

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE

A method of temperature-rise verification of low-voltage switchgear and controlgear assemblies by calculation

Méthode de vérification par calcul des échauffements pour les ensembles d'appareillage à basse tension

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.130.20

ISBN 978-2-8322-1566-1

**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	7
4 Conditions for application	7
5 Calculation	8
5.1 Necessary information	8
5.2 Calculation procedure.....	8
5.2.1 General	8
5.2.2 Determination of the effective cooling surface A_e of the enclosure.....	8
5.2.3 Determination of the internal temperature rise $\Delta t_{0,5}$ of the air at mid-height of the enclosure	8
5.2.4 Determination of the internal temperature rise $\Delta t_{1,0}$ of air at the top of the enclosure.....	9
5.2.5 Characteristic curve for temperature rise of air inside enclosure	9
6 Evaluation of the design	11
Annex A (informative) Examples for the calculation of the temperature-rise of air inside the enclosures.....	20
A.1 Example 1.....	20
A.2 Example 2.....	23
Annex B (informative) Operating current and power losses of conductors	27
Bibliography.....	32
Figure 1 – Temperature-rise characteristic curve for enclosures with A_e exceeding $1,25 \text{ m}^2$	10
Figure 2 – Temperature-rise characteristic curve for enclosures with A_e not exceeding $1,25 \text{ m}^2$	10
Figure 3 – Enclosure constant k for enclosures without ventilation openings, with an effective cooling surface $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	13
Figure 4 – Temperature distribution factor c for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	14
Figure 5 – Enclosure constant k for enclosures with ventilation openings and an effective cooling surface $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	15
Figure 6 – Temperature distribution factor c for enclosures with ventilation openings and an effective cooling surface $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	16
Figure 7 – Enclosure constant k for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$	17
Figure 8 – Temperature distribution factor c for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$	18
Figure 9 – Calculation of temperature rise of air inside enclosures.....	19
Figure A.1 – Example 1, calculation for an enclosure with exposed side faces without ventilation openings and without internal horizontal partitions	20
Figure A.2 – Example 1, calculation for a single enclosure.....	22
Figure A.3 – Example 2, calculation for an enclosure for wall-mounting with ventilation openings.....	23

Figure A.4 – Example 2, calculation for one enclosure half	24
Figure A.5 – Example 2, calculation for an enclosure for wall-mounting with ventilation openings	26
Table 1 – Method of calculation, application, formulae and characteristics	11
Table 2 – Symbols, units and designations	12
Table 3 – Surface factor b according to the type of installation	12
Table 4 – Factor d for enclosures without ventilation openings and with an effective cooling surface $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	12
Table 5 – Factor d for enclosures with ventilation openings and an effective cooling surface $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	12
Table B.1 – Operating current and power loss of single-core copper cables with a permissible conductor temperature of 70 °C (ambient temperature inside the enclosure: 55 °C)	28
Table B.2 – Reduction factor k_1 for cables with a permissible conductor temperature of 70 °C (extract from IEC 60364-5-52:2009, Table B.52-14)	29
Table B.3 – Operating current and power loss of bare copper bars with rectangular cross-section, run horizontally and arranged with their largest face vertical (ambient temperature inside the enclosure: 55 °C, temperature of the conductor 70 °C)	30
Table B.4 – Factor k_4 for different temperatures of the air inside the enclosure and/or for the conductors	31

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

A METHOD OF TEMPERATURE-RISE VERIFICATION OF LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR ASSEMBLIES BY CALCULATION

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC/TR 60890, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 17D: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1987 and its Amendment 1:1995. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the last edition:

- alignment with IEC 61439-1:2011;
- revision of Annex B;
- general editorial review.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
17D/490/DTR	17D/499/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

INTRODUCTION

In IEC 61439-1, in the series of design verifications, a temperature-rise verification of low-voltage power switchgear and controlgear assemblies (hereafter called ASSEMBLIES) is specified. This may be by test, however, alternatives are acceptable in defined circumstances. Selection of the method used for temperature rise verification is the responsibility of the original manufacturer. Where applicable this technical report may also be used for temperature rise verification of similar products in accordance with other standards. The factors and coefficients, set out in this report have been derived from measurements on numerous ASSEMBLIES and the method has been verified by comparison with test results.

A METHOD OF TEMPERATURE-RISE VERIFICATION OF LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR ASSEMBLIES BY CALCULATION

1 Scope

This Technical Report specifies a method of temperature-rise verification of low-voltage switchgear and controlgear ASSEMBLIES by calculation.

The method is applicable to enclosed ASSEMBLIES or partitioned sections of ASSEMBLIES without forced ventilation. It is not applicable where temperature rise verification to the relevant product standard of the IEC 61439 series has been established

NOTE 1 The influence of the materials and wall thicknesses usually used for enclosures can have some effect on the steady state temperatures. However, the generalised approach used in this technical report ensures it is applicable to enclosures made of sheet steel, sheet aluminium, cast iron, insulating material and the like.

The proposed method is intended to determine the temperature rise of the air inside the enclosure.

NOTE 2 The air temperature within the enclosure is equal to the ambient air temperature outside the enclosure plus the temperature rise of the air inside the enclosure caused by the power losses of the installed equipment.

Unless otherwise specified, the ambient air temperature outside the ASSEMBLY is the air temperature indicated for the installation (average value over 24 h) of 35 °C. If the ambient air temperature outside the ASSEMBLY at the place of use exceeds 35 °C, this higher temperature is deemed to be the ambient air temperature.

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 61439-1:2011, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	36
INTRODUCTION.....	38
1 Domaine d'application	39
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	39
4 Conditions d'application.....	39
5 Calcul	40
5.1 Informations nécessaires	40
5.2 Méthode de calcul.....	40
5.2.1 Généralités	40
5.2.2 Détermination de la surface effective de refroidissement A_e de l'enveloppe	40
5.2.3 Détermination de l'échauffement $\Delta t_{0,5}$ de l'air intérieur à mi-hauteur de l'enveloppe	41
5.2.4 Détermination de l'échauffement $\Delta t_{1,0}$ de l'air intérieur au sommet de l'enveloppe	41
5.2.5 Courbe caractéristique pour l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe	42
6 Vérification de la conception.....	44
Annexe A (informative) Exemples de calcul de l'échauffement de l'air à l'intérieur d'enveloppes	53
A.1 Exemple 1.....	53
A.2 Exemple 2.....	56
Annexe B (informative) Courant de fonctionnement et puissances dissipées par les conducteurs.....	60
Bibliographie.....	65
Figure 1 – Courbe caractéristique de l'échauffement pour enveloppes avec A_e supérieur à $1,25 \text{ m}^2$	42
Figure 2 – Courbe caractéristique de l'échauffement pour enveloppes avec A_e inférieur ou égal à $1,25 \text{ m}^2$	43
Figure 3 – Constante d'enveloppe k pour enveloppes sans ouvertures de ventilation, avec une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	46
Figure 4 – Facteur de répartition de température c pour enveloppes sans ouvertures de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	47
Figure 5 – Constante d'enveloppe k pour enveloppes avec ouvertures de ventilation et une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	48
Figure 6 – Facteur de répartition de température c pour enveloppes avec ouvertures de ventilation et une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	49
Figure 7 – Constante d'enveloppe k pour enveloppes sans ouvertures de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$	50
Figure 8 – Facteur de répartition de température c pour enveloppes sans ouvertures de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$	51
Figure 9 – Calcul de l'échauffement de l'air à l'intérieur d'enveloppes.....	52
Figure A.1 – Exemple 1, calcul pour une enveloppe séparée détachée sur tous les côtés sans ouvertures de ventilation et sans séparations internes horizontales.....	53

Figure A.2 – Exemple 1, calcul pour une enveloppe séparée	55
Figure A.3 – Exemple 2, calcul pour une enveloppe pour montage mural avec ouvertures de ventilation	56
Figure A.4 – Exemple 2, calcul pour une moitié d'enveloppe	57
Figure A.5 – Exemple 2, calcul pour une enveloppe pour montage mural avec ouvertures de ventilation	59
Tableau 1 – Méthode de calcul, application, formules et caractéristiques	44
Tableau 2 – Symboles, unités et désignations	45
Tableau 3 – Facteur de surface b selon le type d'installation	45
Tableau 4 – Facteur d pour enveloppes sans ouvertures de ventilation et avec une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	45
Tableau 5 – Facteur d pour enveloppes avec ouvertures de ventilation et une surface effective de refroidissement $A_e > 1,25 \text{ m}^2$	45
Tableau B.1 – Courant de fonctionnement et puissance dissipée des câbles en cuivre unipolaires avec une température admissible du conducteur de 70 °C (température ambiante à l'intérieur de l'enveloppe: 55 °C)	61
Tableau B.2 – Facteur de réduction k_1 pour les câbles avec une température admissible du conducteur de 70 °C (extrait de l'IEC 60364-5-52:2009, Tableau B.52.14)	62
Tableau B.3 – Courant de fonctionnement et puissance dissipée des barres en cuivre nu de section rectangulaire, cheminant horizontalement et disposées avec leur côté le plus grand verticalement (température ambiante à l'intérieur de l'enveloppe: 55 °C, température du conducteur: 70 °C)	63
Tableau B.4 – Facteur k_4 pour différentes températures de l'air à l'intérieur de l'enveloppe et/ou pour les conducteurs	64

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODE DE VÉRIFICATION PAR CALCUL DES ÉCHAUFFEMENTS POUR LES ENSEMBLES D'APPAREILLAGE À BASSE TENSION

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 tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

L'IEC/TR 60890, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 17D: Ensembles d'appareillages à basse tension, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1987 et son Amendement 1:1995. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à la dernière édition:

- harmonisation avec l'IEC 61439-1:2011;

- révision de l'Annexe B;
- revue éditoriale générale.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
17D/490/DTR	17D/499/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport technique.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

L'IEC 61439-1 spécifie, parmi les vérifications de la conception, une vérification des échauffements des ensembles d'appareillages à basse tension (dénommés ENSEMBLES ci-après). Cela peut être réalisé par essai; cependant, d'autres méthodes sont admises dans des circonstances bien définies. Le choix de la méthode utilisée pour la vérification des échauffements relève de la responsabilité du constructeur d'origine. Le présent rapport technique peut le cas échéant être également utilisé pour la vérification des échauffements de produits similaires conformes à d'autres normes. Les facteurs et coefficients définis dans le présent rapport ont été déduits de mesures effectuées sur de nombreux ENSEMBLES et la méthode a été vérifiée par comparaison avec les résultats d'essai.

MÉTHODE DE VÉRIFICATION PAR CALCUL DES ÉCHAUFFEMENTS POUR LES ENSEMBLES D'APPAREILLAGE À BASSE TENSION

1 Domaine d'application

Ce rapport technique décrit une méthode de vérification par calcul des échauffements pour les ENSEMBLES d'appareillage à basse tension.

La méthode est applicable aux ENSEMBLES sous enveloppe ou aux sections compartimentées des ENSEMBLES sans ventilation forcée. Elle n'est pas applicable lorsque la vérification de l'échauffement a été réalisée conformément à la norme produit de la série IEC 61439.

NOTE 1 Les matériaux et l'épaisseur des parois habituellement utilisés pour les enveloppes peuvent avoir une certaine influence sur les températures en régime établi. Cependant, l'approche généralisée utilisée dans le présent rapport technique garantit l'application de la méthode aux enveloppes en tôle d'acier, tôle d'aluminium, fonte, matériaux isolants et similaires.

La méthode proposée permet de déterminer l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe.

NOTE 2 La température de l'air à l'intérieur de l'enveloppe est égale à la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'enveloppe, augmentée de l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe provenant des puissances dissipées par l'appareillage installé.

Sauf spécification contraire, la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'ENSEMBLE est la température de l'air indiquée pour l'installation (valeur moyenne sur 24 h) de 35 °C. Si la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'ENSEMBLE à l'emplacement d'utilisation excède 35 °C, cette température plus élevée est censée être la température de l'air ambiant.

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 61439-1:2011, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*