

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
354**

Deuxième édition
Second edition
1991-09

Le contenu du corrigendum de mars 1992 a été incorporé dans cette édition.
The contents of the corrigendum of March 1992 has been included in this reprint

**Guide de charge pour transformateurs
de puissance immergés dans l'huile**

**Loading guide for oil-immersed
power transformers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 354: 1991

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific item. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
354

Deuxième édition
Second edition
1991-09

Le contenu du corrigendum de mars 1992 a été incorporé dans cette réimpression
The contents of the corrigendum of March 1992 has been included in this reprint

**Guide de charge pour transformateurs
de puissance immergés dans l'huile**

**Loading guide for oil immersed
power transformer**

© CEI 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX XC
PRICE CODE XC

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

SOMMAIRE

| | Pages |
|-------------------|-------|
| AVANT-PROPOS..... | 4 |

Section 1: Généralités

Articles

| | |
|--|----|
| 1.1 Domaine d'application | 6 |
| 1.2 Objet | 6 |
| 1.3 Définitions | 8 |
| 1.4 Limitations générales et effets d'un régime de charge excédant les valeurs de la plaque signalétique | 10 |
| 1.5 Limitations spécifiques pour les transformateurs de distribution | 18 |
| 1.6 Limitations spécifiques pour les transformateurs de moyenne puissance | 18 |
| 1.7 Limitations spécifiques pour les transformateurs de grande puissance | 20 |

Section 2: Détermination des températures

| | |
|--|----|
| 2.1 Symboles | 24 |
| 2.2 Mesure directe de la température du point chaud | 26 |
| 2.3 Caractéristiques thermiques supposées | 26 |
| 2.4 Equation des températures en régime établi | 32 |
| 2.5 Equation des températures en régime transitoire | 34 |
| 2.6 Vieillessement thermique des isolants de transformateurs | 36 |
| 2.7 Température ambiante | 40 |
| 2.8 Programme informatique | 46 |

Section 3: Tableaux de charge

| | |
|---|----|
| 3.1 Limitations applicables aux tableaux de charge | 62 |
| 3.2 Méthode de représentation des cycles réels de charge par un cycle équivalent rectangulaire à deux paliers | 62 |
| 3.3 Régime continu normal | 66 |
| 3.4 Régime cyclique normal | 66 |
| 3.5 Régime cyclique de secours | 78 |

Annexes

| | |
|---|-----|
| A Régime assigné équivalent dans le cas des autotransformateurs | 128 |
| B Autre méthode de détermination de l'échauffement moyen de l'huile dans les enroulements à partir de mesures effectuées lors d'essais d'échauffement | 132 |
| C Renseignements à joindre à l'appel d'offres et à la commande | 140 |
| D Détermination des paramètres à utiliser dans le cas d'une variation sinusoïdale de la température ambiante | 142 |
| E Exemple d'une application simplifiée du guide de charge | 154 |

CONTENTS

| | Page |
|---|------|
| FOREWORD | 5 |
| Section 1: General | |
| Clause | |
| 1.1 Scope | 7 |
| 1.2 Object | 7 |
| 1.3 Definitions | 9 |
| 1.4 General limitations and effects of loading beyond nameplate rating | 11 |
| 1.5 Specific limitations for distribution transformers | 19 |
| 1.6 Specific limitations for medium power transformers | 19 |
| 1.7 Specific limitations for large power transformers | 21 |
| Section 2: Determination of temperature | |
| 2.1 Symbols | 25 |
| 2.2 Direct measurement of hot-spot temperature | 27 |
| 2.3 Assumed thermal characteristics | 27 |
| 2.4 Steady-state temperature equations | 33 |
| 2.5 Transient temperature equations | 35 |
| 2.6 Thermal ageing of transformer insulation | 37 |
| 2.7 Ambient temperature | 41 |
| 2.8 Computer program | 47 |
| Section 3: Loading tables | |
| 3.1 Limitations applicable to loading tables | 63 |
| 3.2 Method of representing an actual load cycle by an equivalent two-step rectangular load cycle | 63 |
| 3.3 Normal continuous loading | 67 |
| 3.4 Normal cyclic loading | 67 |
| 3.5 Emergency cyclic loading | 79 |
| Annexes | |
| A Equivalent rating for auto-transformers | 129 |
| B Alternative method for determining the winding oil average temperature rise from temperature-rise test measurements | 133 |
| C Information to be supplied with enquiry and order | 141 |
| D Calculation of parameters for sinusoidal variation of ambient temperature | 143 |
| E Example of simplified application of the guide | 155 |

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE DE CHARGE POUR TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE IMMERGÉS DANS L'HUILE

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont considérées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

Le présent guide a été établi par le Comité d'Etudes n° 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Il constitue la deuxième édition de la CEI 14 et remplace la première édition (1972).

Le texte de ce guide est issu des documents suivants:

| Règle des Six Mois | Rapports de vote |
|--------------------|------------------|
| 14(BC)71 | 14(BC)72 et 72A |

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur les votes ayant abouti à l'approbation de ce guide.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans le présent guide:

- Publications nos
- 76: Transformateurs de puissance.
 - 76-1 (1976): Première partie: Généralités.
 - 76-2 (1976): Deuxième partie: Echauffement.
 - 76-4 (1976): Quatrième partie: Prises et connexions.
 - 76-5 (1976): Cinquième partie: Tenue au court-circuit.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOADING GUIDE FOR OIL-IMMERSED POWER TRANSFORMERS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, expressed, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This guide has been prepared by IEC Technical Committee No. 14: Power transformers.

It forms the second edition of IEC 254 and replaces the first edition (1972).

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

| Six Months' Rule | Reports on Voting |
|------------------|-------------------|
| 14(CO)71 | 14(CO)72 and 72A |

Full information on the voting for the approval of this guide can be found in the Voting Report indicated in the above table.

The following IEC Publications are quoted in this guide:

| | |
|-------------------|--|
| Publications Nos. | 76: Power transformers. |
| | 76-1 (1976): Part 1: General. |
| | 76-2 (1976): Part 2: Temperature rise. |
| | 76-4 (1976): Part 4: Tappings and connections. |
| | 76-5 (1976): Part 5: Ability to withstand short circuit. |

GUIDE DE CHARGE POUR TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE IMMERGÉS DANS L'HUILE

Section 1: Généralités

1.1 Domaine d'application

Ce guide est applicable aux transformateurs immergés dans l'huile répondant aux prescriptions de la CEI 76. Il indique comment, dans certaines limites, les transformateurs peuvent être chargés au-dessus des conditions assignées. Dans le cas des transformateurs de four, du fait du profil de charge particulier, il convient de consulter le constructeur.

1.2 Objet

Ce guide donne des conseils pour établir les spécifications et les régimes de charge des transformateurs de puissance du point de vue des températures de fonctionnement et du vieillissement thermique. Il donne des recommandations pour le fonctionnement à une charge supérieure à la valeur assignée et pour aider les utilisateurs, dans le cas de nouvelles installations, à choisir les grandeurs assignées appropriées et les conditions de charge.

La CEI 76-2 définit les exigences en matière de valeurs d'échauffements et d'essais correspondants, des transformateurs immergés dans l'huile, dans le cas d'une charge continue de valeur assignée. Il convient de noter que la CEI 76-2 se réfère à l'échauffement moyen de l'enroulement, alors que le présent guide se réfère essentiellement à la température du point chaud; les valeurs indiquées ne sont donc données qu'à titre de conseil.

Ce guide donne des modèles mathématiques permettant d'estimer les conséquences de différents régimes de charge, continus ou cycliques, pour différentes températures du milieu réfrigérant. Ces modèles comprennent le calcul des températures de fonctionnement dans le transformateur, en particulier de la température la plus chaude de l'enroulement. Cette température du point chaud est utilisée, à son tour, pour évaluer une vitesse relative de vieillissement thermique.

Ce guide présente, en outre, des recommandations pour limiter la charge admissible suivant les résultats des calculs de température. Ces recommandations concernent les différentes catégories de transformateurs par taille et importance, et également selon différents types de régimes de charge: *régime de charge continu, régime cyclique non perturbé, ou régimes temporaires de secours.*

Dans le cas des petits transformateurs, appelés ici *transformateurs de distribution*, le guide donne des courbes qui permettent d'évaluer un régime de charge cyclique à une température ambiante donnée, par rapport aux conditions de charge assignées sous une température ambiante normale, pour un transformateur répondant aux exigences de la CEI 76-2.

LOADING GUIDE FOR OIL-IMMERSED POWER TRANSFORMERS

Section 1: General

1.1 Scope

This guide is applicable to oil-immersed transformers complying with IEC 76. It indicates how, within limits, transformers may be loaded above rated conditions. For service transformers, the manufacturer should be consulted in view of the peculiar loading profile.

1.2 Object

This guide provides guidance for the specification and loading of power transformers from the point of view of operating temperatures and thermal ageing. It provides recommendations for loading above the nameplate rating and guidance for the planner to choose appropriate rated quantities and loading conditions for new installations.

IEC 76-2 contains the requirements and tests relating to temperature rise figures for oil-immersed transformers during continuous rated loading. It should be noted that IEC 76-2 refers to the average winding temperature rise while the present guide refers mainly to the hot-spot temperature and the stated values are provided only for guidance.

The guide gives mathematical models for judging the consequence of different loadings, with different temperatures of the cooling medium, and with transient or cyclical variation with time. The models provide for the calculation of operating temperatures in the transformer, particularly the temperature of the hottest part of the winding. This hot-spot temperature is, in turn, used for evaluation of a relative value for the rate of thermal ageing.

The guide further presents recommendations for limitations of permissible loading according to the results of the temperature calculations. These recommendations refer to different categories of transformers by size and importance, and also to different types of loading duty – *continuous loading, normal cyclic undisturbed loading or temporary, emergency loading.*

For small transformers, here called *distribution transformers*, the guide provides curves which make it possible to evaluate cyclic loading at specific ambient temperatures in comparison with conditions at rated loading under normal ambient temperature, for a transformer which fulfils the requirements of IEC 76-2.