénarios d'incendie

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.126]

3.21

objectif de la sécurité incendie

résultat souhaité concernant la probabilité d'un incendie involontaire, quant aux aspects essentiels de l'environnement bâti

Note 1 à l'article: Les aspects essentiels se rapportent généralement à la sécurité des personnes, la conservation des biens, la continuité des activités d'entreprises, la protection de l'environnement et la préservation du patrimoine.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.128]

3.22

scénario d'incendie

description qualitative du déroulement d'un incendie dans le temps, identifiant les événements clés qui caractérisent l'incendie et le différencient des autres incendies potentiels

Note 1 à l'article: Il définit typiquement les processus d'allumage et de croissance du feu, le stade de feu complètement développé, le stade de déclin du feu ainsi que l'environnement et les systèmes qui interviennent dans le déroulement de l'incendie.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.129]

3.23

essai au feu

essai qui mesure le comportement d'un feu ou expose un objet aux effets d'un feu

Note 1 à l'article: Les résultats d'un essai au feu peuvent être utilisés pour quantifier la gravité d'un incendie ou déterminer la résistance au feu ou la réaction au feu de l'éprouvette d'essai

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.132]

3.24

propagation de flamme

propagation d'un front de flamme

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.142]

3.25

feu pleinement développé

état dans lequel l'ensemble des matériaux combustibles sont impliqués dans un incendie

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.164]

3.26

chaleur de combustion

DECONSEILLE: potentiel calorifique

DECONSEILLE: pouvoir calorifique

énergie thermique dégagée par la combustion d'une unité de masse d'une substance donnée

Note 1 à l'article: Les unités typiques sont les kilojoules par gramme ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.174]

3.27

chaleur de gazéification

énergie thermique nécessaire pour faire passer l'unité de masse d'un matériau de la phase condensée à la phase vapeur à une température donnée

Note 1 à l'article: Les unités typiques sont les kilojoules par gramme ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.175]

3.28

dégagement de chaleur

énergie thermique dégagée par la combustion

Note 1 à l'article: Les unités typiques sont les joules (J).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.176]

3.29

débit calorifique

DECONSEILLE: vitesse de combustion

énergie calorifique produite par unité de temps par la combustion

Note 1 à l'article: Les unités typiques sont les watts (W).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.177]

3.30

allumage

<général> action d'allumer

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.187]

3.31

module d'élasticité

quotient de la contrainte et de l'allongement dans le domaine élastique d'un matériau, c'est-à-dire lorsque la Loi de Hooke est respectée

3.32

protection passive contre les incendies

mesure prise afin de réduire ou d'empêcher la propagation et les effets du feu par des moyens ne nécessitant pas une action

EXEMPLES (1) La division d'un espace en compartiments à l'aide de matériaux possédant une résistance intrinsèque au feu pour fabriquer des cloisons, des sols, des portes et d'autres barrières. (2) L'utilisation de matériaux présentant un bon comportement au feu.

3.33

critères de performances

critères quantitatifs ayant fait l'objet d'un accord avec un organisme d'homologation du bâtiment, et qui constituent une base acceptable pour l'évaluation de la sécurité d'une conception pour un environnement bâti

3.34

conception axée sur la performance

conception développée pour atteindre des objectifs et des critères de performances spécifiés

3.35

réglementation axée sur la performance

réglementation dans laquelle la conformité est spécifiée en termes de critères de performances

Note 1 à l'article: Une réglementation axée sur la performance est plus souple qu'une réglementation prescriptive car elle se concentre sur le résultat global à atteindre plutôt que sur les dangers des composants.

3.36

réglementation prescriptive

réglementation dans laquelle les moyens et l'approche de conformité sont complètement ou globalement spécifiés

Note 1 à l'article: Une réglementation prescriptive est moins souple qu'une réglementation axée sur la performance car elle se concentre sur les dangers des composants plutôt que sur le résultat global à atteindre.

Note 2 à l'article: De nombreux essais au feu ont été développés, à l'origine, afin de fournir des données d'entrée pour la réglementation prescriptive. Ils sont souvent fondés sur des critères simples d'acceptation/refus et ne sont généralement pas en mesure de fournir des données appropriées pour contribuer à l'ingénierie de la sécurité incendie.

3.37

essai qualitatif au feu

essai au feu qui est soit:

- a) un essai d'acceptation/refus; soit
- b) un essai qui caractérise le comportement de l'éprouvette d'essai en déterminant sa position dans un ordre hiérarchique de performances

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, définition 3.2.22]

3.38

essai quantitatif au feu

essai au feu qui prend en compte les circonstances d'utilisation du produit dans lesquelles les conditions d'essai sont basées ou leur sont rattachables, les circonstances d'utilisation de l'éprouvette d'essai, et qui mesure un ou plusieurs paramètres, exprimés en termes bien définis, qui peuvent être utilisés dans l'évaluation quantitative du risque d'incendie

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, définition 3.2.23]

3.39

réaction au feu

réponse d'une éprouvette d'essai lorsqu'elle est exposée au feu dans des conditions spécifiées d'essai au feu

Note 1 à l'article: La résistance au feu est considérée comme un cas spécial et n'est pas normalement considérée comme une propriété de réaction au feu.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.272]

3.40

temps nécessaire pour l'évacuation en sécurité

RSET

temps nécessaire pour évacuer

pour un occupant individuel, l'intervalle de temps calculé, nécessaire pour évacuer l'endroit où il se trouve vers un refuge sûr ou une zone de sécurité.

cf. **temps disponible pour l'évacuation en sécurité** (3.3).

Note 1 à l'article: L'abréviation "RSET" est dérivée du terme anglais développé correspondant "required safe escape time".²

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.277, modifiée par l'addition de la Note 1 à l'article]

3.41

fumée

partie visible des effluents du feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.293]

3.42

capacité calorifique spécifique

capacité calorifique par unité de masse

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.302]

3.43

conductivité thermique

paramètre associé à la vitesse à laquelle la chaleur circule au travers d'un matériau

Note 1 à l'article: La conductivité thermique, k , est égale à $(Q \cdot d) / (A \cdot t \cdot \theta)$, où Q est la quantité de chaleur qui circule pendant le temps, t , au travers d'un matériau d'épaisseur, d , et de section, A , qui présente une différence de température, θ , et où aucune chaleur n'est échangée avec l'environnement.

Note 2 à l'article: Les unités typiques sont les watts par mètre par kelvin ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.322]

3.44

inertie thermique

produit de la conductivité thermique, de la densité et de la capacité thermique spécifique

EXEMPLES (1) L'inertie thermique de l'acier est $2,3 \times 10^8 \text{ J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$. (2) L'inertie thermique de la mousse de polystyrène est $1,4 \times 10^3 \text{ J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$.

Note 1 à l'article: Lorsqu'un matériau est exposé à un éclairage énergétique, la vitesse avec laquelle la température de surface augmente dépend fortement de la valeur de l'inertie thermique du matériau. La température de surface d'un matériau à faible inertie thermique augmente relativement rapidement lorsqu'il est chauffé et vice versa.

Note 2 à l'article: Les unités typiques sont les joules au carré par seconde par mètre à la puissance quatre par kelvin au carré ($\text{J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.326]

² Cette note s'applique à la version française seulement.

3.45**résistance à la flexion transversale**

contrainte maximale subie par un matériau au moment de sa rupture, mesurée à l'aide d'une technique d'essai en trois points

3.46**contrainte de rupture**

contrainte de traction maximale subie par un matériau durant un essai de traction uniaxial

4 Le processus d'ingénierie de la sécurité incendie**4.1 Généralités**

L'ingénierie de la sécurité incendie a été développée et continue de l'être pour permettre la conception, la mise en œuvre et la maintenance des objets et structures dans l'environnement bâti, sur la base de principes scientifiques, afin de répondre à des objectifs d'ingénierie de la sécurité incendie définis. Pour ce faire, on utilise des essais quantitatifs au feu qui fournissent des données d'entrée pour les calculs nécessaires.

Le processus d'ingénierie de la sécurité incendie, lorsqu'il est appliqué à un projet important dans l'environnement bâti, est à la fois complexe et global. Un diagramme illustrant ce type de processus d'ingénierie de la sécurité incendie est présenté à la Figure 1.

Ce processus englobera probablement de nombreux aspects différents, par exemple; conception architecturale, conception structurelle, ventilation, plomberie et infrastructures électriques. La sécurité incendie des produits électrotechniques constitue donc seulement un aspect d'un processus beaucoup plus large.

Il convient d'utiliser l'ingénierie de la sécurité incendie lorsque les objectifs de sécurité ne peuvent pas être respectés de façon adéquate par les exigences prescriptives, et elle peut également être utilisée parallèlement à celles-ci, par exemple pour appuyer, d'un point de vue scientifique, la validité de ces exigences, ou pour améliorer encore la sécurité incendie du produit.

4.2 Calculs d'ingénierie de la sécurité incendie

Ces calculs peuvent varier de la résolution de simples équations à des modèles informatiques très complexes. Par exemple, ils pourraient être utilisés pour calculer la taille des tuyaux des systèmes de pulvérisation, ou pour calculer la réponse structurelle d'un élément porteur d'un bâtiment, tel qu'une poutre ou une colonne, à partir des propriétés du matériau à des températures élevées, des températures prévues atteintes dans le feu, et des charges appliquées.

Sur un autre niveau, en imposant l'utilisation de programmes informatiques intégrés, ces calculs peuvent être appliqués à l'évaluation des conséquences d'un feu spécifié pour la sécurité des personnes, ce qui impliquerait la définition du contexte, des conceptions des produits, des structures, des scénarios, puis le calcul des dangers résultants.

A titre d'exemple électrotechnique, on peut citer l'évaluation des risques associés aux feux de câbles dans l'environnement bâti grâce à l'utilisation de données quantifiées relatives à la croissance du feu, la propagation de flamme, l'émission de fumée et de gaz toxiques des câbles électriques ainsi que la prévision du déplacement des personnes.

NOTE Une étude de l'Université de Lund [14] a réalisé une simulation de la phase d'évacuation dans un bâtiment occupé et meublé en considérant deux installations de câbles différentes avec divers scénarios d'incendie et moyens d'évacuation. Des câbles possédant des propriétés de matériaux largement différentes ont été choisis, ne représentant pas nécessairement les câbles réellement installés. L'étude avait pour objectif d'illustrer la puissance des outils de modélisation (simulation et approche FSE) plutôt que de proposer une sélection pratique.

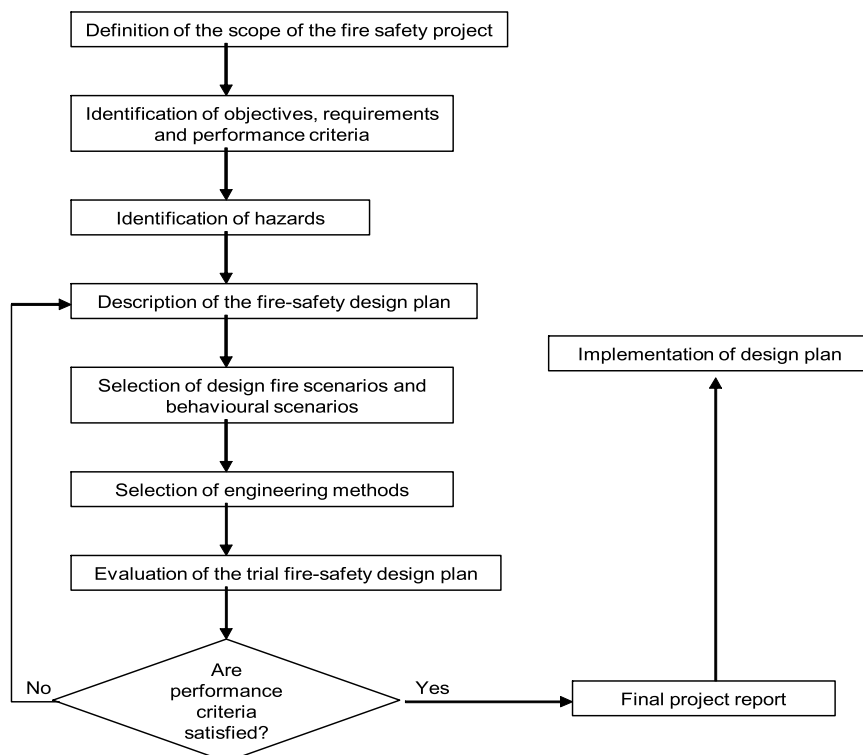
Sur un plan plus stratégique, l'ingénierie de la sécurité incendie peut être appliquée en utilisant un ensemble d'essais et de mesures à divers scénarios d'incendie différents. Des modèles feu informatiques ont été développés avec des animations quadridimensionnelles (temps et espace) simulant de multiples dynamiques d'incendie sur une gamme de scénarios d'incendie et de réponses structurelles (voir, par exemple [15]).

4.3 Validité des méthodes

Il convient que le processus d'ingénierie de la sécurité incendie soit fondé sur une science du feu et une pratique d'ingénierie des incendies fiables intégrant des méthodes largement reconnues, des données empiriques, des calculs, une corrélation ainsi que des modèles informatiques figurant dans les manuels d'ingénierie et la littérature technique. De nombreuses ressources techniques peuvent être utilisables dans une conception de sécurité incendie particulière. Par conséquent, il est très important que les ingénieurs en charge de la sécurité incendie et les autres membres de l'équipe de conception déterminent l'acceptabilité des sources et méthodologies employées pour les applications particulières dans lesquelles elles sont utilisées.

Pour déterminer la validité d'une ressource, il est utile de connaître le processus suivant lequel la ressource a été développée, évaluée et validée. Par exemple, de nombreux codes et normes sont développés dans le cadre d'un processus de consensus ouvert conduit par des associations professionnelles reconnues, des organisations en charge du développement de codes, ou des organismes gouvernementaux. D'autres références techniques sont soumises à un processus d'évaluation par les pairs, comme c'est le cas pour de nombreuses publications techniques et d'ingénierie existantes. Les manuels d'ingénierie fournissent des informations et des méthodes de calcul largement reconnues et valables sur le plan technique.

Certaines références utiles sont répertoriées dans la Bibliographie – références [16] à [23].



Légende

Anglais	Français
Definition of the scope of the fire safety project	Définition du domaine d'application du projet de sécurité incendie
Identification of objectives, requirements and performance criteria	Identification des objectifs, exigences et critères de performances
Identification of hazards	Identification des dangers
Description of the fire-safety design plan	Description du plan de conception de la sécurité incendie
Selection of design fire scenarios and behavioural scenarios	Sélection des scénarios d'incendie de dimensionnement et des scénarios de comportement
Implementation of design plan	Mise en application du plan de conception
Selection of engineering methods	Sélection des méthodes d'ingénierie
Evaluation of the trial fire-safety design plan	Evaluation du plan d'essai de conception de la sécurité incendie
Are performance criteria satisfied?	Les critères de performances sont-ils satisfaits?
Final project report	Rapport de projet final
No	Non
Yes	Oui

(Adapté à partir de la Figure 1 de l'ISO 23932:2009)

Figure 1 – Diagramme illustrant un exemple de processus d'ingénierie de la sécurité incendie appliqué à un projet important dans l'environnement bâti

5 Bénéfices de l'ingénierie de la sécurité incendie

Les bénéfices de l'ingénierie de la sécurité incendie incluent les éléments suivants; Elle peut:

- permettre la prise de décisions de conception sur la base de principes quantitatifs et scientifiques, afin d'améliorer la sécurité des produits;
- constituer un élément important dans le cadre de la conception axée sur la performance de grands projets tels que des aéroports, gares ferroviaires, véhicules de transport, stades, centres de congrès, bâtiments élevés, ponts, centrales électriques ainsi que de grandes structures d'atrium, dont l'ampleur et la complexité sont telles que leur conception ne peut pas être optimisée en appliquant seulement les essais prescriptifs et les guides techniques actuels;
- discipliner le concepteur afin qu'il adopte une approche structurée de la conception de la sécurité incendie;
- déterminer la manière dont les structures, les bâtiments, les locaux et les enceintes permettent une comparaison des niveaux de sécurité pour une gamme de conceptions;
- permettre aux rédacteurs de réglementations et de codes d'améliorer la cohérence des informations, et justifier le retrait des mesures obsolètes;
- permettre d'établir des règles concernant les modifications de construction, assurant un niveau de protection équivalent;
- permettre d'effectuer des changements en assurant l'équilibre entre la protection active et passive contre les incendies tout en maintenant un niveau équivalent de sécurité;
- fournir des données pour appuyer les décisions de conception fondées sur des codes/réglementations prescriptives;
- faciliter une conception plus rentable des structures complexes tout en maintenant les niveaux de sécurité;
- permettre de rationaliser la souscription d'assurances;

- k) identifier les thèmes de futures recherches sur les incendies, qui ont une incidence majeure sur la sécurité des personnes, la perte des biens ou la perte commerciale;
- l) supprimer les obstacles à l'innovation pour les produits électrotechniques, les produits de construction, les conceptions de bâtiments, les systèmes de transport, les utilisations et le contenu des bâtiments;
- m) permettre aux professionnels d'acquérir et de conserver une expertise de pointe dans le domaine de la conception de la sécurité incendie;
- n) contribuer au développement de nouveaux essais au feu et de nouvelles données relatives aux incendies;
- o) faciliter la gestion du passage des exigences et réglementations prescriptives à des exigences et réglementations axées sur la performance; et
- p) faciliter la gestion de la sécurité incendie des structures, bâtiments, locaux et enceintes durant l'ensemble de leur cycle de vie, y compris leur phase de construction, en tenant compte de futures modifications de leur fonction et utilisation prévues.

Sur un plan plus détaillé, il existe de nombreux bénéfices associés à l'ingénierie de la sécurité incendie. Elle peut, par exemple, réduire le nombre d'incendies et améliorer l'efficacité de l'évacuation si une gestion et une formation correctes à la sécurité incendie sont mises en place. Là encore, on peut identifier des mesures de protection actives et passives, qui ont des conséquences très importantes sur la sécurité des personnes, la réduction des pertes dues aux incendies et la continuité de la fonction; ces bénéfices peuvent être obtenus en même temps que les évaluations coûts/bénéfices.

6 Objectifs, exigences et performances

6.1 Objectifs de l'ingénierie de la sécurité incendie

6.1.1 Généralités

Il est nécessaire de définir les objectifs spécifiques à la sécurité incendie en termes compréhensibles pour toutes les parties intéressées/affectées.

Les objectifs concernent généralement un ou plusieurs des sujets abordés de 6.1.2 à 6.1.6.

6.1.2 Sécurité des personnes

Les objectifs de sécurité des personnes sont généralement indiqués en termes d'exigences visant à réduire ou éviter un certain niveau de dommages aux personnes ou aux animaux qui peuvent être affectés. En cas d'évacuation de personnes d'un lieu d'incendie, la sécurité des personnes est généralement estimée par le calcul du "temps disponible pour l'évacuation en sécurité, ASET" (3.3) et du "temps nécessaire pour l'évacuation en sécurité, RSET" (3.40). Il convient que l'ASET soit supérieur au RSET en ajoutant une marge de sécurité.

Les objectifs sont généralement indiqués en termes d'exigences de conception et d'exigences sur le matériel ou d'autres produits visant à diminuer et/ou retarder la probabilité de la survenue d'incendies et diminuer et/ou retarder les effets d'un incendie s'il survient.

6.1.3 Protection des biens

Les objectifs de protection des biens visent en général à réduire ou éviter les dommages causés à l'environnement bâti et à ce qu'il contient.

6.1.4 Continuité des opérations

Les objectifs concernant la continuité des opérations visent en général à réduire la durée d'interruption des opérations mais ils peuvent également être exprimés en termes de:

- a) continuité fonctionnelle exigée pour la sécurité d'un processus spécifique; et

- b) coût économique de ces interruptions, incluant la perte de parts de marché et d'opportunités d'emploi.

6.1.5 Protection de l'environnement naturel

Les objectifs concernant la protection de l'environnement naturel visent généralement à réduire ou éviter les effets immédiats et à long terme d'un incendie sur la qualité de l'environnement naturel. Les incendies occasionnant directement des conséquences graves à long terme sur l'environnement naturel sont rares, mais on peut citer, à titre d'exemples, l'incendie d'un pétrolier ou un incendie en mer à l'origine d'une pollution marine importante, ou encore un incendie au niveau d'une sous-station de transformateur électrique, pouvant occasionner un dégagement important d'effluents du feu, à la fois gazeux et liquides, provenant de grands transformateurs électriques et de leur liquide d'isolation. Les effets des écoulements d'eau polluée par les opérations de lutte contre l'incendie sont plus courants.

6.1.6 Préservation du patrimoine

Les objectifs de préservation du patrimoine visent généralement à éviter la perte ou l'altération d'objets dont la valeur n'est pas principalement économique. Ces objets irremplaçables sont souvent à la fois anciens et uniques, revêtant une importance culturelle ou une autre portée symbolique.

6.2 Exigences fonctionnelles

Il convient d'associer chaque objectif d'ingénierie de la sécurité incendie à une ou plusieurs exigences fonctionnelles nécessaires pour satisfaire à cet objectif.

Voici quelques exemples:

- une résistance définie à la propagation de flamme au-delà du compartiment d'origine;
- un contrôle défini de l'émission de fumée et du déplacement de la fumée par les systèmes de ventilation;
- un temps disponible pour l'évacuation en sécurité (ASET) défini;
- aucune perte de puissance électrique avant la fin de l'évacuation des occupants par la spécification des durées de résistance au feu pour les circuits électriques critiques.
- aucune perte d'alimentation électrique et de services de communication de sécurité publics.

6.3 Critères de performances

6.3.1 Généralités

Les critères de performances sont des mesures d'ingénierie quantitatives qui peuvent être indiqués explicitement ou implicitement. Il convient qu'ils traitent à la fois de la fiabilité et de l'efficacité.

6.3.2 Critères de performances explicites

Parmi les exemples de critères de performances explicites, on peut citer des mesures telles que la visibilité, ou la dose d'exposition à un gaz effluent du feu asphyxiant toxique, après une exposition à un feu défini pendant une période de temps définie. Un autre exemple serait le fait qu'un élément d'un équipement électrotechnique continue ou non à fonctionner selon sa conception après une exposition à un feu défini pendant une période de temps définie.

Les essais quantitatifs au feu sont utilisés pour fournir des critères de performances explicites. Il convient que les essais quantitatifs au feu présentent les caractéristiques suivantes:

- a) Il convient que l'essai prenne en compte les circonstances d'utilisation du produit, à savoir les conditions d'utilisation finale envisagées ainsi que l'utilisation anormale prévisible. En

effet, les conditions d'incendie qui peuvent être dangereuses dans un ensemble donné de circonstances ne constitueront pas nécessairement la même menace dans un ensemble de circonstances différent.

- b) Il convient de pouvoir corréler les résultats des essais aux effets nocifs des effluents cités plus haut, à savoir les menaces thermiques et les menaces transportées dans l'air pour les personnes et/ou les biens dans la situation d'utilisation finale concernée. Cette corrélation permet d'éviter la création d'échelles de performances, artificielles et parfois déformées, n'ayant pas de rapport clair avec la sécurité incendie.
- c) Tout en reconnaissant qu'il existe généralement de multiples contributions aux effets d'incendies réels, Il convient d'exprimer les résultats d'essai en des termes bien définis et avec des unités scientifiques rationnelles, de manière à pouvoir évaluer quantitativement la contribution du produit aux effets globaux du feu et la comparer à celles des autres produits.

Un guide pour l'usage approprié des essais qualitatifs et quantitatifs au feu est donné dans l'IEC 60695-1-10.

6.3.3 Critères de performances implicites

Les critères de performances implicites sont fondés sur des exigences prescriptives et reposent sur des statistiques de performances connues ou de prévisions calculées, extrapolées à partir de performances connues.

7 Scénarios d'incendie de dimensionnement et feux de dimensionnement

7.1 Scénarios d'incendie de dimensionnement

Les scénarios d'incendie de dimensionnement sont formulés pour déterminer si les exigences peuvent être satisfaites. Ces scénarios comprennent généralement l'identification de dangers, une description des événements à l'origine d'un incendie qui intègre les dangers, l'efficacité des mesures de protection pour prévenir, contrôler ou limiter les effets de l'incendie, ainsi que les conséquences physiques de l'incendie.

Une liste d'exemples de scénarios d'incendie de dimensionnement est donnée dans l'ISO/TR 17252 (voir Tableau 1), et des informations supplémentaires relatives aux scénarios d'incendie de dimensionnement sont fournies dans l'ISO/TS 16733 et l'ISO/TR 13387-2.

Tableau 1 – Exemples de scénarios d'incendie de dimensionnement

(sur la base de l'ISO/TR 17252:2008)

Scénario d'incendie de dimensionnement
Incendie dans une pièce (coin, plafond, mur, sol)
Incendies dans des cages d'escaliers
Incendie d'un objet isolé en feu (meuble, poubelle, accessoire)
Déclaration d'incendie (extraction de fumée)
Incendie de câbles dans un système de câblage
Incendies de toiture (sous-face)
Incendie dans une cavité (mur, façade, faux-plafond)
Incendie dans un système de transport souterrain
Incendie criminel (intérieur ou extérieur)
Incendie dans un bâtiment voisin
Incendie dans des colis de combustible extérieurs
Incendie sur une toiture

Scénario d'incendie de dimensionnement
Incendie sur une façade
Incendies souterrains
Incendies de forêt ou incendies de friches
Incendie dans un tunnel

Dans le cas particulier des incendies de câbles électriques, le programme de recherche FIPEC [24] a utilisé des principes d'ingénierie de la sécurité incendie pour évaluer une large gamme de câbles. Une étude des pratiques européennes a été conduite et a identifié les principaux scénarios pour l'étude des centrales électriques, des véhicules (trains, navires et aéronefs), des tunnels et des locaux. Un certain nombre de scénarios d'incendie de conception ont alors été identifiés pour représenter les principaux scénarios d'installation. Ceux-ci ont été divisés en configurations horizontales et verticales puis subdivisés selon l'existence ou non d'une rétroaction thermique à partir d'une surface adjacente (mur, sol ou plafond).

7.2 Feux de dimensionnement

Après l'identification du scénario d'incendie de dimensionnement, il est nécessaire de décrire la nature de l'incendie sur lequel sont fondés les calculs. Ces caractéristiques d'incendie présumées sont désignées par le terme "feu de dimensionnement".

Le feu de dimensionnement peut être extrêmement simple, tel qu'une puissance définie, par exemple 3 kW, pendant un temps défini, par exemple 5 min, mais il sera vraisemblablement plus complexe. On admet que la croissance du feu prend souvent la forme de "t au carré" (c'est-à-dire que le débit calorifique est proportionnel au carré du temps écoulé), et il peut être nécessaire de modéliser les effets d'autres stades de feu tels que le stade de feu complètement développé et le stade de déclin du feu.

Des informations détaillées concernant les feux de dimensionnement sont données dans l'ISO/TS 16733 et l'ISO/TR 13387-2.

8 Données pour l'ingénierie de la sécurité incendie

Il convient de décrire le scénario d'incendie de façon aussi précise que possible. Cette description inclura toutes les informations nécessaires concernant le volume dans lequel l'incendie est supposé se dérouler, les combustibles présents, la détection et la suppression utilisées, ainsi que les actions attendues en cas d'incendie.

Une fois que les données indispensables pour effectuer les calculs nécessaires ont été obtenues, il convient de les réviser afin de vérifier que le niveau de précision, de biais et de confiance des calculs, et par conséquent de l'étude d'ingénierie de la sécurité incendie, satisfera aux objectifs finaux.

Certaines de ces données concernent directement la science du feu en termes de:

- chaleurs de combustion de tous les combustibles potentiels;
- propriétés de réaction au feu;
- propriétés de résistance au feu;
- interactions des produits affectés par l'incendie avec les systèmes de détection des incendies, les systèmes de suppression des incendies et les systèmes de ventilation;
- production, transport, dépôt et dispersion des effluents du feu;
- répercussions sur le matériel de sécurité, les structures, les personnes, y compris les premiers intervenants, les pompiers et sur l'environnement.

Certains paramètres physico-chimiques pertinents pour l'ingénierie de la sécurité incendie peuvent être mesurés dans des conditions hors incendie suivant les procédures normalisées de l'IEC et l'ISO. Certains paramètres importants sont répertoriés ci-dessous:

- Densité
- Capacité calorifique
- Capacité calorifique spécifique
- Conductivité thermique
- Absorptivité et émissivité
- Chaleur de gazéification
- Inertie thermique
- Module d'élasticité
- Résistance à la flexion transversale
- Force de compression
- Contrainte de rupture

NOTE Certains paramètres sont dépendants de la température; par conséquent, il sera souvent nécessaire de connaître la variation de ce paramètre en fonction de la température.

Les données concernant le comportement humain sont traitées dans l'ISO/TR 16738 et l'ISO/TR 13387-8.

9 Essais sur les produits électrotechniques

9.1 Généralités

Il convient que les essais physiques ou chimiques réalisés sur les produits électrotechniques, destinés à être utilisés dans le cadre de l'ingénierie de la sécurité incendie, fournissent des données appropriées pour permettre l'évaluation de la performance des produits électrotechniques 'en service' par l'application de méthodes prédictives.

Il en résulte que:

- la performance des produits électrotechniques dans un (ou plusieurs) essai(s) au feu doit être fournie en termes quantitatifs pour des conditions d'exposition connues, contrôlées et variées sur des intervalles de temps continus;
- les conditions d'exposition doivent être fournies sous forme quantitative et doivent être représentatives du scénario d'incendie, et des pratiques réelles d'installation et d'utilisation;
- les processus thermiques, chimiques et physiques primaires dans l'essai doivent être suffisamment bien compris et prescrits pour permettre une validation et une modélisation théoriques; et
- la performance dans les conditions particulières de l'essai doit ensuite être traduisible par des méthodes prédictives afin de concevoir des environnements représentatifs du comportement 'en service'.

9.2 Conditions d'évaluation dans les essais au feu

Il convient de déterminer les conditions d'exposition en faisant référence à des scénarios d'incendie de dimensionnement et des feux de dimensionnement. Suivant l'un des concepts-clés de l'ingénierie de la sécurité incendie, il convient de pouvoir évaluer tous les produits de manière cohérente en fonction des mêmes conditions et scénarios d'incendie de dimensionnement – même à des stades différents de l'évolution de l'incendie de dimensionnement. Contrairement aux critères d'acceptation/de refus à point individuel souvent utilisés dans les codes prescriptifs, il convient que l'évaluation pour l'ingénierie de la

sécurité incendie implique idéalement une collecte de données de réponse au feu continue et multipoint relative au produit électrotechnique sur l'ensemble de la durée de l'incendie de dimensionnement.

9.3 Evaluations des produits électrotechniques

9.3.1 En tant que source d'allumage d'un incendie

Concernant l'allumage du produit concerné, l'entrée de données dans les calculs d'ingénierie de la sécurité incendie se fera sous la forme de probabilités d'allumage fondées sur l'analyse statistique de données historiques, ainsi que de données concernant la nature de la croissance ultérieure du feu initial. Actuellement, il n'existe aucune donnée quantitative relative à la croissance du feu, obtenue à partir de scénarios d'incendie, concernant un produit électrotechnique en tant que source d'allumage. L'IEC invite les comités à regrouper ces données et à les mettre à disposition.

Il existe une norme nationale [38] qui comporte une évaluation de la probabilité d'un incendie déclenché par un produit électrotechnique. Des informations supplémentaires sont données dans l'Annexe A.

L'allumage d'un produit électrotechnique peut être provoqué par une partie de composant sous tension électrique, et les conditions pouvant être à l'origine de l'allumage sont de quatre types: un échauffement anormal, un court-circuit, des arcs électriques ou étincelles accidentels, ou un fort courant de crête transitoire. Le Tableau 2 énumère les origines possibles de ce type de phénomène ainsi que les conséquences éventuelles.

Des calculs ultérieurs d'ingénierie de la sécurité incendie peuvent s'intéresser à la croissance du feu dans un matériau ou produit électrotechnique en tant que composant d'un produit plus important, mais également à la croissance du feu d'un produit électrotechnique dans le milieu environnant, par exemple un appareil domestique ou un équipement de bureau tel qu'un ordinateur, un poste de télévision ou une machine à laver, utilisé dans une zone d'occupation ou d'habitation.

9.3.2 En tant que victime d'un incendie

Lorsqu'un produit électrotechnique est considéré comme étant victime d'un incendie existant, le processus d'ingénierie de la sécurité incendie est identique au processus appliqué à tout matériau ou produit. Cependant, l'impact d'un incendie extérieur peut provoquer un défaut électrique susceptible de contribuer avec une énergie supplémentaire à la croissance du feu, et il sera nécessaire de prendre en considération cette éventualité.

L'évaluation peut intégrer des produits électrotechniques considérés comme des composants d'un bâtiment, d'un véhicule ou d'un système de transport, d'un réseau informatique ou d'une autre structure plus grande dans l'environnement bâti. A titre d'exemple, elle pourrait intégrer le câblage d'alimentation électrique ou de communication dans les chemins de câblage, dans les espaces dissimulés des locaux de service, dans les locaux télécom, les centres de données, les armoires de transformateur ou dans les tableaux de fusibles des câbles de puissance.

9.4 Sélection et/ou développement des essais

De nombreux essais au feu actuels de l'ISO et de l'IEC ont été développés à l'origine afin de fournir des données d'entrée pour les codes prescriptifs et les normes et sont des essais qualitatifs au feu. Certains peuvent être adaptables afin de fournir des données d'entrée pour l'ingénierie de la sécurité incendie. A l'avenir, la tâche de l'ISO et de l'IEC consistera à adapter constamment les essais existants, ou à développer de nouveaux essais, afin de répondre aux besoins de données d'entrée de l'ingénierie de la sécurité incendie et des codes axés sur la performance qui se concentrent largement sur des évaluations de la croissance du feu, la résistance au feu et la durée d'évacuation, plutôt que sur des critères d'acceptation/de refus à point unique prédéterminés. Les ensembles de données d'entrée

pour l'ingénierie de la sécurité incendie sont généralement continus ou multipoints, dépendants du temps et ils sont directement reliés aux scénarios d'incendie de dimensionnement sélectionnés.

Divers essais quantitatifs au feu ont été développés par l'ISO.

NOTE 1 A titre d'exemples de ce type d'essais, on peut citer: l'ISO 5658 [25], l'ISO 5660 [26], l'ISO 9239 [27], l'ISO 9705 [28], l'ISO 12136 [29], l'ISO 12949 [30], l'ISO 14696 [31], l'ISO/TS 17431 [32] et l'ISO 24473 [33].

Des essais quantitatifs de performance au feu basés sur les scénarios ont également été développés.

NOTE 2 A titre d'exemples de ce type d'essais, on peut citer: l'ISO 13784 [34], l'ISO 13785 [35], l'ISO 20632 [36] et l'ISO 22269 [37].

NOTE 3 Quatorze essais ISO de réaction au feu sont évalués dans l'ISO 17252 en termes d'applicabilité à la modélisation des incendies et à l'ingénierie de la sécurité incendie.

Tableau 2 – Phénomènes d'allumage courants dans les produits électrotechniques

(d'après l'IEC 60695-1-10:2009)

Phénomène ^a	Origine	Conséquences
Echauffements anormaux NOTE 1 Certains produits dissipent de la chaleur en fonctionnement normal.	Surintensité dans un conducteur Contacts défectueux Courants de fuite (perte d'isolement et échauffements) Défaillance d'un composant, d'un organe interne ou d'un système associé (par exemple ventilation) Déformations mécaniques entraînant une modification des contacts ou du système d'isolation Grippage d'un arbre de moteur (rotor bloqué) Vieillessement thermique prématuré	Au début, les systèmes de protection ^b ne sont pas sollicités (sauf cas de protection spéciale), ils peuvent être activés après une durée variable La température s'élève graduellement et quelquefois très lentement. Il peut en résulter une accumulation importante de chaleur et d'effluents dans le voisinage du produit, suffisante pour entretenir le feu dès l'inflammation L'accumulation et la diffusion de gaz inflammables dans l'air peuvent donner lieu à un allumage ou à une explosion, notamment dans des produits hermétiques Un arbre moteur bloqué (rotor bloqué) peut entraîner un feu couvant ou une inflammation à cause de l'échauffement excessif des enroulements du moteur
Court-circuit	Contact direct de parties conductrices sous tension à des potentiels différents (desserrage de bornes, conducteurs accidentellement libérés, pénétration de corps étrangers conducteurs, etc.) Dégradation progressive de certains composants entraînant une baisse de leur résistance d'isolement Après défaillance soudaine d'un composant ou d'un organe interne	Les systèmes de protection ^b sont sollicités L'élévation de température est importante après un temps très court et est très localisée Emission éventuelle de lumière, de fumées, de gaz inflammables Projection de matériaux ou de matières incandescentes
Etincelles et arcs électriques accidentels NOTE 2 Certains produits produisent des arcs électriques et des étincelles en fonctionnement normal.	Cause externe au produit (surtension du réseau, action mécanique accidentelle mettant à nu des parties sous tension ou les mettant en contact, etc.) Cause interne (commutations avec dégradation progressive de certains composants et pénétration d'humidité) Après défaillance soudaine d'un composant ou d'un organe interne	Les systèmes de protection ^b peuvent ne pas toujours être sollicités Emission éventuelle de lumière visible, de gaz inflammables et de flammes. Risque élevé d'inflammation en atmosphère explosible L'inflammation peut se produire localement sur les composants ou dans les gaz environnants
Fort courant de crête transitoire	Défaut du circuit électrique	Les systèmes de protection ^b peuvent ne pas toujours être sollicités
^a Les déformations de nature mécanique et les changements de structure provoqués par l'un quelconque des trois phénomènes peuvent entraîner l'apparition des deux autres. ^b Les systèmes de protection peuvent être thermiques, mécaniques, électriques ou électroniques.		

Annexe A (informative)

Une évaluation probabiliste d'un risque d'incendie

A.1 Évaluation d'un risque d'incendie selon la norme nationale russe GOST 12.1.004-91 [38]

A.1.1 Introduction

L'évaluation d'un risque d'incendie conformément à la norme GOST 12.1.004-91 reflète une approche globale, intégrant des méthodes probabilistes fondées sur des phénomènes stochastiques physicochimiques contribuant à un allumage, ainsi que sur des méthodes déterministes fondées sur une mesure directe, et impliquant la comparaison des résultats obtenus à partir de méthodes d'essai normalisées.

Une probabilité admissible d'incendie (Q_f) a été spécifiée dans la GOST 12.1.004-91 et se monte à 10^{-6} par unité par an. Si Q_f est supérieure à 10^{-6} , la décision est prise de modifier ou non le produit électrotechnique ou de changer son mode d'installation.

Les méthodes d'évaluation d'un risque d'incendie électrique citées dans la GOST 12.1.004-91 ont été soumises à une étude à long terme, sur vingt ans, et, à ce jour, elles ont été approuvées officiellement pour être utilisées dans treize normes nationales de la Fédération de Russie et dans plus de vingt spécifications pour divers produits électrotechniques incluant les chauffages électriques, les lampes et les sonnettes électriques.

On utilise la formule suivante:

$$Q_f = Q_{fc} \times Q_{fv} \times Q_{pf} \times Q_{ign} \quad (\text{A.1})$$

où

Q_{fc} est la probabilité (par produit et par an) d'apparition d'un défaut électrotechnique dans le composant du produit (calculée à partir de statistiques réalisées d'après des données historiques)

Q_{fv} est la probabilité que le paramètre de défaut électrotechnique caractéristique (court-circuit, surcharge de courant ou résistance transitoire, par exemple) soit compris dans la gamme de valeurs dangereuses d'inflammation,

Q_{pf} est la probabilité que la protection (protection électrique ou protection contre la surchauffe, par exemple) échoue, et

Q_{ign} est la probabilité que le matériau combustible présente un danger d'incendie soit en atteignant un état critique soit par allumage (sur la base de données de performance d'essai).

S'il existe k modes d'incendie anormaux distincts, caractéristiques de la fonction du produit électrotechnique, alors:

$$Q_f = 1 - \prod_{i=1}^k [1 - (Q_{fc} \cdot Q_{fv} \cdot Q_{pf} \cdot Q_{ign})_i] \quad (\text{A.2})$$

NOTE Les comités de produit de l'IEC, les pompiers et les membres des comités d'études sont invités à développer/fournir des données pour l'application du calcul statistique lié aux formules du A.1.1.

A.1.2 Probabilité Q_{fc}

La probabilité, Q_{fc} , est obtenue à partir de l'analyse statistique des données historiques fournies par les laboratoires d'essai et les services d'entretien des fabricants. Elle peut être déterminée en termes de fraction d'un taux de défaillance global du produit en multipliant ce taux de défaillance par un coefficient approprié qui tient compte de la proportion de défaillances présentant un danger d'incendie.

A.1.3 Probabilité Q_{fv}

La probabilité, Q_{fv} , est définie comme suit. Les situations présentant un danger d'incendie caractéristiques du produit sont déterminées par un paramètre électrotechnique approprié. Par exemple, un court-circuit peut provoquer une situation de danger d'incendie, tandis qu'un courant de court-circuit fournit un paramètre électrotechnique caractéristique. La situation de danger d'incendie est possible uniquement dans une plage définie de courants de court-circuit.

Les plages de valeurs présentant un danger d'incendie pour un paramètre donné sont déterminées dans le cadre d'une recherche expérimentale associée à la probabilité Q_{fv} estimée. Pour ce faire, on définit les valeurs maximale et minimale présentant un danger d'incendie pour un paramètre électrotechnique caractéristique.

Pour le cas général:

$$Q_{fv} = N_f / N_p = [X_{\text{haz}}(\text{max}) - X_{\text{haz}}(\text{min})] / [X_{\text{op}}(\text{max}) - X_{\text{op}}(\text{min})] \quad (\text{A.3})$$

où:

N_f est la plage de valeurs dangereuses du paramètre électrotechnique caractéristique choisi (par exemple, courant électrique ou résistance transitoire),

N_p est la gamme de valeurs de fonctionnement,

$X_{\text{haz}}(\text{max})$ et $X_{\text{haz}}(\text{min})$ sont les valeurs dangereuses maximale et minimale du paramètre électrotechnique caractéristique choisi, et

$X_{\text{op}}(\text{max})$ et $X_{\text{op}}(\text{min})$ sont les valeurs de fonctionnement maximale et minimale,

A.1.4 Probabilité Q_{pf}

La probabilité d'une défaillance de la protection électrique, Q_{pf} , est estimée sur la base de ses données de fiabilité. S'il n'existe aucune protection pour éviter la défaillance, Q_{pf} est égale à un.

A.1.5 Probabilité Q_{ign}

A.1.5.1 Généralités

Q_{ign} est la probabilité que le matériau combustible devienne un danger d'incendie, soit par l'apparition d'une situation critique, soit par allumage (sur la base des données de performance d'essai).

En fonction du type de produit électrotechnique, la situation critique peut être définie de différentes manières, par exemple la production d'une quantité définie de fumée ou l'apparition d'une température critique.

A.1.5.2 Q_{ign} calculée sur la base d'un critère de défaillance discret

Lorsque l'on utilise un indice discret (allumage ou niveau d'émission de fumée, par exemple) en tant que critère de danger d'incendie, des expérimentations en laboratoire sont réalisées afin de déterminer Q_{ign} .

Q_{ign} est la probabilité que le critère de défaillance discret soit atteint dans les conditions d'égalité:

$$Q_{\text{fc}} = Q_{\text{pf}} = Q_{\text{fv}} = 1 \quad (\text{A.4})$$

et elle est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$Q_{\text{ign}} = m / n \quad (\text{A.5})$$

où:

m = nombre d'essais ayant abouti à une défaillance, et

n = nombre total d'essais.

A.1.5.3 Q_{ign} calculée en termes de fonction continue

Dans le cas où la probabilité de défaillance est mesurée en termes de fonction continue (température, par exemple) au lieu d'un critère d'acceptation/de refus, une distribution de probabilité est présumée, et:

$$Q_{\text{ign}} = \varphi(h) \quad (\text{A.6})$$

où:

$\varphi(h)$ = la probabilité, et

h = argument de la fonction de densité de probabilité choisie.

Par exemple, dans le cas d'un critère de température

$$h = \frac{T_c - T_m}{\sigma / \sqrt{N}} \quad (\text{A.7})$$

où

T_m = moyenne arithmétique des valeurs T_i , c'est-à-dire

$$T_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i \quad (\text{A.8})$$

T_i = température mesurée la plus élevée du produit en essai i ,

T_c = température critique du matériau inflammable en essai,

N = nombre total d'essais, et

σ = écart-type des données expérimentales;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - T_m)^2}{N - 1}} \quad (\text{A.9})$$

NOTE Dans une étude des matériaux d'isolation structurelle, la température critique, T_c , a été prise comme étant égale à 80 % de la valeur thermodynamique de la température d'allumage.

A.2 Exemple

A.2.1 Généralités

L'exemple suivant est une évaluation de la probabilité de survenue d'un incendie dans un auxiliaire électrique capacitif (CECG, en anglais «capacitive electrical control gear») pour lampes fluorescentes (40 W et 220 V) conformément à la norme nationale russe, GOST 12.1.004-91.

La probabilité de la survenue d'un défaut dans un CECG, engendrant une défaillance électrotechnique dangereuse, est donnée par le produit de Q_{fc} et Q_{fv} .

On présume qu'il n'y a aucun système de protection en service et donc que $Q_{pf} = 1$.

Nous avons, par conséquent: $Q_f = Q_{fc} \times Q_{fv} \times Q_{ign}$

Dans cet exemple, Q_{ign} est calculée en tant que probabilité d'atteindre ou de dépasser une température critique, T_c .

Q_{ign} est la probabilité que la surface du CECG atteigne ou dépasse la température représentant un danger d'incendie dans la zone la plus chaude (la température représentant un danger d'incendie est égale au point d'allumage (température d'auto-allumage) du matériau isolant dans le CECG. Elle est obtenue par comparaison d'une température de défaillance moyenne mesurée avec une température moyenne mesurée au 'point chaud'.

A.2.2 Données d'essai

On a identifié trois modes de fonctionnement anormal distincts, dont chacun est susceptible de présenter un danger d'incendie. Il s'agit du:

- 1) Mode de démarrage long
- 2) Mode de condensateur court
- 3) Mode de démarrage long avec condensateur court

Le Tableau A.1 présente les données de température obtenues à partir de dix essais faisant intervenir l'un des modes de fonctionnement anormal, le mode de démarrage long.

Tableau A.1 – Mode de démarrage long: températures de l'enceinte (coque) au niveau du point le plus chaud

Nombre d'essais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T / K	372	380	378	375	378	372	375	376	374	370

A.2.3 Calculs

La moyenne arithmétique de ces températures, $T_m = 375 \text{ K}$ ($\theta_m = 102 \text{ °C}$) avec un écart-type, $\sigma = 3,13 \text{ K}$.

NOTE T est utilisé pour désigner les températures thermodynamiques, θ est utilisé pour désigner les températures en Celsius.

Pour calculer Q_{ign} , il est d'abord nécessaire de déterminer une température de danger critique, T_c , puis de déterminer la probabilité d'apparition ou de dépassement de cette température

T_c est obtenu comme suit:

$$T_c = \frac{\sum_{i=1}^{10} \{ (T_s)_i + (T_f)_i \}}{20}$$

Où

T_s = température à laquelle commence l'émission de fumée, et

T_f = température d'apparition d'une défaillance du CECG

et, dans cet exemple, on a trouvé que T_c était égal à 442,1 K ($\theta_c = 169,0$ °C)

En présumant une distribution de probabilité t de Student, on calcule le paramètre h comme suit:

$$h = \frac{T_c - T_m}{\sigma / \sqrt{10}} = (442,1 - 375) / (3,13 / 3,162) = 67,8$$

Il existe 9 degrés de liberté, $(n-1)$, et la distribution de probabilité t de Student donne une valeur effective de zéro ($8,34 \times 10^{-14}$) pour $\varphi(h)$ quant h est égal à 67,8.

Par conséquent, dans ce cas, $Q_{\text{ign}} = 0$ et donc $Q_f = 0$

Les données d'essai sont présentées dans le Tableau A.2 pour les deux autres modes de fonctionnement, et de façon similaire, on peut calculer les valeurs h et par conséquent les valeurs Q_{ign} .

Tableau A.2 – Température de l'enceinte au point le plus chaud pour un fonctionnement en conditions anormales

Paramètre	Mode de condensateur court	Mode de démarrage long avec condensateur court
T_m / K	380	430
σ / K	5,16	7,38

Les données de défaillance pour l'ensemble des trois modes de fonctionnement anormal sont résumées dans le Tableau A.3.

Tableau A.3 – Données de défaillance pour fonctionnement anormal

Paramètre	Mode de démarrage long	Mode de condensateur court	Mode de démarrage long avec condensateur court
$Q_{fc} \times Q_{fv}^a$	0,06	0,1	0,006
h	67,8	38,1	5,18
$Q_{ign} = \varphi(h)$	$8,34 \times 10^{-14}$ c'est-à-dire effectivement nul	$1,47 \times 10^{-11}$ c'est-à-dire effectivement nul	0,000290
^a Données fondées sur une analyse statistique de données historiques émanant des laboratoires de fabricants.			

La probabilité d'incendie dans le dispositif CECG est donc calculée comme suit:

$$\begin{aligned}
 Q_f &= 1 - [(1 - (0,06 \times 0)) \times (1 - (0,1 \times 0)) \times (1 - (0,006 \times 0,000290))] \\
 &= 1 - [1 \times 1 \times 0,99999826] \\
 &= 1,74 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

Cette valeur est supérieure à 10^{-6} et la probabilité d'incendie est donc considérée comme non admissible. Une modification du dispositif serait donc recommandée; par exemple, l'intégration d'un système de protection.

Bibliographie

- [1] ISO/TR 13387-1, *Fire safety engineering – Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives*
- [2] ISO/TR 13387-3, *Fire safety engineering – Part 3: Assessment and verification of mathematical fire models*
- [3] ISO/TR 13387-4, *Fire safety engineering – Part 4: Initiation and development of fire and generation of fire effluents*
- [4] ISO/TR 13387-5, *Fire safety engineering – Part 5: Movement of fire effluents*
- [5] ISO/TR 13387-6, *Fire safety engineering – Part 6: Structural response and fire spread beyond the enclosure of origin*
- [6] ISO/TR 13387-7, *Fire safety engineering – Part 7: Detection, activation and suppression*
- [7] ISO 16730, *Ingénierie de la sécurité incendie – Evaluation, vérification et validation des méthodes de calcul*
- [8] ISO 16732, *Ingénierie de la sécurité incendie – Evaluation du risque d'incendie*
- [9] ISO 16734, *Ingénierie de la sécurité incendie – Exigences régissant les équations algébriques – Panaches de feu*
- [10] ISO 16735, *Ingénierie de la sécurité incendie – Exigences régissant les équations algébriques – Couches de fumée*
- [11] ISO 16736, *Ingénierie de la sécurité incendie – Exigences régissant les équations algébriques – Ecoulements en jet sous plafond*
- [12] ISO 16737, *Ingénierie de la sécurité incendie – Exigences régissant les équations algébriques – Ecoulements au travers d'une ouverture*
- [13] ISO 6707-1, *Bâtiment et génie civil – Vocabulaire – Partie 1: Termes généraux*
- [14] *Simulation of critical evacuation conditions for a fire scenario involving cables and comparison of two different cables*, Patrick van Hees, Daniel Nilsson and Emil Berggren, Department of Fire Safety Engineering and System Safety Lund University, Sweden, Report 3147, Lund 2010
- [15] *Assessment of the impact of computed and measured fire environments on building evacuation using bench and real scale test data*, Robinson J E, Hull T R, Stec A A, Galea E R, Mahalingam A, Jia F, Patel M K, Persson H & Journeaux T, Interflam Conf. Proc., London 2007
- [16] *The SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings*, 2nd Edition, Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Boston, MA, 2007
- [17] *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 4th Edition, P. J. DiNenno, ed., The Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Boston, MA, 2008

- [18] *Fire Protection Handbook*, 20th Edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA 2008
- [19] *Introduction to Performance-Based Fire Safety*, Custer, R.L.P. and Meacham, B.J., Society of Fire Protection Engineers, USA, 1997
- [20] *NFPA 550: Guide to the Fire Safety Concepts Tree*, National Fire Protection Association, 2007
- [21] *An Introduction to Fire Dynamics*, 2nd Edition, Drysdale, D., 1998
- [22] *The Ignition Handbook: Principles and Applications to Fire Safety Engineering, Fire Investigation, Risk Management and Forensic Science*, Babrauskas, V., Fire Science Publishers, Issaquah WA, 2003
- [23] *Fire behaviour of plastic parts in electrical appliances – standards versus required fire safety objectives*, Babrauskas, V. and Simonson, M., *Fire & Materials*, 31, 83-96, 2007
- [24] *Fire Performance of Electric Cables – new test methods and measurement techniques – FIPEC, Final Report on the European Commission SMT Programme Sponsored Research Project SMT4-CT96-2059*, S. J. Grayson et al., Interscience Communications Ltd., 2000
- [25] ISO 5658-1, -2 et -4, *Essais de réaction au feu – Propagation du feu*
- [26] ISO 5660-1, -2 et -3, *Essais de réaction au feu – Débit calorifique, taux de dégagement de fumée et taux de perte de masse*
- [27] ISO 9239-1 et -2, *Essais de réaction au feu des revêtements de sol*
- [28] ISO 9705, *Essais au feu – Essai dans une pièce en vraie grandeur pour les produits de surface*
- [29] ISO 12136, *Essais de réaction au feu – Mesurage des propriétés des matériaux au moyen d'un appareillage de propagation du feu*
- [30] ISO 12949, *Méthode d'essai normalisée pour mesurer le débit calorifique de matelas et d'éléments de matelas à inflammabilité réduite*
- [31] ISO 14696, *Essais de réaction au feu – Détermination, à l'aide d'un calorimètre à échelle intermédiaire (ICAL), des paramètres thermiques et relatifs au feu des matériaux, produits et ouvrages*
- [32] ISO/TS 17431, *Essais au feu – Essai à échelle réduite utilisant une boîte*
- [33] ISO 24473, *Essais au feu – Calorimétrie ouverte – Mesurage de la vitesse de production de chaleur et de produits de combustion dans le cas de feux ayant un débit thermique inférieur ou égal à 40 MW*
- [34] ISO 13784-1 et -2, *Essais de réaction au feu des systèmes de fabrication de panneaux de type sandwich*
- [35] ISO 13785-1 et -2, *Essais de réaction au feu des façades*
- [36] ISO 20632, *Essais de réaction au feu – Essai en chambre de petite taille de produits ou systèmes de calorifugeage de tuyauterie*

- [37] ISO 22269, *Essais de réaction au feu – Evolution du feu – Essai en vraie grandeur pour les escaliers et les revêtements d’escaliers*
 - [38] GOST 12.1.004-91, *Occupational safety standards system – Fire safety – General requirements*, Euro-Asian Council for Standardization, Metrology and Certification (EASC), 1992
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch