

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**  
**NORME DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**  
**IEC STANDARD**

**Publication 34-1**

*Huitième édition — Eighth edition*  
1983

---

**Machines électriques tournantes**

**Première partie Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement**

---

**Rotating electrical machines**

**Part 1 Rating and performance**

---



© CEI 1983

Droits de reproduction réservés — Copyright all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe  
Genève, Suisse

## Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication,

## Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, 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 pages 3 and 4 of the cover, which list IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**  
**NORME DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**  
**IEC STANDARD**

**Publication 34-1**

Huitième édition — Eighth edition  
1983

---

**Machines électriques tournantes**

**Première partie Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement**

---

**Rotating electrical machines**

**Part 1 Rating and performance**

---



© CEI 1983

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

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1983

# Withdrawn

## **CORRIGENDA**

### **Page 31**

*Sub-clause 11 2 2 b), delete the word final*

*(Correction du texte anglais seulement )*

### **Page 40**

*Paragraphe 15 3, avant dernier alinéa, remplacer le texte existant par le suivant*

Pour les enroulements d'induits à collecteurs et pour les enroulements d'excitation, à l'exception des enroulements d'excitation dans les rotors cylindriques de machines synchrones, la méthode par variation de résistance et la méthode par thermomètre sont admises (voir également paragraphe 15 3 3) La méthode préférée est la méthode par variation de résistance

*(Correction to French text only)*

### **Page 51**

*Sub-clause 16 1, first paragraph, fourth line, delete the parenthesis after 1 000 m*

*Correction du texte anglais seulement )*

### **Page 52**

*Note <sup>(4)</sup> en bas de la page Remplacer le texte existant par le suivant*

<sup>(4)</sup> Des rubans détecteurs sensibles à la température peuvent être utilisés à la place d'un thermomètre

*(Correction to French text only)*

### **Page 63**

*Sub-clause 16 4 2, second paragraph, fifth line, replace the word increased by the word reduced*

*(Correction du texte anglais seulement )*

### **Page 64**

*Deuxième paragraphe, quatrième ligne, remplacer les mots dernière valeur par moitié*

*(Correction to French text only)*

### **Page 90**

**Article 29, Coordination des tensions et des puissances**

*Dans le tableau, remplacer  $U_n$  par  $U_N$*

### **Page 91**

**Clause 29, Co-ordination of voltages and outputs**

*In the table, replace  $U_n$  by  $U_N$*

## SOMMAIRE

|                                                                                                                        | Pages |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE                                                                                                              | 6     |
| PRÉFACE                                                                                                                | 6     |
| SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION                                                                                     |       |
| Articles                                                                                                               |       |
| 1 Domaine d'application                                                                                                | 12    |
| SECTION DEUX — DÉFINITIONS                                                                                             |       |
| 2 Généralités                                                                                                          | 12    |
| SECTION TROIS — SERVICES ET CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES                                                                 |       |
| 3 Règles de spécification d'un service et de choix d'une classe de caractéristiques assignées                          | 18    |
| 4 Services types                                                                                                       | 20    |
| 5 Classes de caractéristiques assignées                                                                                | 22    |
| 6 Désignation                                                                                                          | 24    |
| 7 Attribution des caractéristiques assignées                                                                           | 26    |
| 8 Puissance assignée                                                                                                   | 28    |
| 9 Tension assignée                                                                                                     | 28    |
| 10 Machines à plus d'un ensemble de caractéristiques assignées                                                         | 28    |
| SECTION QUATRE — CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT                                                                          |       |
| 11 Altitude, température et fluide de refroidissement                                                                  | 30    |
| 12 Conditions électriques                                                                                              | 32    |
| SECTION CINQ — ÉCHAUFFEMENT                                                                                            |       |
| 13 (Réservé pour utilisation future)                                                                                   | 36    |
| 14 Conditions pendant l'essai d'échauffement                                                                           | 36    |
| 15 Détermination de l'échauffement                                                                                     | 38    |
| 16 Limites de températures et d'échauffement                                                                           | 50    |
| SECTION SIX — ESSAIS DIÉLECTRIQUES                                                                                     |       |
| 17 Essais diélectriques                                                                                                | 62    |
| SECTION SEPT — CARACTÉRISTIQUES DIVERSES                                                                               |       |
| 18 Surintensité occasionnelle des machines tournantes                                                                  | 68    |
| 19 Excès momentané de couple des moteurs                                                                               | 68    |
| 20 Couple minimal pendant le démarrage                                                                                 | 70    |
| 21 Survitesse                                                                                                          | 72    |
| 22 Déséquilibre de courant des machines synchrones                                                                     | 76    |
| 23 Courant de court-circuit                                                                                            | 76    |
| 24 Epreuve de tenue au court-circuit des machines synchrones                                                           | 78    |
| SECTION HUIT — ESSAI DE COMMUTATION                                                                                    |       |
| 25 Essai de commutation pour machines à collecteur à courant continu ou à courant alternatif                           | 78    |
| SECTION NEUF — TOLÉRANCES                                                                                              |       |
| 26 Nomenclature des tolérances sur les grandeurs figurant dans les caractéristiques assignées des machines électriques | 78    |
| SECTION DIX — PLAQUES SIGNALÉTIQUES                                                                                    |       |
| 27 Plaques signalétiques                                                                                               | 82    |
| SECTION ONZE — IRRÉGULARITÉS DE LA FORME D'ONDE                                                                        |       |
| 28 Prescriptions et essais                                                                                             | 84    |

## CONTENTS

|                                                                                       | Page |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD                                                                              | 7    |
| PREFACE                                                                               | 7    |
| SECTION ONE — SCOPE                                                                   |      |
| Clause<br>1 Scope                                                                     | 13   |
| SECTION TWO — DEFINITIONS                                                             |      |
| 2 General                                                                             | 13   |
| SECTION THREE — DUTY AND RATING                                                       |      |
| 3 Rules for declaration of duty and for selection of a class of rating                | 19   |
| 4 Duty types                                                                          | 21   |
| 5 Classes of rating                                                                   | 23   |
| 6 Designation                                                                         | 25   |
| 7 Assignment of ratings                                                               | 27   |
| 8 Rated output                                                                        | 29   |
| 9 Rated voltage                                                                       | 29   |
| 10 Machines with more than one rating                                                 | 29   |
| SECTION FOUR — OPERATING CONDITIONS                                                   |      |
| 11 Altitude, temperature and coolant                                                  | 31   |
| 12 Electrical conditions                                                              | 33   |
| SECTION FIVE — TEMPERATURE RISE                                                       |      |
| 13 (Reserved for future use)                                                          | 37   |
| 14 Conditions during temperature-rise test                                            | 37   |
| 15 Determination of temperature rise                                                  | 39   |
| 16 Limits of temperatures and temperature rises                                       | 51   |
| SECTION SIX — DIELECTRIC TESTS                                                        |      |
| 17 Dielectric tests                                                                   | 63   |
| SECTION SEVEN — MISCELLANEOUS CHARACTERISTICS                                         |      |
| 18 Occasional excess current for rotating machines                                    | 69   |
| 19 Momentary excess torque for motors                                                 | 69   |
| 20 Pull-up torque                                                                     | 71   |
| 21 Overspeed                                                                          | 73   |
| 22 Unbalanced currents of synchronous machines                                        | 77   |
| 23 Short-circuit current                                                              | 77   |
| 24 Short-circuit withstand test for synchronous machines                              | 79   |
| SECTION EIGHT — COMMUTATION TEST                                                      |      |
| 25 Commutation test for direct or alternating current commutator machines             | 79   |
| SECTION NINE — TOLERANCES                                                             |      |
| 26 Schedule of tolerances on quantities involved in the rating of electrical machines | 79   |
| SECTION TEN — RATING PLATES                                                           |      |
| 27 Rating plates                                                                      | 83   |
| SECTION ELEVEN — IRREGULARITIES OF WAVEFORM                                           |      |
| 28 Requirements and tests                                                             | 85   |

|                                                             | Pages |
|-------------------------------------------------------------|-------|
| SECTION DOUZE — COORDINATION DES TENSIONS ET DES PUISSANCES |       |
| Articles                                                    |       |
| 29 Coordination des tensions et des puissances              | 90    |
| SECTION TREIZE — PRESCRIPTIONS DE CONSTRUCTION              |       |
| 30 Bornes de terre                                          | 90    |
| 31 Clavette de bout d'arbre                                 | 92    |
| FIGURES                                                     | 94    |

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1983



|                                                        | Page |
|--------------------------------------------------------|------|
| SECTION TWELVE — CO-ORDINATION OF VOLTAGES AND OUTPUTS |      |
| Clause                                                 |      |
| 29 Co-ordination of voltages and outputs               | 91   |
| SECTION THIRTEEN — CONSTRUCTIONAL REQUIREMENTS         |      |
| 30 Earth terminals                                     | 91   |
| 31 Shaft extension key                                 | 93   |
| FIGURES                                                | 94   |

Withdrawing  
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1983

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

## Première partie: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement

## PRÉAMBULE

- 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 agréées 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.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations

## PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 2 de la CEI: Machines tournantes

Elle constitue la huitième édition de la Publication 34-1 et comporte les Modifications n° 1 (1977), n° 2 (1979), n° 3 (1980) et n° 4 (1981). Elle annule et remplace la septième édition parue en 1969.

Cette nouvelle édition comporte des modifications rédactionnelles y compris celles qui permettent d'harmoniser le texte avec la Publication 50(151) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.

La présente norme constitue la première partie d'une série de publications traitant de machines électriques tournantes, dont les autres parties sont:

- |                     |                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Deuxième partie:    | Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction), éditée comme Publication 34-2 de la CEI |
| Troisième partie:   | Valeurs nominales et caractéristiques des turbo-machines triphasées à 50 Hz, éditée comme Publication 34-3 de la CEI                                                                                             |
| Quatrième partie:   | Méthodes pour la détermination à partir d'essais des grandeurs des machines synchrones, éditée comme Publication 34-4 de la CEI                                                                                  |
| Cinquième partie:   | Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines tournantes, éditée comme Publication 34-5 de la CEI                                                                             |
| Sixième partie:     | Modes de refroidissement des machines tournantes, éditée comme Publication 34-6 de la CEI                                                                                                                        |
| Septième partie:    | Symboles pour les formes de construction et les dispositions de montage des machines électriques tournantes, éditée comme Publication 34-7 de la CEI                                                             |
| Huitième partie:    | Marques d'extrémités et sens de rotation des machines tournantes, éditée comme Publication 34-8 de la CEI                                                                                                        |
| Neuvième partie:    | Limites du bruit, éditée comme Publication 34-9 de la CEI                                                                                                                                                        |
| Dixième partie:     | Conventions relatives à la description des machines synchrones, éditée comme Publication 34-10 de la CEI                                                                                                         |
| Onzième partie:     | Protection thermique incorporée, Chapitre I: Règles concernant la protection des machines électriques tournantes, éditée comme Publication 34-11 de la CEI                                                       |
| Douzième partie:    | Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse pour des tensions d'alimentation inférieures ou égales à 660 V, éditée comme Publication 34-12 de la CEI              |
| Treizième partie:   | Spécification pour les moteurs auxiliaires pour laminoirs, éditée comme Publication 34-13 de la CEI                                                                                                              |
| Quatorzième partie: | Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm. Mesurage, évaluation et limites de l'intensité vibratoire, éditée comme Publication 34-14 de la CEI                    |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES

## Part 1: Rating and performance

## 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, express, 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 recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations

## PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 2: Rotating Machinery

It forms the eighth edition of Publication 34-1 and incorporates Amendments No. 1 (1977), No. 2 (1979), No. 3 (1980) and No. 4 (1981). It supersedes the seventh edition issued in 1969.

This new edition incorporates editorial changes including those necessary to align the text with IEC Publication 50(151): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices

This standard forms Part 1 of a series of publications dealing with rotating electrical machines, the other parts being:

- Part 2: Methods for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machinery from Tests (excluding Machines for Traction Vehicles), issued as IEC Publication 34-2
- Part 3: Ratings and Characteristics of Three-phase, 50 Hz Turbine-type Machines, issued as IEC Publication 34-3
- Part 4: Methods for Determining Synchronous Machine Quantities from Tests, issued as IEC Publication 34-4
- Part 5: Classification of Degrees of Protection provided by Enclosures for Rotating Machines, issued as IEC Publication 34-5
- Part 6: Methods of Cooling Rotating Machinery, issued as IEC Publication 34-6
- Part 7: Symbols for Types of Construction and Mounting Arrangements of Rotating Electrical Machinery, issued as IEC Publication 34-7
- Part 8: Terminal Markings and Direction of Rotation of Rotating Machines, issued as IEC Publication 34-8
- Part 9: Noise Limits, issued as IEC Publication 34-9
- Part 10: Conventions for Description of Synchronous Machines, issued as IEC Publication 34-10
- Part 11: Built-in Thermal Protection, Chapter I: Rules for Protection of Rotating Electrical Machines, issued as IEC Publication 34-11
- Part 12: Starting Performance of Single-speed Three-phase Cage Induction Motors for Voltages up to and Including 660 V, issued as IEC Publication 34-12
- Part 13: Specification for Mill Auxiliary Motors, issued as IEC Publication 34-13
- Part 14: Mechanical Vibration of Certain Machines with Shaft Heights 56 mm and Higher — Measurement, Evaluation and Limits of the Vibration Severity, issued as IEC Publication 34-14

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Stockholm en 1980 et à Zurich en 1982. A la suite de la réunion de Stockholm, un projet, document 2(Bureau Central)470, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1980. Un projet révisé fut diffusé selon la Procédure Accélérée en avril 1980, puis comme document 2(Bureau Central)472, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1980. Deux projets complémentaires, documents 2(Bureau Central)474 et 475, furent soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1981.

A la suite de la réunion de Zurich, des projets, documents 2(Bureau Central)485, 486, 487, 488, 489 et 490, furent soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1982.

Des modifications aux documents 2(Bureau Central)475 et 487, documents 2(Bureau Central)483 et 501, furent soumis à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois, respectivement en janvier 1982 et en février 1983.

Les Comités nationaux des pays ci après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

| Pays \ 2(BC)                                  | 470 | 472 | 474 | 475 | 483 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 501 |
|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Afrique du Sud (République d')                | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Allemagne                                     |     | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Argentine                                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Australie                                     | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Autriche                                      |     |     |     | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Belgique                                      | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Bulgarie                                      | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Canada                                        | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Chine                                         | +   | +   | +   |     |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Corée (République de)                         |     |     |     | +   |     |     | +   |     |     |     |     |     |
| Corée (République démocratique populaire de)  | +   |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |
| Danemark                                      | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Egypte                                        | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Espagne                                       | +   | +   |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Etats-Unis d'Amérique                         | +   |     | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Finlande                                      | +   | +   |     | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| France                                        | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Hongrie                                       | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Italie                                        |     |     | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Japon                                         | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Pays-Bas                                      | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Pologne                                       | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| République Démocratique Allemande             | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Roumanie                                      | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Royaume-Uni                                   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Suède                                         | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Suisse                                        | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Tchécoslovaquie                               | +   | +   | +   |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Turquie                                       | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Union des Républiques Socialistes Soviétiques |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   |     |
| Yougoslavie                                   |     |     | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |

Autres publications de la C E I citées dans la présente norme

Publications n°s

- 34: Machines électriques tournantes
- 34-2: Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)
- 34-3: Troisième partie: Valeurs nominales et caractéristiques des turbo-machines triphasées à 50 Hz
- 34-6: Sixième partie: Modes de refroidissement des machines tournantes
- 34-7: Septième partie: Symboles pour les formes de construction et les dispositions de montage des machines électriques tournantes
- 38: Tensions normales de la C E I
- 50: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)
- 50(151): Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques
- 50(411): Chapitre 411: Machines tournantes

Drafts were discussed at the meetings held in Stockholm in 1980 and in Zurich in 1982. As a result of the meeting held in Stockholm, a draft, Document 2(Central Office)470, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1980. A revised draft was circulated to the National Committees under the Accelerated Procedure in April 1980 and, as Document 2(Central Office)472, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1980. Two further drafts, Documents 2(Central Office)474 and 475, were submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1981.

As a result of the meeting held in Zurich, drafts, Documents 2(Central Office)485, 486, 487, 488, 489 and 490 were submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1982.

Amendments to Documents 2(Central Office)475 and 487, Documents 2(Central Office)483 and 501, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January 1982 and February 1983 respectively.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication

| Countries                               | 2(CO) | 470 | 472 | 474 | 475 | 483 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 501 |
|-----------------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Argentina                               |       |     |     |     |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   |     |
| Australia                               |       | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Austria                                 |       |     |     |     | +   |     | +   | +   |     | +   | +   | +   |     |
| Belgium                                 |       | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Bulgaria                                |       | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Canada                                  |       | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| China                                   |       | +   | +   | +   |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Czechoslovakia                          |       | +   | +   | +   |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Denmark                                 |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Egypt                                   |       | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Finland                                 |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| France                                  |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| German Democratic Republic              |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Germany                                 |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Hungary                                 |       | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Italy                                   |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Japan                                   |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Korea (Democratic People's Republic of) |       | +   |     |     |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     |
| Korea (Republic of)                     |       |     |     |     | +   |     | +   | +   |     |     |     |     |     |
| Netherlands                             |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Poland                                  |       | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Romania                                 |       | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| South Africa (Republic of)              |       | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Spain                                   |       | +   | +   |     |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Sweden                                  |       | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Switzerland                             |       | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Turkey                                  |       | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Union of Soviet Socialist Republics     |       |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   |     | +   | +   | +   |     |
| United Kingdom                          |       | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| United States of America                |       | +   |     | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| Yugoslavia                              |       |     |     | +   | +   | +   |     |     |     |     |     |     |     |

Other IEC publications quoted in this standard

Publications Nos 34: Rotating Electrical Machines

34-2: Part 2: Methods for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machinery from Tests (excluding Machines for Traction Vehicles)

34-3: Part 3: Ratings and Characteristics of Three-phase, 50 Hz Turbine-type Machines

34-6: Part 6: Methods of Cooling Rotating Machinery

34-7: Part 7: Symbols for Types of Construction and Mounting Arrangements for Rotating Electrical Machinery

38: IEC Standard Voltages

50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV)

50(151): Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices

50(411): Chapter 411: Rotating Machines

- Publications nos**
- 79: Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses
  - 92: Installations électriques à bord des navires
  - 117: Symboles graphiques recommandés
  - 117-1: Première partie: Nature de courant, système de distribution, modes de connexion et éléments de circuits
  - 279: Mesure de la résistance des enroulements d'une machine à courant alternatif en fonctionnement sous tension alternative
  - 349: Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers
  - 445: Identification des bornes d'appareils et règles générales pour un système uniforme de marquage des bornes utilisant une notation alphanumérique

*Autre publication citée*

- Norme ISO 497:** Guide pour le choix des séries de nombres normaux et des séries comportant des valeurs plus arrondies de nombres normaux

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1983

Without watermark

|                  |                                                                                                                                       |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Publications Nos | 79: Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres                                                                                |
|                  | 92: Electrical Installations in Ships                                                                                                 |
|                  | 117: Recommended Graphical Symbols                                                                                                    |
|                  | 117-1: Part 1: Kind of Current, Distribution Systems, Methods of Connection and Circuit Elements                                      |
|                  | 279: Measurement of the Winding Resistance of an A C Machine during Operation at Alternative Voltage                                  |
|                  | 349: Rules for Rotating Electrical Machines for Rail and Road Vehicles                                                                |
|                  | 445: Identification of Apparatus Terminals and General Rules for a Uniform System of Terminal Marking, Using an Alphanumeric Notation |

*Other publication quoted*

|                   |                                                                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO Standard 497: | Guide to the Choice of Series of Preferred Numbers and of Series Containing more Rounded Values of Preferred Numbers |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Withdrawing  
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1983

# MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

## Première partie: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement

### SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION

#### 1 Domaine d'application

La présente norme est applicable à toutes les machines tournantes à l'exception de celles qui font l'objet d'autres normes de la CEI, par exemple la Publication 349 de la CEI Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers

Les machines comprises dans le domaine d'application de la présente norme peuvent également être soumises à des prescriptions nouvelles, modifiées ou complémentaires figurant dans d'autres publications de la CEI, par exemple la Publication 79 de la CEI Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses, et la Publication 92 de la CEI Installations électriques à bord des navires

*Note* — S'il est nécessaire de modifier certains articles de la présente norme afin de permettre des applications spéciales, par exemple pour les matériels soumis à des rayonnements ou les matériels aérospatiaux, tous les autres articles restent valables, pour autant qu'ils ne soient pas en contradiction avec ces spécifications particulières

### SECTION DEUX — DÉFINITIONS

#### 2 Généralités

Pour les définitions des termes généraux utilisés dans la présente norme, il convient de se reporter à la Publication 50(411) de la CEI Vocabulaire Electrique International (VEI), Chapitre 4.1 Machines tournantes

Dans la présente norme, les définitions suivantes sont applicables

##### 2.1 *Caractéristiques assignées*

Ensemble des valeurs numériques des grandeurs électriques et mécaniques, associées à leurs durées et à leur ordre de succession dans le temps, attribuées à la machine par le constructeur et indiquées sur la plaque signalétique, la machine étant conforme aux conditions spécifiées

##### 2.2 *Valeur assignée*

Valeur numérique d'une grandeur entrant dans la définition des caractéristiques assignées

##### 2.3 *Puissance assignée*

Valeur numérique de la puissance entrant dans la définition des caractéristiques assignées



## ROTATING ELECTRICAL MACHINES

### Part 1: Rating and performance

---

#### SECTION ONE — SCOPE

##### 1 Scope

This standard is applicable to all rotating machines except those covered by other IEC standards — for example, IEC Publication 349 Rules for Rotating Electrical Machines for Rail and Road Vehicles

Machines within the scope of this standard may also be subject to superseding, modifying or additional requirements in other publications — for example, IEC Publication 79 Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres, and IEC Publication 92 Electrical Installations in Ships

*Note* — If particular clauses of this standard are modified to meet special applications, for example machines subject to radioactivity or machines for aerospace all other clauses apply in so far as they are compatible

#### SECTION TWO — DEFINITIONS

##### 2 General

For the definitions of general terms used in this standard, reference should be made to IEC Publication 50(411) International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 411 Rotating Machines

For the purpose of this standard, the following definitions apply

##### 2.1 Rating

The whole of the numerical values of the electrical and mechanical quantities with their durations and sequence assigned to the machine by the manufacturer and stated on the rating plate, the machine complying with the specified conditions

##### 2.2 Rated value

The numerical value of a quantity included in the rating

##### 2.3 Rated output

The numerical value of the output included in the rating

## 2.4 *Charge*

Ensemble des valeurs numériques des grandeurs électriques et mécaniques qui caractérisent les exigences imposées à une machine tournante par un circuit électrique ou un dispositif mécanique à un instant donné

## 2.5 *Fonctionnement à vide*

Etat de fonctionnement d'une machine tournant à une puissance nulle (mais les autres conditions étant les conditions normales de fonctionnement)

## 2.6 *Pleine charge*

Valeur de charge la plus élevée spécifiée pour une machine fonctionnant à la puissance assignée

## 2.7 *Puissance à pleine charge*

Valeur la plus élevée de puissance spécifiée pour une machine fonctionnant à la puissance assignée

*Note* — Cette notion est également applicable au couple, au courant, à la vitesse, etc

## 2.8 *Repos*

Absence complète de tout mouvement et de toute alimentation électrique ou de tout entraînement mécanique

## 2.9 *Service*

Stipulation de la charge (des charges) à laquelle (auxquelles) la machine est soumise, y compris, le cas échéant, les périodes de démarrage, de freinage électrique, de fonctionnement à vide et de repos, ainsi que leurs durées et leur ordre de succession dans le temps

## 2.10 *Service type*

Service continu, temporaire ou périodique comprenant une ou plusieurs charges qui restent constantes pendant la durée spécifiée ou service non périodique pendant lequel généralement la charge et la vitesse varient dans la plage de fonctionnement admissible

## 2.11 *Equilibre thermique*

Etat atteint lorsque les échauffements des diverses parties de la machine ne varient pas de plus de 2 K pendant 1 h

## 2.12 *Facteur de marche*

Rapport entre la période de fonctionnement en charge, y compris le démarrage et le freinage électrique, et la durée du cycle de service, exprimé en pour-cent

## 2.13 *Couple à rotor bloqué*

Couple minimal mesuré que développe le moteur alimenté à la tension et à la fréquence assignées quand son rotor est maintenu bloqué

## 2.14 *Courant à rotor bloqué*

Valeur efficace, mesurée en régime établi, du courant absorbé par le moteur lorsqu'il est alimenté à la tension et à la fréquence assignées, et que son rotor est maintenu bloqué

## 2 4 *Load*

All the numerical values of the electrical and mechanical quantities that signify the demand to be made on a rotating machine by an electrical circuit or a mechanism at a given instant

## 2 5 *No-load (operation)*

The state of a machine rotating with zero output power (but under otherwise normal operating conditions)

## 2 6 *Full load*

The highest value of load specified for a machine operating at rated output

## 2 7 *Full load power*

The highest value of power specified for a machine operating at rated output

*Note* — This concept also applies to torque, current, speed, etc

## 2 8 *Rest and de-energized*

The complete absence of all movement and of all electrical supply or mechanical drive

## 2 9 *Duty*

The statement of the load(s) to which the machine is subjected, including, if applicable, starting, electric braking, no-load and rest and de-energized periods, and including their durations and sequence in time

## 2 10 *Duty type*

A continuous, short time or periodic duty, comprising one or more loads remaining constant for the duration specified, or a non-periodic duty in which generally load and speed vary within the permissible operating range

## 2 11 *Thermal equilibrium*

The state reached when the temperature rises of the several parts of the machine do not vary by more than 2 K over a period of 1 h

## 2 12 *Cyclic duration factor*

The ratio between the period of loading, including starting and electric braking, and the duration of the duty cycle, expressed as a percentage

## 2 13 *Locked rotor torque*

The minimum measured torque which the motor develops with the rotor locked and rated voltage applied at rated frequency

## 2 14 *Locked rotor current*

The measured steady-state root-mean-square current taken from the line with the rotor locked with rated voltage and frequency applied

## 2 15 *Couple minimal pendant le démarrage (d'un moteur à courant alternatif)*

Couple le plus petit que développe le moteur entre la vitesse nulle et la vitesse qui correspond au couple maximal lorsque le moteur est alimenté à la tension et à la fréquence assignées

La présente définition ne s'applique pas à ceux des moteurs asynchrones dont le couple diminue continuellement lorsque la vitesse augmente

*Note* — Cette valeur s'applique à la caractéristique usuelle du couple moyen qui exclut les effets transitoires

## 2 16 *Couple maximal (couple de décrochage) d'un moteur à courant alternatif*

Couple le plus élevé que développe le moteur à sa température de fonctionnement, à la tension et à la fréquence assignées, sans chute brutale de vitesse

La présente définition ne s'applique pas à ceux des moteurs asynchrones dont le couple diminue continuellement quand la vitesse augmente

*Note* — Cette valeur s'applique à la caractéristique usuelle du couple moyen qui exclut les effets transitoires

## 2 17 *Couple de décrochage synchrone*

Couple le plus élevé que développe un moteur synchrone à sa température de fonctionnement et à la vitesse de synchronisme, à la tension, à la fréquence et à l'excitation assignées

## 2 18 *Refroidissement*

Opération par laquelle la chaleur provenant des pertes produites dans une machine est cédée tout d'abord à un fluide de refroidissement primaire, en augmentant la température de celui-ci. Le fluide primaire réchauffé peut être remplacé par un fluide frais à température plus basse ou être lui-même refroidi dans un échangeur de chaleur par un fluide de refroidissement secondaire

## 2 19 *Fluide de refroidissement*

Fluide (liquide ou gaz) par l'intermédiaire duquel la chaleur est transférée

## 2 20 *Fluide de refroidissement primaire*

Liquide ou gaz qui, se trouvant à une température inférieure à celle des pièces de la machine et en contact avec celles-ci, transporte la chaleur cédée par ces pièces

## 2 21 *Fluide de refroidissement secondaire*

Fluide de refroidissement qui, se trouvant à une température inférieure à celle du fluide de refroidissement primaire, transporte la chaleur cédée par ce fluide primaire au moyen d'un échangeur de chaleur

## 2 22 *Enroulement à refroidissement direct (refroidissement interne)*

Enroulement dans lequel le fluide de refroidissement parcourt des conducteurs creux, tubes ou canaux, qui font partie intégrante de l'enroulement à l'intérieur de l'isolation principale

## 2 23 *Enroulement à refroidissement indirect*

Enroulement refroidi par toute autre méthode que celle qui est indiquée au paragraphe 2 22

*Notes 1* — Dans tous les cas où «indirect» ou «direct» n'est pas indiqué, il s'agit d'un enroulement à refroidissement indirect

2 — Pour des définitions autres que celles des paragraphes 2 18 à 2 23 concernant les modes et les fluides de refroidissement, se référer à la Publication 34-6 de la CEI: Machines électriques tournantes, Sixième partie: Modes de refroidissement des machines tournantes

## 2 15 *Pull-up torque (of an a c motor)*

The smallest torque which the motor develops between zero speed and the speed which corresponds to the breakdown torque when the motor is supplied at the rated voltage, and frequency

This definition does not apply to those asynchronous motors of which the torque continually decreases with increase in speed

*Note* — This value applies to the usual mean torque characteristic which excludes transient effects

## 2 16 *Breakdown torque (of an a c motor)*

The maximum torque which the motor develops with rated voltage and frequency applied at operating temperature without an abrupt drop in speed

This definition does not apply to those asynchronous motors of which the torque continually decreases with increase in speed

*Note* — This value applies to the usual mean torque characteristic which excludes transient effects

## 2 17 *Pull-out torque (of a synchronous motor)*

The maximum torque which the synchronous motor develops at operating temperature and at synchronous speed with rated voltage, frequency and field current

## 2 18 *Cooling*

A procedure by means of which heat resulting from losses occurring in a machine is given up first to a primary coolant, by increasing its temperature. The heated primary coolant may be replaced by a new coolant at a lower temperature or may be cooled by a secondary coolant in some form of heat exchanger

## 2 19 *Coolant*

A medium (liquid or gas) by means of which heat is transferred

## 2 20 *Primary coolant*

A medium (liquid or gas) which, by being at a lower temperature than a part of a machine and in contact with it, removes heat from that part

## 2 21 *Secondary coolant*

A medium (liquid or gas) which, being at a lower temperature than the primary coolant, removes the heat given up by this primary coolant by means of a heat exchanger

## 2 22 *Direct cooled (inner cooled) winding*

A winding in which the coolant flows through hollow conductors, tubes or channels which form an integral part of the winding inside the main insulation

## 2 23 *Indirect cooled winding*

A winding cooled by any other method than that of Sub-clause 2 22

*Notes 1* — In all cases when “indirect” or “direct” is not stated, an indirect cooled winding is implied

2 — For other definitions, other than those in Sub-clauses 2 18 to 2 23, concerning cooling and coolants, reference should be made to IEC Publication 34-6: Rotating Electrical Machines, Part 6: Methods of Cooling Rotating Machinery

## 2 24 *Isolation supplémentaire*

Une isolation indépendante prévue en plus de l'isolation principale, en vue d'assurer la protection contre les chocs électriques en cas de défaut survenant dans l'isolation principale

## 2 25 *Moment d'inertie*

Le moment d'inertie (dynamique) d'un corps autour d'un axe est la somme (intégrale) des produits de ses masses élémentaires par les carrés de leurs distances radiales à l'axe

*Note* — Cette grandeur est désignée par le symbole littéral  $J$  et est exprimée en  $\text{kg/m}^2$

## 2 26 *Constante de temps thermique équivalente*

La constante de temps thermique équivalente est la constante de temps qui, en remplaçant plusieurs constantes de temps individuelles, détermine approximativement l'évolution de la température dans un enroulement après une variation de courant en échelon

## 2 27 *Enroulement enrobé*

Enroulement complètement enfermé ou noyé dans un isolant moulé

# SECTION TROIS — SERVICES ET CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES

## 3 **Règles de spécification d'un service et de choix d'une classe de caractéristiques assignées**

### 3 1 *Service*

Le service, tel qu'il est défini au paragraphe 2 9, peut être décrit à l'aide d'un des services types, définis dans l'article 4, ou de la spécification par l'acheteur d'un autre service

### 3 2 *Spécification du service*

C'est à l'acheteur qu'incombe la responsabilité de spécifier le service avec toute la précision possible

Dans certains cas, où la charge ne varie pas ou varie de façon connue, le service peut être spécifié numériquement ou à l'aide d'un graphique représentant les variations en fonction du temps des grandeurs variables

Si la suite des valeurs dans le temps est indéterminée, une suite fictive équivalente (service S2 à S8) au moins aussi sévère que le service réel doit être choisie, ou le service S9 doit être appliqué

Si le service n'est pas stipulé, le service type S1 (service continu) s'applique

### 3 3 *Caractéristiques assignées*

Les caractéristiques assignées, telles que définies au paragraphe 2 1, sont attribuées par le constructeur, qui doit choisir l'une des classes de caractéristiques assignées définies dans l'article 5. La classe de caractéristiques assignées choisie doit normalement être du type continu maximal basé sur le service type S1 (service continu) ou du type temporaire basé sur le service type S2 (service temporaire)

Si ce n'est pas possible, les caractéristiques assignées doivent correspondre à un service type périodique basé sur l'un des services types S3 à S8 (services périodiques) ou à un service type non périodique basé sur le service type S9 (service non périodique)



## 2 24 *Supplementary insulation*

An independent insulation applied in addition to the basic insulation in order to ensure protection against electric shock in the event of failure of the basic insulation

## 2 25 *Moment of inertia*

The (dynamic) moment of inertia of a body about an axis is the sum (integral) of the products of its mass elements and the squares of their distances (radii) from the axis

*Note* — This quantity is designated by the letter symbol  $J$  and is expressed in  $\text{kg/m}^2$

## 2 26 *Thermal equivalent time constant*

The thermal equivalent time constant is the time constant, replacing several individual time constants, which determines approximately the temperature course in a winding after a step-wise current change

## 2 27 *Encapsulated winding*

A winding which is completely enclosed or sealed by moulded insulation

# SECTION THREE — DUTY AND RATING

## 3 **Rules for declaration of duty and for selection of a class of rating**

### 3 1 *Duty*

The duty, as defined in Sub-clause 2 9, may be described by one of the duty types defined in Clause 4, or by the specification of another duty by the purchaser

### 3 2 *Declaration of duty*

It is the responsibility of the purchaser to declare the duty as accurately as possible

In certain cases, where the load does not vary or where it varies in a known manner, the duty may be declared numerically or with the aid of a time sequence graph of the variable quantities

If the time sequence is indeterminate, a fictitious time sequence (duty types S2 to S8) not less onerous than the true one, shall be selected, or the duty type S9 shall be applied

If the duty is not stated, duty type S1 (continuous running duty) applies

### 3 3 *Rating*

The rating, as defined in Sub-clause 2 1, is assigned by the manufacturer by selection of one of the classes of rating defined in Clause 5. The class of rating selected shall normally be maximum continuous rating based on duty type S1 (continuous running duty) or short-time rating based on duty type S2 (short-time duty)

If this is not possible, a periodic duty type rating based on one of the duty types S3 to S8 (periodic duty) or the non-periodic duty type rating based on the duty type S9 (non-periodic duty) shall be selected

### 3.4 *Choix d'une classe de caractéristiques assignées*

Si une machine est construite en vue d'un usage général, elle doit avoir des caractéristiques assignées du type continu maximal et être capable de fonctionner au service type S1

Si le service n'a pas été spécifié par l'acheteur, le service type S1 est applicable et la classe de caractéristiques assignées doit être du type continu maximal

Lorsqu'une machine est prévue avec des caractéristiques assignées du type temporaire, les caractéristiques assignées doivent être basées sur le service type S2 défini au paragraphe 4.2 et désigné conformément à l'article 6

Lorsqu'une machine est destinée à alimenter des charges variables ou des charges comprenant une période de fonctionnement à vide ou des périodes pendant lesquelles la machine est à l'état de repos, la classe de caractéristiques assignées doit être du type périodique basé sur un service type choisi parmi les services types S3 à S8 définis aux paragraphes 4.3 à 4.8 et désigné conformément à l'article 6

Lorsqu'une machine est destinée à alimenter de façon non périodique des charges variables à des vitesses variables, y compris des surcharges, les caractéristiques assignées pour service type non périodique doivent être basées sur le service type S9 défini au paragraphe 4.9 et désigné conformément à l'article 6

Une classe de caractéristiques assignées ayant été attribuée à une machine sur la base d'un service type choisi parmi les services types S3 à S9, il suffit normalement, si un essai est spécifié, d'effectuer l'essai sur la machine aux caractéristiques assignées de type continu équivalent définies au paragraphe 5.3

Dans certains cas, un essai répondant aux caractéristiques du service réel ou estimé peut être prévu par accord entre constructeur et acheteur, mais une telle procédure n'est pas de pratique générale

Dans la détermination des caractéristiques assignées

- Pour les services types S1 à S8, la (ou les) valeur(s) spécifiée(s) de la (ou des) charge(s) constante(s) est prise comme puissance assignée et est exprimée en watts pour les moteurs et en voltampères pour les générateurs. Voir paragraphes 4.1 à 4.8 et la (ou les) durée(s) «N» des figures 1 à 8, pages 94 à 101
- Pour le service type S9, une (ou des) valeur(s) appropriée(s) de pleine charge est prise comme puissance assignée. Voir paragraphe 4.9 et «C<sub>p</sub>» dans la figure 9, page 102

## 4 *Services types\**

Les services types sont les suivants

### 4.1 *Service continu — Service type S1*

Fonctionnement à charge constante d'une durée suffisante pour que l'équilibre thermique soit atteint (voir figure 1, page 94)

### 4.2 *Service temporaire — Service type S2*

Fonctionnement à charge constante pendant un temps déterminé, moindre que celui requis pour atteindre l'équilibre thermique, suivi d'un repos d'une durée suffisante pour rétablir à 2 K près l'égalité de température entre la machine et le fluide de refroidissement (voir figure 2, page 95)

\* Bien que les neuf services types aient été définis spécialement en vue de leur application aux moteurs, certains d'entre eux peuvent également être utilisés pour caractériser le service d'une génératrice (par exemple les services types S1, S2)



### 3.4 Selection of a class of rating

Where a machine is manufactured for general purposes, it shall have maximum continuous rating and be capable of performing duty type S1

If the duty has not been specified by the purchaser, duty type S1 applies and the class of rating assigned shall be maximum continuous rating

When a machine is intended to have a short-time rating, the rating shall be based on duty type S2 as defined in Sub-clause 4.2 and as designated in Clause 6

When a machine is intended to supply varying loads or loads including a period of no-load or periods where the machine will be in a state of rest and de-energized, the class of rating shall be a periodic duty type rating based on a duty type selected from duty types S3 to S8 as defined in Sub-clauses 4.3 to 4.8 and as designated in Clause 6

When a machine is intended non-periodically to supply variable loads at variable speeds, including overloads, the non-periodic duty type rating shall be based on duty type S9 as defined in Sub-clause 4.9 and as designated in Clause 6

A class of rating having been assigned to a machine on the basis of a duty type selected from duty types S3 to S9, where a test is specified it is normally sufficient to test the machine at an equivalent continuous rating as defined in Sub-clause 5.3

In some cases, a test at the actual or estimated duty may be arranged by agreement between manufacturer and purchaser but such a procedure is not generally practical

In the determination of the rating

- For duty types S1 to S8, the specified value(s) of the constant load(s) is taken to be the rated output and is expressed in watts for motors and volt-amperes for generators. See Sub-clauses 4.1 to 4.8 and period(s) “N” in Figures 1 to 8, pages 94 to 101
- For duty type S9, a suitable full load value(s) is taken as the rated output. See Sub-clause 4.9 and “C<sub>p</sub>” in Figure 9, page 102

## 4 Duty types\*

The duty types are as follows

### 4.1 Continuous running duty — Duty type S1

Operation at constant load of sufficient duration for thermal equilibrium to be reached (see Figure 1, page 94)

### 4.2 Short-time duty — Duty type S2

Operation at constant load during a given time, less than that required to reach thermal equilibrium, followed by a rest and de-energized period of sufficient duration to re-establish machine temperatures within 2 K of the coolant (see Figure 2, page 95)

\* Whilst the nine duty types are intended to apply primarily to motors, certain of them may also be used to define generator duties (e.g. the duty types S1, S2)

#### 4 3 *Service intermittent périodique — Service type S3\**

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante et une période de repos (voir figure 3, page 96) Dans ce service, le cycle est tel que le courant de démarrage n'affecte pas l'échauffement de façon significative

#### 4 4 *Service intermittent périodique à démarrage — Service type S4\**

Suite de cycles de service identiques comprenant une période appréciable de démarrage, une période de fonctionnement à charge constante et une période de repos (voir figure 4, page 97)

#### 4 5 *Service intermittent périodique à freinage électrique — Service type S5\**

Suite de cycles de service périodiques comprenant chacun une période de démarrage, une période de fonctionnement à charge constante, une période de freinage électrique rapide et une période de repos (voir figure 5, page 98)

#### 4 6 *Service ininterrompu périodique à charge intermittente — Service type S6\**

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante et une période de fonctionnement à vide. Il n'existe pas de période de repos (voir figure 6, page 99)

#### 4 7 *Service ininterrompu périodique à freinage électrique — Service type S7\**

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de démarrage, une période de fonctionnement à charge constante et une période de freinage électrique. Il n'existe pas de période de repos (voir figure 7, page 100)

#### 4 8 *Service ininterrompu périodique à changements liés de charge et de vitesse — Service type S8\**

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun une période de fonctionnement à charge constante correspondant à une vitesse de rotation prédéterminée, suivie d'une ou plusieurs périodes de fonctionnement à d'autres charges constantes correspondant à différentes vitesses de rotation (réalisées par exemple par changement du nombre de pôles dans le cas des moteurs à induction). Il n'existe pas de période de repos (voir figure 8, page 101)

#### 4 9 *Service à variations non périodiques de charge et de vitesse — Service type S9*

Service dans lequel généralement la charge et la vitesse ont une variation non périodique dans la plage de fonctionnement admissible. Ce service inclut fréquemment des surcharges appliquées qui peuvent être largement supérieures à la pleine charge (ou aux pleines charges) (voir figure 9, page 102)

*Note* — Pour ce service type, des valeurs appropriées à pleine charge devront être considérées comme bases du concept de surcharge

### 5 **Classes de caractéristiques assignées**

En attribuant les caractéristiques assignées, le constructeur doit choisir l'une des classes de caractéristiques assignées définies aux paragraphes 5.1 à 5.5

\* La durée d'un cycle est en général trop courte pour que l'équilibre thermique soit atteint (voir paragraphe 5.4)

#### 4 3 *Intermittent periodic duty — Duty type S3\**

A sequence of identical duty cycles, each including a period of operation at constant load and a rest and de-energized period (see Figure 3, page 96) In this duty, the cycle is such that the starting current does not significantly affect the temperature rise

#### 4 4 *Intermittent periodic duty with starting — Duty type S4\**

A sequence of identical duty cycles, each cycle including a significant period of starting, a period of operation at constant load and a rest and de-energized period (see Figure 4, page 97)

#### 4 5 *Intermittent periodic duty with electric braking — Duty type S5\**

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a period of starting, a period of operation at constant load, a period of rapid electric braking and a rest and de-energized period (see Figure 5, page 98)

#### 4 6 *Continuous-operation periodic duty — Duty type S6\**

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a period of operation at constant load and a period of operation at no-load There is no rest and de-energized period (see Figure 6, page 99)

#### 4 7 *Continuous-operation periodic duty with electric braking — Duty type S7\**

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a period of starting, a period of operation at constant load and a period of electric braking There is no rest and de-energized period (see Figure 7, page 100)

#### 4 8 *Continuous-operation periodic duty with related load/speed changes — Duty type S8\**

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a period of operation at constant load corresponding to a predetermined speed of rotation, followed by one or more periods of operation at other constant loads corresponding to different speeds of rotation (carried out for example by means of a change of the number of poles in the case of induction motors) There is no rest and de-energized period (see Figure 8, page 101)

#### 4 9 *Duty with non-periodic load and speed variations — Duty type S9*

A duty in which generally load and speed are varying non-periodically within the permissible operating range This duty includes frequently applied overloads that may greatly exceed the full loads (see Figure 9 page 102)

*Note* — For this duty type suitable full load values should be taken as the basis of the overload concept

### 5 **Classes of rating**

In assigning the rating, the manufacturer shall select one of the classes of rating defined in Sub-clauses 5 1 to 5 5

\* The duration of a cycle is generally too short for thermal equilibrium to be reached (see Sub-clause 5 4)

### 5.1 *Caractéristiques assignées du type continu maximal*

Stipulation, par le constructeur, de la charge et des conditions dans lesquelles la machine peut fonctionner pendant une durée illimitée et conformément aux prescriptions de la présente norme

### 5.2 *Caractéristiques assignées du type temporaire*

Stipulation, par le constructeur, de la charge, de la durée et des conditions dans lesquelles la machine peut fonctionner pendant une durée limitée, en démarant à la température ambiante et conformément aux prescriptions de la présente norme

### 5.3 *Caractéristiques assignées du type continu équivalent*

Stipulation, par le constructeur, à des fins d'essai, de la charge et des conditions dans lesquelles la machine peut fonctionner jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint, réalisant ainsi l'équivalence avec l'un des services types périodiques définis aux paragraphes 4.3 à 4.8, ou au service type S9 défini au paragraphe 4.9, et conformément aux prescriptions de la présente norme

### 5.4 *Caractéristiques assignées pour service type périodique*

Stipulation, par le constructeur, des charges et des conditions dans lesquelles la machine peut fonctionner suivant des cycles, conformément aux prescriptions de la présente norme

Cette classe de caractéristiques assignées, si elle est appliquée, doit correspondre à l'un des services types périodiques définis aux paragraphes 4.3 à 4.8

La durée d'un cycle doit être de 10 min et le facteur de marche doit avoir l'une des valeurs suivantes

15%, 25%, 40%, 60%

### 5.5 *Caractéristiques assignées pour service type non périodique*

Stipulation, par le constructeur, des variations de charges s'ajoutant aux variations de vitesse et des conditions, y compris les surcharges, dans lesquelles la machine peut fonctionner de façon non périodique, conformément aux prescriptions de la présente norme

Cette classe de caractéristiques assignées, si elle est appliquée, doit correspondre au service non périodique à variations non périodiques de charge et de vitesse, défini au paragraphe 4.9

## 6 **Désignation**

### 6.1 *Services types*

Un service type peut être désigné par une abréviation des termes indiqués dans l'article 4, par exemple pour les services types S1 et S9 par S1 et S9

Pour le service type S2, l'abréviation S2 est suivie de l'indication de la durée du service. Pour les services types S3 et S6, les abréviations S3 et S6 sont suivies de l'indication du facteur de marche

|          |    |        |
|----------|----|--------|
| Exemples | S2 | 60 min |
|          | S3 | 25%    |
|          | S6 | 40%    |

### 5.1 *Maximum continuous rating*

The statement of the load and conditions, assigned to the machine by the manufacturer, at which the machine may be operated for an unlimited period while complying with the requirements of this standard

### 5.2 *Short-time rating*

The statement of the load, time and conditions, assigned to the machine by the manufacturer, at which the machine may be operated for a limited period, starting at the ambient temperature, while complying with the requirements of this standard

### 5.3 *Equivalent continuous rating*

The statement of the load and conditions, assigned to the machine for test purposes by the manufacturer, at which the machine may be operated until thermal equilibrium is reached, and which is considered to be equivalent to one of the periodic duty types defined in Sub-clauses 4.3 to 4.8 or to the duty type S9, as defined in Sub-clause 4.9, while complying with the requirements of this standard

### 5.4 *Periodic duty type rating*

The statement of the loads and conditions, assigned to the machine by the manufacturer, at which the machine may be operated on duty cycles while complying with the requirements of this standard

This class of rating if applied shall correspond to one of the periodic duty types defined in Sub-clauses 4.3 to 4.8

The time for a duty cycle shall be 10 min and the cyclic duration factor shall be one of the following values

15%, 25%, 40%, 60%

### 5.5 *Non-periodic duty type rating*

The statement of the varying loads over varying speed and conditions, including overloads, assigned to the machine by the manufacturer, at which the machine may be operated non-periodically while complying with the requirements of this standard

This class of rating if applied shall correspond to the non-periodic duty with non-periodic load and speed variations, as defined in Sub-clause 4.9

## 6 **Designation**

### 6.1 *Duty types*

A duty type may be designated by an abbreviation of the terms given in Clause 4, for example duty types S1 and S9 by S1 and S9

For the duty type S2, the abbreviation S2 is followed by an indication of the duration of the duty. For duty types S3 and S6, the abbreviations S3 and S6 are followed by the cyclic duration factor

Examples S2 60 min  
S3 25%  
S6 40%

Pour les services types S4 et S5, les abréviations S4 et S5 sont suivies de l'indication du facteur de marche, du moment d'inertie du moteur ( $J_M$ ) et du moment d'inertie de la charge ( $J_{ext}$ ), tous deux rapportés à l'arbre du moteur

Exemple S4 25%  $J_M = 0,15 \text{ kg m}^2$   $J_{ext} = 0,7 \text{ kg m}^2$

Pour le service type S7, l'abréviation S7 est suivie du moment d'inertie du moteur ( $J_M$ ) et du moment d'inertie de la charge ( $J_{ext}$ ), tous deux rapportés à l'arbre du moteur

Exemple S7  $J_M = 0,4 \text{ kg m}^2$   $J_{ext} = 7,5 \text{ kg m}^2$

Pour le service type S8, l'abréviation S8 est suivie du moment d'inertie du moteur ( $J_M$ ) et du moment d'inertie de la charge ( $J_{ext}$ ), tous deux rapportés à l'arbre du moteur, de même que de la charge, de la vitesse et du facteur de marche pour chacun des régimes caractérisés par une vitesse

Exemple S8  $J_M = 0,5 \text{ kg m}^2$   $J_{ext} = 6 \text{ kg m}^2$  16 kW 740 tr/min 30%  
40 kW 1460 tr/min 30%  
25 kW 980 tr/min 40%

## 6.2 Classes des caractéristiques assignées

Les désignations sont les suivantes

- caractéristiques assignées du type continu maximal — «cont» ou «S1»
- caractéristiques assignées du type temporaire — durée de la période de fonctionnement, par exemple «60 min» ou «S2 60 min»
- caractéristiques assignées du type continu équivalent — «equ»
- caractéristiques assignées pour service type périodique ou non périodique — comme ci-dessus, par exemple «S3 25%»

Les désignations spécifiées aux paragraphes 6.1 et 6.2 suivent la valeur de la puissance assignée. Si aucune désignation ne suit la puissance assignée, les caractéristiques assignées du type continu maximal s'appliquent.

## 7 Attribution des caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées doivent être attribuées conformément aux prescriptions de la présente section et marquées sur la plaque signalétique conformément à la section dix

Pour les machines prévues pour plus d'un ensemble de caractéristiques assignées, la machine doit être conforme, à tous points de vue, à la présente norme pour chaque ensemble de caractéristiques assignées

Lorsque des réactances sont insérées entre les bornes de la machine et l'alimentation et sont considérées comme partie intégrante de la machine, les valeurs assignées doivent se rapporter aux bornes des réactances côté alimentation

*Note* — Cela ne s'applique pas aux transformateurs de puissance connectés entre la machine et l'alimentation

Pour toute machine, les valeurs préférentielles de puissance assignée, exprimées en watts, doivent être choisies parmi la série R40 des nombres normaux, arrondis conformément à la Norme ISO 497

Si une publication spécifique de la CEI s'applique à des machines d'un type particulier, les valeurs de puissance assignée doivent être conformes à toute série éventuellement spécifiée dans cette publication



For the duty types S4 and S5, the abbreviations S4 and S5 are followed by the indication of the cyclic duration factor and the moment of inertia of the motor ( $J_M$ ) and the moment of inertia of the load ( $J_{ext}$ ), both referred to the motor shaft

Example S4 25%  $J_M = 0.15 \text{ kg m}^2$   $J_{ext} = 0.7 \text{ kg m}^2$

For the duty type S7, the abbreviation S7 is followed by the moment of inertia of the motor ( $J_M$ ) and the moment of inertia of the load ( $J_{ext}$ ), both referred to the motor shaft

Example S7  $J_M = 0.4 \text{ kg m}^2$   $J_{ext} = 7.5 \text{ kg m}^2$

For the duty type S8, the abbreviation S8 is followed by the moment of inertia of the motor ( $J_M$ ) and the moment of inertia of the load ( $J_{ext}$ ), both referred to the motor shaft, together with the load, speed and cyclic duration factor for each speed condition

Example S8  $J_M = 0.5 \text{ kg m}^2$   $J_{ext} = 6 \text{ kg m}^2$  16 kW 740 1/min 30%  
40 kW 1460 1/min 30%  
25 kW 980 1/min 40%

## 6.2 Classes of rating

The designations of the classes of rating are as follows

- maximum continuous rating — “cont” or “S1”
- short time rating — duration of the operating period, e.g. “60 min” or “S2 60 min”
- equivalent continuous rating — “equ”
- periodic and non-periodic duty type ratings — as for the duty types. See above, for example “S3 25%”

The designations specified in Sub-clauses 6.1 and 6.2 follow the value of the rated output. If no designation follows the rated output, maximum continuous rating applies.

## 7 Assignment of ratings

The ratings shall be assigned in accordance with the requirements of this section and be marked on the rating plate in accordance with Section Ten.

For machines with more than one rating, the machine shall comply with this standard in all respects at each rating.

Where reactors are connected between machine terminals and the supply and are regarded as an integral part of the machine, the rated values shall refer to the terminals of the reactor on the supply side.

*Note* — This does not apply to power transformers connected between the machine and the supply.

For all machines the preferred rated output values expressed in watts, shall be taken from the R40 series of preferred numbers, rounded-off in accordance with ISO Standard 497.

When a specific IEC publication exists for machines of a particular type, the rated output values shall be in accordance with any series specified in that publication.

## 8 Puissance assignée

### 8.1 Génératrice de courant continu

La puissance assignée est la puissance aux bornes, elle doit être exprimée en watts (W)

### 8.2 Alternateurs

La puissance assignée est la puissance électrique apparente aux bornes, elle doit être exprimée en voltampères (VA), complétée par l'indication du facteur de puissance

Le facteur de puissance assignée pour les génératrices synchrones doit être surexcité de 0,8, sauf spécification contraire

### 8.3 Moteurs

La puissance assignée est la puissance mécanique disponible sur l'arbre, elle doit être exprimée en watts (W)

*Note* — Il est d'usage dans de nombreux pays d'exprimer la puissance mécanique disponible sur l'arbre en chevaux (1 hp est équivalent à 745,7 W, 1 ch est équivalent à 736 W)

### 8.4 Compensateurs synchrones

La puissance assignée est la puissance réactive aux bornes, elle doit être exprimée en voltampères réactifs (var) au régime sous-excité ainsi qu'au régime surexcité

## 9 Tension assignée

### 9.1 Tension assignée aux bornes

La tension assignée est la tension entre phases aux bornes de la machine à la puissance assignée

### 9.2 Génératrices prévues pour fonctionner dans une plage de tensions d'étendue relativement faible

Génératrices de courant continu

Pour les génératrices de courant continu prévues pour fonctionner dans une plage de tensions d'étendue relativement faible, la puissance assignée et le courant assigné doivent, sauf spécification contraire, se rapporter à la limite supérieure de la plage de tensions (voir paragraphe 12.3)

Alternateurs

Pour les alternateurs prévus pour fonctionner dans une plage de tensions d'étendue relativement faible, la puissance assignée et le facteur de puissance assignée doivent, sauf spécification contraire, se rapporter à chacune des valeurs de tensions de la plage (voir paragraphe 12.3)

## 10 Machines à plus d'un ensemble de caractéristiques assignées

### 10.1 Caractéristiques assignées pour moteurs à plusieurs vitesses

Pour les moteurs à plusieurs vitesses, des caractéristiques assignées particulières doivent être attribuées pour chaque vitesse



## 8 Rated output

### 8.1 *D C generators*

The rated output is the output at the terminals and shall be expressed in watts (W)

### 8.2 *A C generators*

The rated output is the apparent electric power at the terminals and shall be expressed in volt-amperes (VA) together with the power factor

The rated power factor for synchronous generators shall be 0.8 lagging (over-excited) unless otherwise specified

### 8.3 *Motors*

The rated output is the mechanical power available at the shaft and shall be expressed in watts (W)

*Note* — It is the practice in many countries for the mechanical power available at the shafts of motors to be expressed also in horsepower (1 h.p. is equivalent to 745.7 W, 1 ch (cheval or metric horsepower) is equivalent to 736 W)

### 8.4 *Synchronous condensers*

The rated output is the reactive power at the terminals and shall be expressed in volt-amperes reactive (var) in both the leading (under-excited) and the lagging (over-excited) conditions

## 9 Rated voltage

### 9.1 *Rated voltage at the terminals*

The rated voltage is the voltage between lines at the terminals of the machine at rated output

### 9.2 *Generators intended for operation over a relatively small range of voltages*

#### *D C generators*

For d.c. generators intended to operate over a relatively small range of voltage, the rated output and current shall relate to the highest voltage of the range, unless otherwise specified (see Sub-clause 12.3)

#### *A C generators*

For a.c. generators intended to operate over a relatively small range of voltage, the rated output and power factor shall relate to any voltage within the range, unless otherwise specified (see Sub-clause 12.3)

## 10 Machines with more than one rating

### 10.1 *Ratings for multi-speed motors*

For multi-speed motors, a definite rating shall be assigned for each speed

## 10 2 *Caractéristiques assignées pour machines à grandeurs variables*

Quand une grandeur assignée (puissance, tension, vitesse, etc.) peut avoir plusieurs valeurs ou varier constamment entre deux limites, les caractéristiques assignées doivent être attribuées selon ces valeurs ou limites. Cette disposition ne s'applique ni aux variations de tension de  $\pm 5\%$ , ni au montage étoile-triangle pour le démarrage.

## SECTION QUATRE — CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT

### 11 **Altitude, température et fluide de refroidissement**

Sauf spécification contraire de l'acheteur, les machines doivent être conçues pour les conditions suivantes de fonctionnement sur le site.

#### 11 1 *Altitude*

L'altitude ne dépasse pas 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

Pour les machines destinées à fonctionner sur un site où l'altitude est supérieure à 1 000 m, voir le paragraphe 16 3.

Pour les machines destinées à fonctionner sur un site où, en raison de l'altitude élevée, la température du fluide de refroidissement est faible, voir le paragraphe 16 3.

#### 11 2 *Température ambiante et température du fluide de refroidissement*

##### 11 2 1 *Températures maximales de l'air ambiant et du fluide de refroidissement*

La température de l'air sur le site de fonctionnement (qui peut être le fluide de refroidissement primaire ou secondaire selon le système de ventilation de la machine) est sujette à des variations saisonnières, mais ne dépasse pas 40 °C.

Les machines destinées à fonctionner avec une température ambiante maximale qui diffère de 40 °C font l'objet du paragraphe 16 3.

Pour les machines munies d'hydoréfrigérants, la température de l'eau à l'entrée du réfrigérant ne doit pas dépasser 25 °C (voir également paragraphe 16 1 4).

##### 11 2 2 *Températures minimales de l'air ambiant et du fluide de refroidissement*

La température minimale de l'air sur le site de fonctionnement (qui peut être le fluide de refroidissement primaire ou secondaire selon le système de ventilation de la machine) est -15 °C, la machine étant installée et en fonctionnement ou en repos.

Ceci s'applique à toutes les machines avec les exceptions suivantes.

- a) machines à courant alternatif de puissance assignée supérieure à 3 300 kW (ou kVA) par 1 000 tr/min, machines de puissance assignée inférieure à 600 W (ou VA) et toutes les machines possédant un collecteur ou des paliers à coussinets. Pour ces machines, la température ambiante minimale est +5 °C,
- b) machines dont le fluide de refroidissement primaire ou secondaire est l'eau. La température minimale de l'eau et de l'air ambiant est de +5 °C.

*Note* — Si des températures inférieures à celles qui sont données ci-dessus sont susceptibles de se produire, il convient d'informer le constructeur de la température ambiante minimale et de spécifier si celle-ci est applicable seulement lors du transport et du stockage ou bien également après installation. Il convient que les températures inférieures à celles qui sont données ci-dessus soient l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

## 10 2 *Ratings for machines with varying quantities*

When a rated quantity (output, voltage, speed, etc.) may assume several values or vary continuously within two limits, the rating shall be stated at these values or limits. This provision does not apply to voltage variations of  $\pm 5\%$  or to star-delta connections intended for starting.

## SECTION FOUR — OPERATING CONDITIONS

### 11 **Altitude, temperature and coolant**

Machines shall be designed for the following operating site conditions, unless other conditions are specified by the purchaser:

#### 11 1 *Altitude*

Height above sea level not exceeding 1 000 m

For machines intended for operation on a site where the altitude is in excess of 1 000 m, see Sub-clause 16 3

For machines intended for operation on a site where the coolant temperature is low, by reason of high altitude, see Sub-clause 16 3

#### 11 2 *Ambient temperature and temperature of the coolant*

##### 11 2 1 *Maximum ambient and coolant temperatures*

The temperature of the air at the operating site (which may be the primary or the secondary coolant, depending on the ventilation system of the machine) is subject to seasonal variation, but does not exceed 40 °C

Machines intended for operation with a maximum ambient temperature other than 40 °C are covered by Sub-clause 16 3

For machines having water-cooled heat exchangers, the temperature of the water at the intake to the heat exchangers shall not exceed 25 °C (see also Sub-clause 16 1 4)

##### 11 2 2 *Minimum ambient and coolant temperatures*

The minimum temperature of the air at the operating site (which may be the primary or the secondary coolant, depending on the ventilation system of the machine) is  $-15\text{ °C}$ , the machine being installed and in operation or at rest and de-energized

This applies to all machines except the following

- a) a.c. machines with rated outputs exceeding 3 300 kW (or kVA) per 1 000 r/min, machines with rated outputs less than 600 W (or VA) and all machines having a commutator or sleeve bearings. For these machines the minimum ambient temperature is  $+5\text{ °C}$ ,
- b) machines having water as a primary or secondary final coolant. The minimum temperature of the water and the ambient air is  $+5\text{ °C}$

*Note* — If temperatures below those given are to be expected, the manufacturer should be informed of the minimum ambient temperature and it should be specified whether this applies only during transport and storage or also after installation. Temperatures below those given should be the subject of an agreement between manufacturer and purchaser.

### 11 3 *Caractéristiques du gaz utilisé comme fluide de refroidissement dans les machines refroidies à l'hydrogène*

Les machines refroidies à l'hydrogène doivent être capables de fonctionner à la puissance assignée dans les conditions assignées avec un fluide de refroidissement contenant au moins 95% d'hydrogène en volume

*Note* — Pour des raisons de sécurité, la teneur en hydrogène devra toujours être maintenue à 90% ou davantage, en admettant que l'autre gaz entrant dans le mélange soit l'air

Pour calculer le rendement conformément à la Publication 34-2 de la CEI Machines électriques tournantes, Deuxième partie Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction), la composition normalisée du mélange gazeux doit être de 98% d'hydrogène et 2% d'air en volume, à des valeurs spécifiées de pression et de température du fluide refroidi, sauf accord contraire entre constructeur et acheteur. Les pertes par ventilation doivent être calculées pour la densité correspondante

## 12 Conditions électriques

### 12 1 *Alimentation électrique*

Les conditions électriques pour lesquelles les machines à courant alternatif comprises dans le domaine d'application de la présente norme sont conçues sont celles d'un réseau triphasé, 50 Hz ou 60 Hz, ayant des tensions déduites des tensions nominales de la Publication 38 de la CEI Tensions normales de la CEI

Au moment où l'on effectue le calcul des tensions assignées aux machines, il est indispensable de tenir compte des écarts de tension existant dans le réseau entre la distribution et l'utilisation

*Note* — Pour les alternateurs de forte puissance à tension élevée, les tensions peuvent être choisies par la recherche des meilleures caractéristiques de fonctionnement

### 12 2 *Forme et symétrie des tensions et des courants*

Les machines doivent être conçues de façon à pouvoir fonctionner dans les conditions détaillées aux paragraphes 12 2 1, 12 2 2 (voir également article 22) ou 12 2 3 suivant le cas

#### 12 2 1 Dans le cas d'un moteur à courant alternatif, la tension d'alimentation est supposée être pratiquement sinusoïdale comme défini au point *a*) ci-dessous. Dans le cas d'un moteur polyphasé, les tensions d'alimentation sont également supposées former un système pratiquement symétrique comme défini au point *b*) ci-dessous

Si les limites définies aux points *a*) et *b*) se trouvent atteintes simultanément en service sous la charge assignée, cela ne doit pas conduire à une température nuisible dans le moteur et il est recommandé que le dépassement d'échauffement ou de température qui en résulte par rapport aux limites spécifiées aux tableaux I, II et III n'excède pas environ 10 K

- a*) La tension est considérée comme pratiquement sinusoïdale si, lorsqu'on alimente un moteur à courant alternatif sous la charge assignée, la forme de l'onde est telle que la différence entre sa valeur instantanée et la valeur instantanée de la composante fondamentale n'excède pas 5% de l'amplitude de cette dernière. Pendant les essais d'échauffement spécifiés dans la section cinq, cette différence d'amplitude ne doit pas excéder 2,5%

### 11.3 *Characteristics of the gas used as a coolant in hydrogen-cooled machines*

Hydrogen-cooled machines shall be capable of operating at a rated output under rated conditions with a coolant containing not less than 95% hydrogen by volume

*Note* — For safety reasons, the hydrogen content should at all times be maintained at 90% or more, it being assumed that the other gas in the mixture is air

For calculating efficiency in accordance with IEC Publication 34-2 Rotating Electrical Machines, Part 2 Methods for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machinery from Tests (excluding Machines for Traction Vehicles), the standard composition of the gaseous mixture shall be 98% hydrogen and 2% air by volume, at the specified values of pressure and re-cooled temperature, unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser. Windage losses shall be calculated at the corresponding density

## 12 **Electrical conditions**

### 12.1 *Electrical supply*

A.C. machines within the scope of this standard shall be suitable for three-phase, 50 Hz or 60 Hz, with voltages derived from the nominal voltages given in IEC Publication 38 IEC Standard Voltages

In deriving rated voltages for machines, it is necessary to take into consideration the differences between distribution and utilization system voltages

*Note* — For large high-voltage a.c. generators, the voltages may be selected for optimum performance

### 12.2 *Form and symmetry of voltages and currents*

Machines shall be so designed as to be capable of operating under the conditions detailed in Sub-clauses 12.2.1, 12.2.2 (see also Clause 22) or 12.2.3 as appropriate

- 12.2.1 In the case of an a.c. motor, the supply voltage is assumed to be virtually sinusoidal as defined in Item *a)* below. In the case of a polyphase motor, the supply voltages are also assumed to form a virtually balanced system as defined in Item *b)* below

Should the limits in Items *a)* and *b)* occur simultaneously in service at the rated load, this shall not lead to any deleterious temperature in the motor and it is recommended that the excess resulting temperature rise or temperature related to the limits specified in Tables I, II and III should be not more than approximately 10 K

- a)* The voltage is considered to be virtually sinusoidal, if, when supplying an a.c. motor at rated load, the waveform is such that the difference between the instantaneous value and the instantaneous value of the fundamental component does not exceed 5% of the amplitude of the latter
- In temperature-rise testing, as specified in Section Five, such amplitude difference shall not exceed 2.5%



- b) Un système de tensions polyphasé est estimé former un système pratiquement symétrique si la composante inverse du système de tensions ne dépasse pas 1% de la composante directe de tension pendant une longue période, ou 1,5% pendant une courte période n'excédant pas quelques minutes, et si la composante homopolaire du système de tensions n'excède pas 1% de la composante directe de tension

Pendant les essais d'échauffement spécifiés dans la section cinq, la composante inverse du système de tensions doit être inférieure à 0,5% de la composante directe, l'influence du système homopolaire étant éliminée. Par accord entre constructeur et acheteur, la composante inverse du système de courants peut être mesurée à la place de la composante inverse du système de tensions et ne doit pas excéder 2,5% de la composante directe du système de courants

*Note* — A proximité de fortes charges monophasées (par exemple fours à induction) et dans les zones rurales, en particulier dans le cas de réseau mixte industriel et domestique, l'alimentation peut être déformée au-delà des limites fixées ci-dessus. Une telle situation nécessite des accords entre constructeur et acheteur

- 12 2 2 Dans le cas d'un alternateur, le circuit sur lequel il débite est supposé être pratiquement non déformant et pratiquement symétrique comme défini aux points a) et b) ci-dessous

Si les limites définies aux points a) et b) se trouvent atteintes simultanément en service sous la charge assignée, cela ne doit pas conduire à une température nuisible dans l'alternateur et il est recommandé que le dépassement d'échauffement ou de température qui en résulte par rapport aux limites spécifiées dans les tableaux I, II et III n'excède pas environ 10 K

- a) Un circuit est considéré comme pratiquement non déformant si, alimenté par une tension sinusoïdale, il est parcouru par un courant pratiquement sinusoïdal, c'est-à-dire dont aucune des valeurs instantanées ne diffère de la valeur instantanée de même phase de l'onde fondamentale de plus de 5% de l'amplitude de cette dernière
- b) Un circuit polyphasé est considéré comme pratiquement symétrique si, alimenté par un système de tensions symétrique, il est parcouru par un système de courants pratiquement symétrique, c'est-à-dire dont ni la composante inverse, ni la composante homopolaire ne dépassent 5% de la composante directe

- 12 2 3 Dans le cas d'un moteur à courant continu alimenté par un convertisseur statique de puissance, la forme d'ondulation de la tension et du courant influent sur les caractéristiques de fonctionnement de la machine. Les pertes et l'échauffement vont s'accroître et la commutation sera plus difficile qu'avec un moteur à courant continu alimenté par une source de courant continu pur

Ainsi, il est nécessaire que les moteurs destinés à être alimentés par un convertisseur statique de puissance soient conçus pour fonctionner dans ces conditions et il est souvent nécessaire de prévoir un moteur à courant continu avec une inductance extérieure pour réduire le taux d'ondulation

On devra consulter le constructeur du moteur pour obtenir le moteur à courant continu et le convertisseur statique de puissance qui conviennent

### 12 3 *Variations de tension en fonctionnement*

Les génératrices conformes aux présentes prescriptions doivent pouvoir fournir leur puissance assignée à leur vitesse assignée (et à leur facteur de puissance assigné lorsque celui-ci peut être réglé séparément) sous une tension pouvant varier entre 95% et 105% de leur tension assignée

- b) A polyphase voltage system is deemed to form a virtually balanced system of voltages if the negative sequence component does not exceed 1% of the positive-sequence component of the system of voltages over a long period, or 1.5% for a short period not exceeding a few minutes, and if the voltage of the zero-sequence component does not exceed 1% of the positive-sequence component

In temperature-rise testing as specified in Section Five, the negative sequence component shall be less than 0.5% of the positive-sequence component of the system of voltages, the influence of the zero-sequence system being eliminated. By agreement between manufacturer and purchaser, the negative-sequence component of the system of currents may be measured instead of the negative-sequence component of the voltages, and this shall not exceed 2.5% of the positive-sequence component of the system of currents

*Note* — In the vicinity of large single-phase loads (e.g. induction furnaces), and in rural areas particularly on mixed industrial and domestic systems, supplies may be distorted beyond the limits set out above. Special arrangements will then be necessary between manufacturer and purchaser

- 12.2.2 In the case of an a.c. generator, the circuit which it supplies is assumed to be virtually non-deforming and virtually balanced as defined in Items a) and b) below

Should the limits defined in Items a) and b) occur simultaneously in service at the rated load, this shall not lead to any deleterious temperature in the generator and it is recommended that the excess resulting temperature rise or temperature related to the limits specified in Tables I, II and III should be not more than approximately 10 K

- a) A circuit is considered to be virtually non-deforming if, when supplied by a sinusoidal voltage, the current is virtually sinusoidal, that is to say, none of the instantaneous values differ from the instantaneous value of the same phase of the fundamental wave by more than 5% of the amplitude of the latter
- b) A polyphase circuit is considered to be virtually balanced if, when supplied by a balanced system of voltages, the system of currents is virtually balanced, that is to say, neither the negative-sequence component nor the zero-sequence component exceeds 5% of the positive-sequence component

- 12.2.3 In the case of a d.c. motor supplied from a static power converter, the pulsating voltage and current affect the performance of the machine. Losses and temperature rise will increase and the commutation is more difficult compared with a d.c. motor supplied from a pure d.c. power source

Thus it is necessary for motors intended for static power converter supply to be designed to operate under these conditions and it is often necessary to provide a d.c. motor with an external inductance for reducing the pulsation

In order to obtain a proper combination of d.c. motor and static power converter, the motor manufacturer should be consulted

### 12.3 *Voltage variations during operation*

Generators complying with these requirements shall be capable of supplying their rated output at rated speed (and at rated power factor where separately controllable) at a voltage that may vary between 95% and 105% of their rated voltage



Les moteurs conformes aux présentes prescriptions doivent pouvoir fournir leur puissance assignée lorsqu'ils sont alimentés (à leur fréquence assignée en courant alternatif) sous une tension pouvant varier entre 95% et 105% de leur tension assignée

Dans le cas de fonctionnement continu aux limites extrêmes de tension spécifiées ci-dessus, les limites d'échauffement indiquées dans les tableaux I et II peuvent être dépassées de

- 10 K pour les machines de puissance inférieure ou égale à 1 000 kW (ou kVA),
- 5 K pour les machines de puissance supérieure à 1 000 kW (ou kVA)

*Note* — Il convient que les machines en service ne soient pas soumises à des charges dépassant la charge assignée ni à des conditions s'éloignant des conditions assignées, à moins que l'on ne soit informé qu'elles conviennent à un tel usage

#### 12.4 *Mise à la terre du neutre d'une machine*

Les machines à courant alternatif doivent être capables de fonctionner en marche continue avec leur neutre à un potentiel proche ou égal à celui de la terre. Elles doivent aussi être capables de fonctionner accidentellement sur des réseaux isolés ayant une phase au potentiel de la terre pendant des périodes peu fréquentes de courte durée, c'est-à-dire suffisantes pour affranchir le défaut. S'il est prévu de faire fonctionner la machine en permanence ou pendant de longues périodes dans ces conditions, il est indispensable que le niveau d'isolement soit prévu en conséquence et soit défini dans les instructions de fonctionnement.

Si les enroulements n'ont pas une isolation identique côté phase et côté neutre, on doit le définir dans les instructions de fonctionnement.

*Note* — La mise à la terre ou l'interconnexion de points neutres de machines ne devra jamais être effectuée sans consultation des constructeurs des machines, à cause des dangers de circulation de courants homopolaire de toutes fréquences dans certaines conditions de fonctionnement et des risques d'incidents mécaniques sur les enroulements lors de défauts entre phase et neutre.

### SECTION CINQ — ÉCHAUFFEMENT

13 (Réservé pour utilisation future)

#### 14 **Conditions pendant l'essai d'échauffement**

##### 14.1 *Température du fluide de refroidissement*

L'essai de la machine peut être effectué à une température quelconque convenable du fluide de refroidissement. Si la température du fluide de refroidissement à la fin des essais d'échauffement diffère de plus de 30 K de la température spécifiée (ou présumée, conformément au paragraphe 16.3.5) pour le fonctionnement sur le site, les corrections indiquées au paragraphe 16.4 doivent être effectuées.

##### 14.2 *Mesure de la température du fluide de refroidissement au cours des essais*

La valeur à adopter pour la température du fluide de refroidissement pendant un essai doit être la moyenne des lectures effectuées sur les détecteurs de température à intervalles de temps égaux pendant le dernier quart de la durée de l'essai.

Pour éviter les erreurs qui peuvent provenir de la lenteur avec laquelle la température des grandes machines suit les variations de la température du fluide de refroidissement, toutes dispositions convenables doivent être prises pour réduire ces variations.

Motors complying with these requirements shall be capable of providing their rated output when they are supplied (in the case of a.c. machines at their rated frequency) by a voltage that may vary between 95% and 105% of their rated voltage

In the case of continuous operation at the extreme voltage limits specified above, the temperature-rise limits stated in Tables I and II may be exceeded by

- 10 K for machines of outputs up to and including 1 000 kW (or kVA),
- 5 K for machines of outputs exceeding 1 000 kW (or kVA)

*Note* — Machines should not be operated in service at loads in excess of their rated load or under conditions differing from the rated conditions unless it is known that they are suitable for such use

#### 12.4 *Machine neutral earthing*

A.C. machines shall be suitable for continuous operation with the neutral at or near earth potential. They shall also be suitable for operation on unearthed systems with one line at earth potential for infrequent periods of short duration, for example as required for normal fault clearance. If it is intended to run the machine continuously or for prolonged periods in this condition, a machine with a level of insulation suitable for this condition will be required and the condition shall be defined in operating instructions.

If the windings do not have the same insulation at the line and the neutral ends, this shall be defined in operating instructions.

*Note* — The earthing of interconnection of machine neutral points should not be undertaken without consulting the machine manufacturer because of the danger of zero-sequence components of currents of all frequencies under some operating conditions and the possible mechanical damage to the winding under line-to-neutral fault conditions.

### SECTION FIVE — TEMPERATURE RISE

13 (Reserved for future use)

#### 14 **Conditions during temperature-rise test**

##### 14.1 *Temperature of coolant*

A machine may be tested at any convenient value of coolant temperature. If the temperature of the coolant at the end of the temperature-rise tests differs by more than 30 K from that specified (or assumed from Sub-clause 16.3.5) for operation on site, the corrections given in Sub-clause 16.4 shall be made.

##### 14.2 *Measurement of coolant temperature during tests*

The value to be adopted for the temperature of the coolant during a test shall be the mean of the readings of the temperature detectors taken at equal intervals of time during the last quarter of the duration of the test.

In order to avoid errors due to the time-lag between the temperature of large machines and the variations in the temperature of the coolant, all reasonable precautions shall be taken to reduce these variations.

**14 2 1** *Machines ouvertes ou machines fermées sans réfrigérants (refroidies par de l'air ou par un gaz environnant)*

La température ambiante de l'air ou du gaz doit être mesurée au moyen de plusieurs détecteurs de température répartis autour et à mi-hauteur de la machine, à une distance de 1 m à 2 m de celle-ci et à l'abri de tout rayonnement de chaleur et des courants d'air

**14 2 2** *Machines refroidies par de l'air ou par un gaz à partir d'une source éloignée à travers des conduits de ventilation et machines à réfrigérants montés séparément*

La température du fluide de refroidissement primaire doit être mesurée à l'entrée dans la machine

**14 2 3** *Machines fermées à réfrigérants montés sur la machine ou incorporés*

La température du fluide de refroidissement primaire doit être mesurée à l'entrée dans la machine. Pour des machines à hydioréfrigérants ou à aëroréfrigérants, la température du fluide de refroidissement secondaire doit être mesurée à l'entrée dans le réfrigérant

## **15 Détermination de l'échauffement**

**15 1** *Echauffement d'une partie de machine*

L'échauffement d'une partie de machine est la différence entre la température de cette partie, mesurée par la méthode appropriée, conformément au paragraphe 15 3, et la température du fluide de refroidissement, mesurée conformément aux paragraphes 14 1 et 14 2

**15 2** *Méthodes de mesure de la température ou de l'échauffement*

Quatre méthodes sont admises pour déterminer les températures des enroulements et des autres parties

- a) méthode de variation de résistance,
- b) méthode par indicateurs internes de température (IIT),
- c) méthode par thermomètre,
- d) méthode par superposition

Ces différentes méthodes ne doivent pas être utilisées pour un contrôle mutuel

**15 2 1** *Méthode par variation de résistance*

Cette méthode consiste à déterminer l'échauffement des enroulements à partir de l'augmentation de leur résistance

**15 2 2** *Méthode par indicateurs internes de température (IIT)*

Cette méthode consiste à mesurer la température au moyen d'indicateurs internes de température (par exemple thermomètres à résistances, couples thermoélectriques ou thermistances à semi-conducteurs à coefficient de température négatif) qui sont introduits dans la machine lors de la construction, en des points qui deviennent inaccessibles lorsque la machine est terminée

**15 2 3** *Méthode par thermomètre*

Cette méthode consiste à mesurer la température au moyen de thermomètres appliqués sur les surfaces accessibles de la machine terminée. Le terme «thermomètre» s'applique aux couples thermoélectriques externes et aux thermomètres à résistance, sous réserve qu'ils soient

14 2 1 *Open machines or closed machines without heat exchangers (cooled by surrounding ambient air or gas)*

The ambient air or gas temperature shall be measured by means of several temperature detectors placed at different points around and half-way up the machine at a distance of from 1 m to 2 m from it and protected from all heat radiation and draughts

14 2 2 *Machines cooled by air or gas from a remote source through ventilation ducts and machines with separately mounted heat exchangers*

The temperature of the primary coolant shall be measured where it enters the machine

14 2 3 *Closed machines with machine-mounted or internal-heat exchangers*

The temperature of the primary coolant shall be measured where it enters the machine. For machines having water-cooled or air-cooled heat exchangers, the temperature of the secondary coolant shall be measured where it enters the heat exchanger

15 **Determination of temperature rise**

15 1 *Temperature rise of a part of a machine*

The temperature rise of a part of a machine is the difference in temperature between that part of the machine measured by the appropriate method in accordance with Sub-clause 15 3, and the coolant measured in accordance with Sub-clauses 14 1 and 14 2

15 2 *Methods of measurement of temperature or temperature rise*

Four methods of determining the temperature of windings and other parts are recognized

- a) resistance method,
- b) embedded temperature detector (ETD) method,
- c) thermometer method,
- d) superposition method

The different methods shall not be used as a check against each other

15 2 1 *Resistance method*

In this method, the temperature rise of the windings is determined from the increase of the resistance of the windings

15 2 2 *Embedded temperature detector (ETD) method*

In this method, the temperature is determined by means of temperature detectors (e.g. resistance thermometers, thermocouples or semi-conductor negative coefficient detectors) which are built into the machine during construction, at points which are inaccessible after the machine is completed

15 2 3 *Thermometer method*

In this method, the temperature is determined by thermometers applied to the accessible surfaces of the completed machine. The term "thermometer" also includes non-embedded thermocouples and resistance thermometers provided they are applied to the points accessible

utilisés en des points accessibles aux thermomètres à réservoir ordinaires. Lorsque des thermomètres à réservoir sont utilisés en des points où existe un champ magnétique intense variable ou mobile, des thermomètres à alcool doivent être utilisés de préférence aux thermomètres à mercure.

#### 15 2 4 Méthode par superposition

Cette méthode consiste à déterminer les échauffements des enroulements de machine à courant alternatif par mesures de résistance, conformément au paragraphe 15 3 1, effectuées sans interruption du courant alternatif de charge en superposant au courant de charge un courant continu de mesure de faible intensité.

*Note* — Des détails sur cette méthode sont donnés dans la Publication 279 de la CEI: Mesure de la résistance des enroulements d'une machine à courant alternatif en fonctionnement sous tension alternative.

#### 15 3 Choix de la méthode de mesure des températures d'enroulements

En général, pour mesurer la température des enroulements d'une machine, la méthode par variation de résistance, conforme au paragraphe 15 2 1, doit être appliquée.

La méthode par indicateurs internes de température (IIT) doit être appliquée pour les enroulements statoriques à courant alternatif de machines de puissance assignée égale ou supérieure à 5 000 kW (ou kVA).

Pour les machines à courant alternatif de puissance assignée inférieure à 5 000 kW (ou kVA) et supérieure à 200 kW (ou kVA), le constructeur doit choisir soit la méthode par variation de résistance, soit la méthode par indicateurs internes de température, sauf accord contraire.

Pour les machines à courant alternatif de puissance assignée inférieure ou égale à 200 kW (ou kVA), le constructeur doit choisir soit la méthode par variation de résistance, soit la méthode par superposition, sauf accord contraire.

Pour les machines de puissance assignée inférieure ou égale à 600 W (ou VA), si les enroulements ne sont pas uniformes ou si la réalisation des connexions nécessaires entraîne de sévères complications, l'échauffement peut être déterminé au moyen de thermomètres (ou de couples thermoélectriques externes). Les limites d'échauffement, conformes au tableau I, doivent être appliquées.

Pour les enroulements statoriques à courant alternatif à un seul faisceau par encoche, la méthode par indicateurs internes de température n'est pas admise et la méthode par variation de résistance doit être appliquée (voir également paragraphe 15 3 2 2).

*Note* — Pour vérifier en service la température de tels enroulements, un indicateur interne placé au fond de l'encoche est de peu de valeur du fait qu'il indique pour la plus grande part la température du fer. Un indicateur placé entre la bobine et la cale d'encoche suit beaucoup plus fidèlement la température de l'enroulement et il est donc préférable à des fins de contrôle, bien que la température de cet endroit puisse être relativement basse. La relation entre la température mesurée à cet endroit et la température mesurée par variation de résistance se détermine par un essai d'échauffement.

Pour les enroulements d'induits à collecteurs et pour les enroulements d'excitation dans les rotors cylindriques de machines synchrones, à l'exception des enroulements d'excitation, la méthode par variation de résistance et la méthode par thermomètre sont admises (voir également paragraphe 15 3 3). La méthode préférée est la méthode par variation de résistance.

Pour les enroulements d'excitation fixes des machines à courant continu à plus d'une couche, la méthode par indicateurs internes de température peut également être utilisée.



to the usual bulb-thermometers. When bulb-thermometers are used in places where there is a strong varying or moving magnetic field, alcohol thermometers shall be used in preference to mercury thermometers.

#### 15.2.4 *Superposition method*

In this method the resistance measurements used for determination of temperature rises of a.c. windings in accordance with Sub-clause 15.3.1, are made without interruption of the a.c. load current by applying a small d.c. measuring current superposed upon the load current.

*Note* — Details of this method are given in IEC Publication 279: Measurement of the Winding Resistance of an A.C. Machine during Operation at Alternating Voltage.

#### 15.3 *Choice of method of measuring temperatures of windings*

In general, for measuring the temperature of the windings of a machine, the resistance method in accordance with Sub-clause 15.2.1 shall be applied.

The embedded temperature detector (ETD) method shall be used for a.c. stator windings of machines having a rated output of 5 000 kW (or kVA) or more.

For a.c. machines having a rated output below 5 000 kW (or kVA) and above 200 kW (or kVA) the manufacturer shall choose either the resistance or the ETD method, unless otherwise agreed.

For a.c. machines having a rated output of 200 kW (or kVA) or less the manufacturer shall choose either the resistance method or the superposition method, unless otherwise agreed.

For machines rated 600 W (or VA) or less, when the windings are non-uniform or severe complications are involved in making the necessary connections, the temperature rise may be determined by means of thermometers (or non-embedded thermocouples). Temperature-rise limits in accordance with Table I shall apply.

For a.c. stator windings having only one coil-side per slot, the embedded detector method is not recognized and the resistance method shall be used (see also Sub-clause 15.3.2.2).

*Note* — For checking the temperature of such windings in service, an embedded detector at the bottom of the slot is of little value because it gives mainly the temperature of the iron core. A detector placed between the coil and the wedge will follow the temperature of the winding much more closely and is, therefore, better for check tests, although the temperature there may be rather low. The relation between the temperature measured at that place and the temperature measured by the resistance method should be determined by a temperature-rise test.

For windings of armatures having commutators and for field windings, except for field windings in cylindrical rotors of synchronous machines, the resistance method and the thermometer method are recognized (see also Sub-clause 15.3.3). The resistance method is preferred.

For stationary field windings of d.c. machines having more than one layer the ETD method may also be used.

### 15 3 1 Détermination de l'échauffement des enroulements par la méthode de variation de résistance

#### 15 3 1 1 Enroulements en cuivre

L'échauffement  $t_2 - t_a$  se déduit du rapport des résistances par la formule

$$\frac{t_2 + 235}{t_1 + 235} = \frac{R_2}{R_1}$$

où:

$t_2$  = température (°C) de l'enroulement à la fin de l'essai

$t_1$  = température (°C) de l'enroulement (froid) au moment de la mesure de la résistance initiale

$t_a$  = température (°C) du fluide de refroidissement à la fin de l'essai

$R_2$  = résistance de l'enroulement à la fin de l'essai

$R_1$  = résistance de l'enroulement à la température  $t_1$  (froid)

Dans la pratique, il est commode de calculer l'échauffement par la formule équivalente suivante

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1 - t_a$$

Lorsque la température d'un enroulement doit être déterminée par variation de résistance, la température de l'enroulement avant l'essai, mesurée au thermomètre, doit être pratiquement celle du fluide de refroidissement

#### 15 3 1 2 Enroulements non en cuivre

Pour les matériaux autres que le cuivre, remplacer la valeur 235 dans la formule ci-dessus par l'inverse du coefficient de température de la résistance, pris à 0 °C, du matériau considéré. Pour l'aluminium, sauf spécification contraire, la valeur 225 doit être utilisée.

### 15 3 2 Détermination de l'échauffement par la méthode par indicateurs internes de température (IIT)

Lorsque la méthode IIT est appliquée, les indicateurs doivent être convenablement répartis entre les enroulements de la machine, et le nombre des indicateurs internes installés ne doit pas être inférieur à six.

On doit s'efforcer, dans toute la mesure compatible avec la sécurité, de placer les indicateurs aux différents points présumés les plus chauds de façon qu'ils soient efficacement protégés d'un contact avec le fluide de refroidissement primaire.

Pour le tableau I, la lecture la plus élevée des éléments IIT (à l'exception des lectures peu sûres) doit être utilisée pour déterminer la conformité aux prescriptions concernant les limites d'échauffement ou de température.

*Note* — Pour les tableaux II et III, la moyenne des lectures peut être utilisée.

S'il y a deux faisceaux ou plus par encoche, les indicateurs doivent être installés conformément au paragraphe 15 3 2 1. S'il y a seulement un faisceau par encoche, ou si la mesure de la température de sortie d'enroulement est souhaitée, les méthodes d'installation recommandées sont données aux paragraphes 15 3 2 2 et 15 3 2 3, mais, dans ces cas, la méthode de mesure de température par indicateurs internes de température n'est pas une méthode admise pour déterminer les limites d'échauffement ou de température pour la vérification de la conformité à la présente norme des caractéristiques assignées.

#### 15 3 2 1 Deux faisceaux par encoche ou plus de deux faisceaux par encoche

Si l'enroulement a deux faisceaux par encoche, ou plus de deux faisceaux par encoche, les indicateurs de température doivent être placés entre les tubes isolants à l'intérieur de l'encoche, aux endroits présumés les plus chauds.



### 15 3 1 *Determination of temperature rise of windings by the resistance method*

#### 15 3 1 1 *Copper windings*

The temperature-rise  $t_2 - t_a$  may be obtained from the ratio of the resistance by the formula

$$\frac{t_2 + 235}{t_1 + 235} = \frac{R_2}{R_1}$$

where:

$t_2$  = temperature (°C) of the winding at the end of the test

$t_1$  = temperature (°C) of the winding (cold) at the moment of the initial resistance measurement

$t_a$  = temperature (°C) of coolant at the end of the test

$R_2$  = resistance of the winding at the end of the test

$R_1$  = resistance of the winding at temperature  $t_1$  (cold)

For practical purposes, the following alternative formula may be found convenient

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1 - t_a$$

When the temperature of a winding is determined by resistance, the temperature of the winding before the test, measured by thermometer, shall be practically that of the coolant

#### 15 3 1 2 *Non-copper windings*

For materials other than copper, replace the number 235 in the above formula with the reciprocal of the temperature coefficient of resistance at 0 °C of the material. For aluminium, unless otherwise specified, the number 225 shall be used.

### 15 3 2 *Determination of temperature rise by the embedded temperature detector (ETD) method*

When the ETD method is used, the detectors shall be suitably distributed throughout the machine windings and the number of embedded detectors installed shall be not less than six.

All reasonable efforts, consistent with safety, shall be made to place the detectors at the various points at which the highest temperatures are likely to occur, in such a manner that they are effectively protected from contact with the primary coolant.

For Table I, the highest reading of ETD elements (excluding unreliable readings) shall be used to determine compliance with requirements for temperature rise or temperature limits.

*Note* — For Tables II and III the average of the readings may be used.

If there are two or more coil-sides per slot the detectors shall be installed in accordance with Sub-clause 15 3 2 1. If there is only one coil-side per slot, or if it is desired to measure the end winding temperature, the recommended methods of installation are given in Sub-clauses 15 3 2 2 and 15 3 2 3, but in these cases the ETD method of temperature measurement is not a recognized method for determining temperature rise or temperature limits in order to verify the compliance of the rating with this standard.

#### 15 3 2 1 *Two coil-sides per slot or more than two coil-sides per slot*

When the winding has two coil-sides per slot or more than two sides per slot, the temperature detectors shall be located between the insulated coil-sides within the slot in positions at which the highest temperatures are likely to occur.

### 15 3 2 2 *Un faisceau par encoche*

Lorsque l'enroulement comprend un faisceau par encoche, les indicateurs qui sont logés dans l'encoche doivent être placés entre la cale d'encoche et la partie externe de l'isolation d'enroulement, aux endroits présumés les plus chauds

### 15 3 2 3 *Sorties des enroulements*

Les indicateurs de température doivent être placés entre deux faces de bobines adjacentes, à l'intérieur de la rangée extérieure des sorties d'enroulement, aux endroits présumés les plus chauds. La partie sensible à la température de l'indicateur doit être en contact étroit avec la surface de la bobine et être efficacement protégée contre l'influence du fluide de refroidissement

### 15 3 3 *Détermination de l'échauffement par la méthode par thermomètre*

La méthode par thermomètre est admise dans les cas où ni la méthode IIT, ni celle par variation de résistance ne sont applicables

L'application de la méthode par thermomètre est également admise dans les cas suivants

- a) Lorsqu'il est impossible de déterminer l'échauffement par variation de résistance comme par exemple dans le cas des bobines de commutation et enroulements compensateurs de faible résistance et, de façon générale, dans le cas des enroulements de faible résistance, notamment lorsque la résistance des jonctions et connexions représente une proportion importante de la résistance totale
- b) Enroulements en une seule couche, tournants ou fixes
- c) Pour la mesure de l'échauffement lors des essais individuels sur des machines fabriquées en grande série

Si l'acheteur désire qu'une mesure au thermomètre soit faite en plus de la mesure par variation de résistance ou de la méthode par indicateurs internes de température, l'échauffement déterminé au moyen du thermomètre, placé au point le plus chaud, doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur, mais ne doit en aucun cas dépasser

65 K pour des enroulements à isolation de la classe A  
 80 K pour des enroulements à isolation de la classe E  
 90 K pour des enroulements à isolation de la classe B  
 115 K pour des enroulements à isolation de la classe F  
 140 K pour des enroulements à isolation de la classe H

### 15 4 *Correction pour des mesures relevées après repos de la machine*

15 4 1 La mesure des températures, après arrêt, par la méthode de variation de résistance exige que la machine arrive rapidement à l'arrêt à la fin de l'essai de température. Une procédure soigneusement planifiée et un nombre approprié de personnes sont nécessaires afin d'obtenir des lectures dans un temps suffisamment court pour fournir des renseignements sûrs

Si la lecture initiale par variation de résistance est obtenue dans l'intervalle de temps indiqué ci-dessous, cette lecture doit être adoptée comme mesure de la température, et l'extrapolation des températures relevées jusqu'à l'instant de la coupure est inutile

| Puissance assignée ( $P$ )<br>(kW [kVA]) | Délai après la coupure<br>(s) |
|------------------------------------------|-------------------------------|
| $P \leq 50$                              | 30                            |
| $50 < P \leq 200$                        | 90                            |
| $200 < P \leq 5000$                      | 120                           |
| $5000 < P$                               | Sur accord                    |

### 15 3 2 2 *One coil-side per slot*

When the winding has one coil-side per slot, detectors that are embedded in the slots should be located between the wedge and the outside of the winding insulation in positions at which the highest temperatures are likely to occur

### 15 3 2 3 *End windings*

The temperature detectors should be located between two adjacent coil-sides within the external range of the end windings in positions at which the highest temperatures are likely to occur. The temperature sensing point of the temperature detector should be in close contact with the surface of the coil-side and be adequately insulated against the coolant influence

### 15 3 3 *Determination of temperature rise by the thermometer method*

The thermometer method is recognized in the cases in which neither the ETD method nor the resistance method is applicable

Use of the thermometer method is also recognized in the following cases

- a) When it is not practicable to determine the temperature rise by the resistance method as, for example, with low-resistance commutating coils and compensating windings and, in general, in the case of low-resistance windings, especially when the resistance of joints and connections forms a considerable proportion of the total resistance
- b) Single-layer windings, rotating or stationary
- c) The measurement of temperature rise during routine tests on machines manufactured in large quantities

If the purchaser wishes to have a thermometer reading in addition to the values determined by the resistance method or by the ETD method, the temperature rise determined by thermometer, when placed at the hottest accessible spot, shall be the subject of agreement between manufacturer and purchaser, but shall not exceed

65 K for Class A insulation of windings  
 80 K for Class E insulation of windings  
 90 K for Class B insulation of windings  
 115 K for Class F insulation of windings  
 140 K for Class H insulation of windings

## 15 4 *Correction of measurements taken after the machine has come to rest and is de-energized*

15 4 1 The measurement of temperatures after shutdown by the resistance method requires a quick shutdown of the machine at the end of the temperature test. A carefully planned procedure and an adequate number of people are required to obtain readings quickly enough to give reliable data

If the initial resistance reading is obtained within the time interval indicated below, this reading shall be accepted as the temperature measurement, and extrapolation of observed temperatures to the instant of switching off the power is unnecessary

| Rated output ( $P$ )<br>(kW [kVA]) | Time delay after switching off power<br>(s) |
|------------------------------------|---------------------------------------------|
| $P \leq 50$                        | 30                                          |
| $50 < P \leq 200$                  | 90                                          |
| $200 < P \leq 5\,000$              | 120                                         |
| $5\,000 < P$                       | By agreement                                |

15 4 2 Si la lecture initiale par variation de résistance ne peut être effectuée dans la durée de temps prescrite, elle doit être faite ensuite le plus tôt possible, et des lectures supplémentaires par variation de résistance doivent être effectuées à des intervalles d'environ 1 min, jusqu'au moment où ces lectures commencent à montrer une diminution sensible de leurs valeurs maximales. Une courbe de ces lectures est tracée en fonction du temps et extrapolée jusqu'au nombre de secondes spécifié dans le tableau ci-dessus pour la puissance assignée de la machine. Il est recommandé de tracer une courbe semi-logarithmique, où la température figure sur l'ordonnée logarithmique. La valeur de la température ainsi obtenue doit être considérée comme la température au moment de l'arrêt de la machine. Si des mesures consécutives montrent une augmentation des températures après l'arrêt, la valeur la plus élevée doit être prise.

15 4 3 Pour les machines à un faisceau par encoche, la méthode par variation de résistance peut être appliquée si la machine parvient à l'arrêt dans les délais spécifiés dans le tableau ci-dessus. S'il faut à la machine plus de 90 s pour arriver à l'arrêt après la coupure, la méthode par superposition (voir paragraphe 15 2 4) peut être appliquée si un accord préalable est intervenu entre constructeur et acheteur.

15 4 4 Si la lecture initiale par variation de résistance ne peut être effectuée qu'après un délai égal à deux fois le délai spécifié au paragraphe 15 4 1, la méthode du paragraphe 15 4 2 ne doit être utilisée que si un accord est intervenu entre constructeur et acheteur.

#### 15 5 *Durée de l'essai d'échauffement pour des caractéristiques assignées du type continu maximal*

Pour les machines à caractéristiques assignées du type continu maximal (service type S1), l'essai d'échauffement doit durer assez longtemps pour que l'équilibre thermique soit atteint. On doit relever, si possible, les températures en marche et après l'arrêt.

#### 15 6 *Essais d'échauffement pour des classes de caractéristiques assignées autres que celles du type continu maximal*

##### 15 6 1 *Caractéristiques assignées du type temporaire (service type S2)*

La durée de l'essai est celle qui est indiquée dans les caractéristiques assignées.

Au commencement de l'essai, la température de la machine ne doit pas différer de plus de 5 °C de la température du fluide de refroidissement.

A la fin de l'essai, les limites d'échauffement spécifiées au paragraphe 16 1 3 ne doivent pas être dépassées.

##### 15 6 2 *Caractéristiques assignées pour services types périodiques (services types S3 à S8)*

Dans le cas de charges intermittentes, le cycle de charges spécifié doit être appliqué jusqu'à l'obtention de cycles de température pratiquement identiques. Le critère en est que la droite reliant les points correspondants aux deux cycles du service ait une pente inférieure à 2 K par heure. Si nécessaire, il convient d'effectuer des mesures à intervalles raisonnables pendant un certain laps de temps. Au milieu de la période donnant le plus grand échauffement dans le dernier cycle de fonctionnement, l'échauffement ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le tableau I.

##### 15 6 3 *Caractéristiques assignées pour service type non périodique (service type S9)*

L'essai d'échauffement doit être effectué conformément au paragraphe 15 5, aux caractéristiques assignées du type continu équivalent attribuées par le constructeur, en raison des variations assignées de charge et de vitesse et des surcharges possibles, et basé sur le service spécifié par l'acheteur conformément au service type S9 défini au paragraphe 4 9.

15 4 2 If the initial resistance reading cannot be made in the required length of time, it shall be made as soon as possible afterwards and additional resistance readings be taken at intervals of approximately 1 min until these readings have begun a distinct decline from their maximum values. A curve of these readings shall be plotted as a function of time and extrapolated to the time delay specified in the above table for the rated output of the machine. A semi-logarithmic plot is recommended where temperature is plotted on the logarithmic scale. The value of temperature thus obtained shall be considered as the temperature at shutdown. If successive measurements show increasing temperatures after shutdown, the highest value shall be taken.

15 4 3 For machines with one coil-side per slot, the resistance method may be used if the machine comes to a standstill within the time delays specified in the table above. If the machine takes longer than 90 s to come to rest after switching off the power, the superposition method (see Sub-clause 15 2 4) may be used if previously agreed between manufacturer and purchaser.

15 4 4 If the initial resistance reading cannot be made until after twice the time delay time specified in Sub-clause 15 4 1 the method of Sub-clause 15 4 2 shall only be used by agreement between manufacturer and purchaser.

15 5 *Duration of temperature-rise test for maximum continuous rating*

For machines with maximum continuous rating (duty type S1), the temperature-rise test shall be continued until thermal equilibrium has been reached. If possible, the temperature shall be measured both while running and after shutdown.

15 6 *Temperature-rise tests for classes of rating other than maximum continuous rating*

15 6 1 *Short-time rating (duty type S2)*

The duration of the test is that given in the rating.

At the beginning of the test, the temperature of the machine shall be within 5 °C of the temperature of the coolant.

At the end of the test, the temperature-rise limits specified in Sub-clause 16 1 3 shall not be exceeded.

15 6 2 *Periodic duty type ratings (duty types S3 to S8)*

For intermittent loads, the load cycle specified shall be applied and continued until practically identical temperature cycles are obtained. The criterion for this is that a straight line between the corresponding points of duty cycles has a gradient of less than 2 K per hour. If necessary, measurements should be taken at reasonable intervals over a period of time. At the middle of the period causing the greatest heating in the last cycle of operation, the temperature rise shall not exceed the limits specified in Table I.

15 6 3 *Non-periodic duty type rating (duty type S9)*

The temperature-rise test shall be carried out in accordance with Sub-clause 15 5 at the equivalent continuous rating assigned by the manufacturer on account of the rated load-speed variations and overload allowances, based on the duty specified by the purchaser in accordance with duty type S9 defined in Sub-clause 4 9.



### 15 7 Détermination de la constante de temps thermique équivalente pour les machines pour service type S9

La constante de temps thermique équivalente (avec une ventilation telle que dans les conditions normales de fonctionnement) appropriée pour la détermination approchée de l'évolution de la température peut être déterminée à partir de la courbe de refroidissement tracée conformément au paragraphe 15 4 2. Cette quantité est égale à  $1,44$  fois (c'est-à-dire  $\frac{1}{\ln 2}$  fois) le temps entre la déconnexion du moteur et l'obtention d'une température représentant un point sur la courbe de refroidissement correspondant à la moitié de l'échauffement de la machine.

*Note* — Dans le cas d'une machine avec plus d'une constante de temps, par exemple une machine à courant continu avec différentes constantes de temps pour des enroulements d'excitation, d'induits et des enroulements de commutation, il convient de prendre en considération toutes les constantes de temps et d'utiliser la valeur susceptible de provoquer la température la plus dangereuse pour la détermination de l'échauffement.

### 15 8 Méthode de mesure de la température des paliers

Pour mesurer la température des paliers, la méthode par thermomètre (voir paragraphe 15 2 3) et la méthode par indicateurs internes de température (IIT) (voir paragraphe 15 2 2) sont admises.

Le point de mesure pour déterminer la température des paliers doit être placé aussi près que possible de l'un des deux emplacements spécifiques dans le tableau suivant.

| Type de palier                     | Point de mesure | Emplacement du point de mesure                                                                                      |
|------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A roulement à billes ou à rouleaux | A               | Dans le logement du roulement et à une distance* de la bague extérieure du roulement ne dépassant pas 10 mm**       |
|                                    | B               | Surface extérieure du logement du roulement le plus près possible de la bague extérieure du roulement               |
| A coussinet                        | A               | Dans la zone de pression de la coquille de coussinet*** et à une distance* du film d'huile ne dépassant pas 10 mm** |
|                                    | B               | Dans un autre endroit de la coquille de coussinet                                                                   |

\* Les distances «entre le point de mesure et la bague extérieure» et «entre le point de mesure et le film d'huile» sont mesurées à partir du point de mesure le plus proche par indicateurs internes ou par thermomètre.

\*\* Dans le cas exceptionnel d'une machine «à rotor extérieur», le point A se trouve dans la partie fixe à une distance de la bague intérieure du roulement ne dépassant pas 10 mm et le point B se trouve sur la surface extérieure de la partie fixe, aussi près que possible de la bague intérieure du roulement.

\*\*\* La coquille de coussinet est la partie supportant le matériau du coussinet qui est pressé ou fixé d'une autre manière dans le logement. La zone de pression est la portion de circonférence qui supporte la combinaison du poids du rotor et des charges radiales telles que celles qui résultent d'un entraînement par courroie.

Pour mesurer la température des paliers, il convient d'assurer un bon transfert de chaleur entre l'indicateur de température et la pièce dont on mesure la température, par exemple, chaque interstice d'air doit être comblé par un produit conducteur de chaleur.

*Note* — Entre les points de mesure A et B comme entre ces points et le point le plus chaud du palier, il existe des différences de température qui dépendent, entre autres, de la dimension du palier. Pour les paliers à roulements à coussinets cylindriques enfoncés et pour les paliers à roulements à bille ou à rouleaux d'un diamètre intérieur inférieur ou égal à 150 mm, les différences de température qui se produisent entre les points de mesure A et B peuvent être présumées négligeables. Dans le cas des paliers plus grands, les températures qui se produisent au point de mesure A seront plus élevées d'environ 15 K que celles qui se produisent au point de mesure B.

### 15.7 Determination of the thermal equivalent time constant for machines for duty type S9

The thermal equivalent time constant (with ventilation as in normal operating conditions) suitable for approximate determination of the temperature course can be determined from the cooling curve plotted in accordance with Sub-clause 15.4.2. Its amount is 1.44 times (i.e.  $\frac{1}{\ln 2}$  times) the delay between disconnecting the motor and reaching a temperature representing a point on the cooling curve corresponding to one half of the temperature rise of the machine.

*Note* — In the case of a machine with more than one time constant, for example a d.c. machine with different time constants for armature, field windings and commutating windings, all the time constants should be considered and the value likely to cause the most dangerous temperature should be used for determining temperature rise.

### 15.8 Method of bearing temperature measurement

For measuring the temperature of bearings, the thermometer method (see Sub-clause 15.2.3) and the embedded temperature detector (ETD) method (see Sub-clause 15.2.2) are recognized.

The measuring point for the determination of the temperature of bearings shall be located as nearly as possible to one of the two locations specified in the following table.

| Type of bearing | Measuring point | Location of measuring point                                                                                 |
|-----------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ball or roller  | A               | In the bearing housing and at a distance* not exceeding 10 mm from the outer ring of the bearing**          |
|                 | B               | Outer surface of the bearing housing as close as possible to the outer ring of the bearing                  |
| Sleeve          | A               | In the pressure zone of the bearing shell*** and at a distance* not exceeding 10 mm from the oil-film gap** |
|                 | B               | Elsewhere in the bearing shell                                                                              |

\* The distances "measuring point to the outer ring" and "measuring point to oil-film gap" are measured from the nearest point of the ETD or thermometer.

\*\* In the unusual case of an "inside out" machine, point A will be in the stationary part not more than 10 mm from the inner ring of the bearing, and point B will be on the outer surface of the stationary part as close as possible to the inner ring of the bearing.

\*\*\* The bearing shell is the part supporting the bearing material which is pressed or otherwise secured in the housing. The pressure zone is the portion of the circumference which supports the combination of rotor weight and radial loads such as with belt drive.

For measuring the temperature of bearings, good heat transference between the temperature detector and the object to be measured shall be ensured, any air gaps, for instance, shall be packed with conducting paste.

*Note* — Between the measuring points A and B as well as between these points and the hottest point of the bearing, there are temperature differences which depend, among other things, on the bearing size. For sleeve bearings with pressed-in bearing bushes and for ball or roller bearings with an inside diameter up to 150 mm, the temperature differences arising between the measuring points A and B may be presumed to be negligible. In the case of larger bearings, temperatures will arise at the measuring point A, higher by approximately 15 K than those arising at the measuring point B.



## 16 Limites de températures et d'échauffement

### 16 1 Tableaux de températures et d'échauffement

Le tableau I spécifie les limites admissibles d'échauffement au-dessus de la température ambiante du site de fonctionnement pour les machines à refroidissement indirect par l'air, fonctionnant à la puissance assignée et à l'altitude et à la température maximale de l'air ambiant spécifiées dans l'article 11 (c'est-à-dire, ne dépassant pas 1 000 m au-dessus du niveau de la mer et 40 °C)

Le tableau II spécifie les limites admissibles d'échauffement au-dessus de la température de l'hydrogène à sa sortie du réfrigérant pour les machines dont les enroulements sont refroidis indirectement par l'hydrogène et pour une température d'hydrogène à la sortie du réfrigérant ne dépassant pas 40 °C (voir également paragraphes 14 2 2 et 14 2 3)

Le tableau III spécifie les limites admissibles de température pour les machines ayant des parties actives refroidies directement par un gaz ou un liquide

#### 16 1 1 Machines à plus d'un mode de refroidissement

Dans le cas d'une machine dont un enroulement est refroidi indirectement et un autre directement, les limites d'échauffement ou de température de chaque enroulement doivent être conformes aux prescriptions du tableau approprié

#### 16 1 2 Classes d'isolation

Les limites d'échauffement ou de température données dans les tableaux I, II et III s'appliquent aux classes d'isolation indiquées dans ces tableaux aucune valeur n'a été attribuée aux isolations de la classe C

#### 16 1 3 Machines à caractéristiques assignées du type temporaire

Pour les machines auxquelles ont été attribuées des caractéristiques assignées du type temporaire (voir paragraphe 5 2) et dont la puissance assignée est inférieure à 5 000 kW (ou kVA), les limites d'échauffement spécifiées dans le tableau I, augmentées de 10 K, ne doivent pas être dépassées

#### 16 1 4 Machines à hydrofrigorifants

Pour une machine figurant dans le tableau I ou dans le tableau II et comportant un hydrofrigorifant, les échauffements doivent être mesurés au-dessus de la température du fluide de refroidissement primaire à sa sortie du réfrigérant (voir également paragraphes 14 2 2 et 14 2 3) et doivent être applicables par rapport à cette température du fluide de refroidissement à la sortie, sous réserve qu'elle ne dépasse pas 40 °C

Toutefois, les échauffements peuvent, après accord entre constructeur et acheteur, être mesurés par rapport à la température de l'eau à l'entrée dans le réfrigérant, et, si celle-ci ne dépasse pas 25 °C, les limites d'échauffement des tableaux I ou II sont augmentées de 10 K. Les corrections aux échauffements en fonction de l'altitude et de la température maximale du fluide de refroidissement, précisées au paragraphe 16 3, doivent être appliquées s'il y a lieu. Lorsque, dans le cas de référence à la température de l'eau à l'entrée, une correction conforme au paragraphe 16 3 4 a fait l'objet d'un accord, elle peut être obtenue à partir de la figure 11, page 104, par l'addition de 15 K à la température maximale spécifiée de l'eau et par la lecture de la courbe relative à cette valeur, en augmentant ensuite la correction de 10 K.

## 16 Limits of temperatures and temperature rises

### 16.1 *Tables of temperatures and temperature rises*

Table I specifies the permissible limits of temperature rise above the operating site ambient air temperature for machines cooled indirectly by air, when operating at rated output at the altitude and the maximum ambient temperature stated in Clause 11 (i.e., not exceeding 1 000 m) above sea level and 40 °C)

Table II specifies the permissible limits of temperature rise above the hydrogen temperature at the outlet of the heat exchanger, for machines having windings indirectly cooled by hydrogen where the hydrogen temperature at the outlet of the heat exchanger does not exceed 40 °C (See also Sub-clauses 14.2.2 and 14.2.3)

Table III specifies the permissible limits of temperature for machines having active parts directly cooled by gas or liquid

#### 16.1.1 *Machines with more than one method of cooling*

In the case of a machine where one winding is indirectly cooled and another winding is directly cooled, the limits of temperature rise or of temperature of each winding shall be in accordance with the requirements of the appropriate table

#### 16.1.2 *Classes of insulation*

The limits of temperature rise or temperature given in Tables I, II and III apply to the classes of insulation shown in these tables, no figures have been assigned to Class C insulation

#### 16.1.3 *Machines with short-time rating*

For machines to which a short-time rating has been assigned (see Sub-clause 5.2), and which have a rated output of less than 5 000 kW (or kVA), the limits of temperature rise specified in Table I increased by 10 K shall not be exceeded

#### 16.1.4 *Machines with water-cooled heat exchangers*

For a machine referred to in Table I or Table II, having a water-cooled heat exchanger, the temperature rises shall be measured above the temperature of the primary coolant at the outlet from the heat exchangers (see also Sub-clauses 14.2.2 and 14.2.3), and shall apply with respect to this outlet coolant temperature providing this does not exceed 40 °C

However, the temperature rises may, by agreement between manufacturer and purchaser, be measured with respect to the temperature of the water at intake to the heat exchanger and if this inlet water temperature does not exceed 25 °C, the temperature-rise limits of Tables I or II shall be increased by 10 K. The adjustments of temperature rise dependent on altitude and maximum coolant temperature, detailed in Sub-clause 16.3 shall be applied where they are relevant. Where, in the case of reference to the temperature of the water at intake, an adjustment in accordance with Sub-clause 16.3.4 has been agreed, this may be obtained from Figure 11, page 104, by adding 15 K to the specified maximum water temperature and reading from the curve for this value and then increasing the adjustment by 10 K.

TABEAU I  
Limites d'échauffement des machines à refroidissement indirect par l'air

| Point<br>no | Partie de la machine                                                                                                                                                                                                       | Classe d'isolation                                                                                                                                                                            |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------------|-----------------|----------|
|             |                                                                                                                                                                                                                            | A                                                                                                                                                                                             |                 |          | E                     |                 |          | B                     |                 |          | F                     |                 |          |
|             |                                                                                                                                                                                                                            | Thermo-<br>mètre<br>K                                                                                                                                                                         | Résistance<br>K | IIT<br>K | Thermo-<br>mètre<br>K | Résistance<br>K | IIT<br>K | Thermo-<br>mètre<br>K | Résistance<br>K | IIT<br>K | Thermo-<br>mètre<br>K | Résistance<br>K | IIT<br>K |
| 1           |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                               |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |
| a)          | Enroulements à courant alternatif de machines de puissance supérieure ou égale à 5000 kW (ou kVA)                                                                                                                          | —                                                                                                                                                                                             | 60              | 65(1)    | —                     | —               | —        | —                     | 80              | 85(1)    | —                     | 100             | 105(1)   |
| b)          | Enroulements à courant alternatif de machines de puissance supérieure à 200 kW (ou kVA) mais inférieure à 5000 kW (ou kVA)                                                                                                 | —                                                                                                                                                                                             | 60              | 65(1)    | —                     | 75              | —        | —                     | 80              | 90(1)    | —                     | 105             | 110(1)   |
| c)          | Enroulements à courant alternatif de machines de puissance inférieure ou égale à 200 kW (ou kVA) autres que ceux des points 1 d) ou 1 e)(2)                                                                                | —                                                                                                                                                                                             | 60              | —        | —                     | 75              | —        | —                     | 80              | —        | —                     | 105             | —        |
| d)          | Enroulements à courant alternatif de machines de puissance inférieure à 600 W (ou VA)(3)                                                                                                                                   | —                                                                                                                                                                                             | 65              | —        | —                     | 75              | —        | —                     | 85              | —        | —                     | 110             | —        |
| e)          | Enroulements à courant alternatif de machines qui sont refroidies naturellement, sans ventilateur (IC 4b) et/ou à enroulements entrobobés(2)                                                                               | —                                                                                                                                                                                             | 65              | —        | —                     | 75              | —        | —                     | 85              | —        | —                     | 110             | —        |
| 2           | Enroulements d'induit reliés à des collecteurs                                                                                                                                                                             | 50                                                                                                                                                                                            | 60              | —        | 65                    | 75              | —        | 70                    | 80              | —        | 85                    | 105             | 105      |
| 3           | Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu, autres que ceux de point 2                                                                                             | 50                                                                                                                                                                                            | 60              | —        | 65                    | 75              | —        | 70                    | 80              | —        | 85                    | 105             | 105      |
| 4           |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                               |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |
| a)          | Enroulements d'excitation à courant continu des machines synchrones à rotor cylindrique, dont un enroulement est logé dans l'encoche, excepté les moteurs synchrones à induction                                           | —                                                                                                                                                                                             | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | 90              | —        | —                     | 110             | —        |
| b)          | Enroulements fixes d'excitation à plus d'une couche des machines à courant continu                                                                                                                                         | 50                                                                                                                                                                                            | 60              | —        | 65                    | 75              | —        | 70                    | 80              | 90       | 85                    | 105             | 110      |
| c)          | Enroulements d'excitation de faible résistance à une seule couche des machines à courant alternatif et à courant continu, et enroulements de compensation à plus d'une couche des machines à courant continu               | 60                                                                                                                                                                                            | 60              | —        | 75                    | 75              | —        | 80                    | 80              | —        | 100                   | 100             | —        |
| d)          | Enroulements à une seule couche des machines à courant alternatif et à courant continu avec surfaces exposées nues ou en métal verni, et enroulements de compensation à une seule couche des machines à courant continu(5) | 65                                                                                                                                                                                            | 65              | —        | 80                    | 80              | —        | 90                    | 90              | —        | 110                   | 110             | —        |
| 5           | Enroulements isolés continuellement fermes sur eux-mêmes(4)                                                                                                                                                                | 60                                                                                                                                                                                            | —               | —        | 75                    | —               | —        | 80                    | —               | —        | 100                   | —               | —        |
| 6           | Enroulements non isolés continuellement fermes sur eux-mêmes                                                                                                                                                               | Les échauffements de ces parties ne doivent en aucun cas atteindre une valeur telle qu'il y ait risque de détérioration pour les matières avoisinantes, isolantes ou non, ou pour elles-mêmes |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |
| 7           | Noyaux magnétiques et autres parties non en contact avec les enroulements                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                               |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |
| 8           | Noyaux magnétiques et autres parties en contact avec les enroulements                                                                                                                                                      | 60                                                                                                                                                                                            | —               | —        | 75                    | —               | —        | 80                    | —               | —        | 100                   | —               | —        |
| 9           | Collecteurs et bagues, ouverts ou fermes(6)                                                                                                                                                                                | 60                                                                                                                                                                                            | —               | —        | 70                    | —               | —        | 80                    | —               | —        | 90(6)                 | —               | —        |

(1) Une correction peut être effectuée dans le cas des enroulements à courant alternatif à haute tension (voir paragraphe 16.2).

(2) Lors de l'application de la méthode d'essai par superposition à des enroulements de machines de puissance inférieure ou égale à 200 kW (ou kVA) avec des classes d'isolation A, E, B et F, les limites des échauffements prévues pour la méthode par variation de résistance peuvent être dépassées de 5 K.

(3) Comprend également les enroulements à plusieurs couches, à condition que les couches inférieures soient chacune en contact avec le fluide de refroidissement primaire en circulation.

(4) Des prises de température peuvent être utilisées à la place des rubans détecteurs sensibles à la température.

(5) Les échauffements du point 9 sont admissibles à condition qu'il soit fait usage d'une isolation du collecteur ou de la bague protectrice, appropriée à l'échauffement, sauf dans le cas où le collecteur ou la bague collectrice est au voisinage d'enroulements, auquel cas l'échauffement ne devra pas dépasser celui qui est spécifié pour la classe d'isolation de l'enroulement. Les valeurs d'échauffement indiquées ne s'appliquent qu'aux mesures effectuées à l'aide d'un thermomètre à réservoir. Dans le cas où les couples thermoelectriques ou des thermomètres à résistances sont utilisés, les limites d'échauffement doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur. Dans le cas de machines de puissance inférieure à 600 W (ou VA), les limites d'échauffement peuvent être dépassées de 5 K pour les classes d'isolation A, E et B, et de 10 K pour les classes d'isolation F et H.

(6) Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour le choix de la qualité des balais, dans le cas d'échauffements égaux ou supérieurs à 90 K.

TABLE I  
Limits of temperature rise of machines indirectly cooled by air

| Item No. | Part of Machine                                                                                                                                          | Class of insulation                                                                                                                                                                 |              |       |                |              |       |                |              |       |                |              |        |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|----------------|--------------|-------|----------------|--------------|-------|----------------|--------------|--------|
|          |                                                                                                                                                          | A Method                                                                                                                                                                            |              |       | E Method       |              |       | B Method       |              |       | F Method       |              |        |
|          |                                                                                                                                                          | Thermo-meter K                                                                                                                                                                      | Resistance K | ETD K | Thermo-meter K | Resistance K | ETD K | Thermo-meter K | Resistance K | ETD K | Thermo-meter K | Resistance K | ETD K  |
| 1        | A.C. windings of machines having outputs of 5000 kW (or kVA) or more                                                                                     | 60                                                                                                                                                                                  | 65(1)        | —     | —              | —            | —     | —              | 80           | 85(1) | —              | 100          | 105(1) |
| a)       | A.C. windings of machines having outputs above 200 kW (or kVA), but less than 5000 kW (or kVA)                                                           | 60                                                                                                                                                                                  | 65(1)        | —     | 75             | —            | —     | —              | 80           | 90(1) | —              | 105          | 110(1) |
| b)       | A.C. windings of machines having outputs of 200 kW (or kVA) or less, other than those in Item No. 1 d) or 1 e)(2)                                        | 60                                                                                                                                                                                  | —            | —     | 75             | —            | —     | —              | 80           | —     | —              | 105          | —      |
| c)       | A.C. windings of machines having rated outputs of less than 600 W (or VA)(2)                                                                             | —                                                                                                                                                                                   | —            | —     | 75             | —            | —     | —              | 85           | —     | —              | 110          | —      |
| d)       | A.C. windings of machines which are self-cooled without fan (IC 40) and/or with encapsulated windings(2)                                                 | —                                                                                                                                                                                   | —            | —     | 75             | —            | —     | —              | 85           | —     | —              | 110          | —      |
| e)       |                                                                                                                                                          | —                                                                                                                                                                                   | —            | —     | —              | —            | —     | —              | —            | —     | —              | —            | —      |
| 2        | Windings of armatures having commutators                                                                                                                 | 50                                                                                                                                                                                  | 60           | —     | 65             | 75           | —     | 70             | 80           | —     | 85             | 105          | 125    |
| 3        | Field windings of a.c. and d.c. machines having d.c. excitation other than those in Item 4                                                               | 50                                                                                                                                                                                  | 60           | —     | 65             | 75           | —     | 70             | 80           | —     | 85             | 105          | 125    |
| 4        | Field windings of synchronous machines with cylindrical rotors having d.c. excitation winding embedded in slots except synchronous induction motors      | —                                                                                                                                                                                   | —            | —     | —              | —            | —     | —              | 90           | —     | —              | 110          | 135    |
| a)       | Stationary field windings of d.c. machines having more than one layer                                                                                    | 50                                                                                                                                                                                  | 60           | —     | 65             | 75           | —     | 70             | 80           | 90    | 85             | 105          | 110    |
| b)       | Low resistance field windings of a.c. and d.c. machines and compensating windings of d.c. machines having more than one layer                            | 60                                                                                                                                                                                  | 60           | —     | 75             | 75           | —     | 80             | 80           | —     | 100            | 100          | 125    |
| c)       | Single-layer windings of a.c. and d.c. machines with exposed bare or varnished metal surfaces and single-layer compensating windings of d.c. machines(3) | 65                                                                                                                                                                                  | 65           | —     | 80             | 80           | —     | 90             | 90           | —     | 110            | 110          | 135    |
| d)       |                                                                                                                                                          | —                                                                                                                                                                                   | —            | —     | —              | —            | —     | —              | —            | —     | —              | —            | —      |
| 5        | Permanently short-circuited insulated windings(4)                                                                                                        | 60                                                                                                                                                                                  | —            | —     | 75             | —            | —     | 80             | —            | —     | 100            | —            | 125    |
| 6        | Permanently short-circuited uninsulated windings                                                                                                         | The temperature rise of these parts shall in no case reach such a value that there is a risk of injury to any insulation or other material on adjacent parts or to the item itself. |              |       |                |              |       |                |              |       |                |              |        |
| 7        | Magnetic cores and other parts not in contact with windings                                                                                              |                                                                                                                                                                                     |              |       |                |              |       |                |              |       |                |              |        |
| 8        | Magnetic cores and other parts in contact with windings                                                                                                  | 60                                                                                                                                                                                  | —            | —     | 75             | —            | —     | 80             | —            | —     | 100            | —            | 125    |
| 9        | Commutators and slip-rings open and enclosed(5)                                                                                                          | 60                                                                                                                                                                                  | —            | —     | 70             | —            | —     | 80             | —            | —     | 90(6)          | —            | 100(6) |

(1) A correction for high-voltage a.c. windings may be applicable to these items (see Sub-clause 16.2).

(2) With application of the superposition test method to windings of machines rated 200 kW (or kVA) or less with insulation classes A, E, B and F the limits of temperature rise given for the resistance method may be exceeded by 5 K.

(3) Also includes multiple layer windings provided that the under layers are each in contact with the circulating primary coolant.

(4) Thermally sensitive test tapes may be used in place of thermometers.

(5) The temperature rises in Item 9 are permissible provided that insulation of the commutator or slip-rings appropriate to the temperature rise is used, except where a commutator or slip-ring is adjacent to windings in which case the temperature rise should not exceed that for the winding insulation class. The values of temperature rise given apply only to measurements made by bulb thermometer. In the case of thermocouples or resistance thermometers being used, the limits of temperature rise shall be agreed upon between manufacturer and purchaser. In the case of machines rated 600 W (or VA) or less the temperature-rise limits may be exceeded by 5 K for insulation classes A, E, and B and 10 K for insulation classes F and H.

(6) Special precautions may be necessary in the choice of brush grades in using temperature rises of 90 K and higher.

TABLEAU II

Limites d'échauffement des machines à refroidissement indirect par hydrogène

| Point no | Partie de la machine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Classe d'isolation    |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |                       |                 |          |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------------|-----------------|----------|
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | A                     |                 |          | E                     |                 |          | B                     |                 |          | F                     |                 |          |
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Thermo-<br>mètre<br>K | Résistance<br>K | IIT<br>K | Thermo-<br>mètre<br>K | Résistance<br>K | IIT<br>K | Thermo-<br>mètre<br>K | Résistance<br>K | IIT<br>K | Thermo-<br>mètre<br>K | Résistance<br>K | IIT<br>K |
| 1        | Enroulements à courant alternatif de machines de puissance égale ou supérieure à 5000 kW (ou kVA) ou dont la longueur du noyau axial est égale ou supérieure à 1 m<br><i>Pression absolue d'hydrogène</i><br>$\leq 150 \text{ kPa (1,5 bar)}$<br>$\leq 200 \text{ kPa (2,0 bar)}$<br>$\leq 300 \text{ kPa (3,0 bar)}$<br>$\leq 400 \text{ kPa (4,0 bar)}$<br>$\leq 500 \text{ kPa (5,0 bar)}$<br>$\leq 600 \text{ kPa (6,0 bar)}$<br>$\leq 700 \text{ kPa (7,0 bar)}$ | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        |
| 2        | Enroulements à courant alternatif de machines de puissance inférieure à 5000 kW (ou kVA) et dont la longueur du noyau axial est inférieure à 1 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 60                    | 60(2)           | —        | —                     | 75              | 75(2)    | —                     | 80              | 80(2)    | —                     | 100             | 100(2)   |
| a)       | Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu autres que celles des points 3 et 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 60                    | 60              | —        | —                     | 75              | —        | —                     | 80              | —        | —                     | 100             | —        |
| b)       | Enroulements d'induits reliés à des collecteurs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        |
| 3        | Enroulements d'excitation à courant continu des turbo-machines                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | 85              | —        | —                     | 105             | —        |
| 4        | Enroulements d'excitation de faible résistance, à plus d'une couche, et enroulements de compensation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | —                     | —               | —        | —                     | 75              | —        | —                     | 80              | —        | —                     | 100             | —        |
| a)       | Enroulements à une couche avec surfaces exposées nues ou en métal verni(3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 60                    | 60              | —        | —                     | 80              | —        | —                     | 90              | —        | —                     | 110             | —        |
| b)       | Enroulements isolés continuellement fermes sur eux-mêmes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        |
| 5        | Enroulements non isolés continuellement fermes sur eux-mêmes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        |
| 6        | Noyau magnétique et autres parties, non en contact avec les enroulements                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        | —                     | —               | —        |
| 7        | Noyau magnétique et autres parties en contact avec les enroulements                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 60                    | —               | 60       | 75                    | —               | 75       | 80                    | —               | 80       | 100                   | —               | 100      |
| 8        | Collecteurs et bagues, protégés ou non(4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 60                    | —               | —        | 70                    | —               | —        | 80                    | —               | —        | 90(5)                 | —               | —        |

(1) Ce point est le seul pour lequel l'échauffement admissible dépend de la pression d'hydrogène.

(2) Une correction peut être effectuée dans le cas des enroulements à courant alternatif à haute pression (voir paragraphe 16.2).

(3) Comprend également les enroulements d'excitation à plusieurs couches à condition que les couches inférieures soient chacune en contact avec le fluide de refroidissement primaire en circulation.

(4) Les échauffements du point 9 sont admissibles à condition qu'il soit fait usage d'une isolation appropriée à l'échauffement pour le collecteur ou les bagues, sauf dans le cas où un collecteur ou une bague collectrice est au voisinage d'enroulements, auquel cas l'échauffement ne devra pas dépasser celui qui est spécifié pour la classe d'isolation de l'enroulement. Les valeurs d'échauffement indiquées ne s'appliquent qu'aux mesures effectuées à l'aide de thermomètres à réservoir. Dans le cas de couples thermoelectriques ou de thermomètres à résistance, les limites d'échauffement doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

(5) Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour les choix de la qualité des balais, dans le cas d'échauffements égaux ou supérieurs à 90 K.



TABLE II

Limits of temperature rise of machines indirectly cooled by hydrogen

| Item No. | Part of machine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Class of insulation                                                                                                                                                             |              |       |                |              |       |                |              |       |                |              |        |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|----------------|--------------|-------|----------------|--------------|-------|----------------|--------------|--------|
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | A                                                                                                                                                                               |              |       | E              |              |       | R              |              |       | F              |              |        |
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Thermo-meter K                                                                                                                                                                  | Resistance K | ETD K | Thermo-meter K | Resistance K | ETD K | Thermo-meter K | Resistance K | ETD K | Thermo-meter K | Resistance K | ETD K  |
| 1        | A.C. windings of machines having outputs of 5 000 kW (or kVA) or more, or having a core length of 1 m or more<br><br><i>Absolute hydrogen pressure</i> <sup>(1)</sup><br>≤ 150 kPa (1.5 bar)<br>> 150 kPa (2.0 bar)<br>≤ 200 kPa (3.0 bar)<br>> 200 kPa (3.0 bar)<br>≤ 300 kPa (4.0 bar)<br>> 300 kPa (4.0 bar)<br>≤ 400 kPa (5.0 bar)<br>> 400 kPa (5.0 bar)<br>≤ 500 kPa (6.0 bar)<br>> 500 kPa (6.0 bar)<br>≤ 600 kPa (7.0 bar)<br>> 600 kPa (7.0 bar) | —                                                                                                                                                                               | —            | —     | —              | —            | —     | —              | —            | —     | —              | —            | —      |
| 2        | A.C. windings of machines having outputs less than 5 000 kW (or kVA) and having a core length less than 1 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | —                                                                                                                                                                               | 60           | 80(2) | —              | 75           | 75(3) | —              | 80           | 80(2) | —              | 100          | 100(2) |
| a)       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | —                                                                                                                                                                               | 60           | 80(2) | —              | 75           | 75(3) | —              | 80           | 80(2) | —              | 100          | 100(2) |
| b)       | D.C. field windings of a.c. and d.c. machines other than those in Items 3 and 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | —                                                                                                                                                                               | 60           | —     | —              | —            | —     | —              | 80           | —     | —              | —            | —      |
| c)       | Windings of armatures having commutators                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | —                                                                                                                                                                               | 60           | —     | —              | 75           | —     | —              | 80           | —     | —              | 100          | —      |
| 3        | Field windings of turbine-type machines having d.c. excitation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | —                                                                                                                                                                               | —            | —     | —              | —            | —     | —              | 85           | —     | —              | 105          | —      |
| 4        | Low-resistance field windings of more than one layer, and compensating windings                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | —                                                                                                                                                                               | 60           | —     | —              | 75           | —     | —              | 80           | —     | —              | 100          | —      |
| a)       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | —                                                                                                                                                                               | 60           | —     | —              | 75           | —     | —              | 80           | —     | —              | 100          | —      |
| b)       | Single-layer windings with exposed bare or varnished metal surfaces <sup>(3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | —                                                                                                                                                                               | 65           | —     | —              | 80           | —     | —              | 90           | —     | —              | 110          | —      |
| 5        | Permanently short-circuited insulated windings                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | The temperature rise of these parts shall in no case reach such a value that there is a risk of injury to any insulating or other material on the windings or on adjacent parts |              |       |                |              |       |                |              |       |                |              |        |
| 6        | Permanently short-circuited uninsulated windings                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                 |              |       |                |              |       |                |              |       |                |              |        |
| 7        | Magnetic core and other parts not in contact with windings                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                 |              |       |                |              |       |                |              |       |                |              |        |
| 8        | Magnetic core and other parts in contact with windings                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 60                                                                                                                                                                              | —            | 60    | 75             | —            | 75    | 80             | —            | 80    | 100            | —            | 100    |
| 9        | Commutators and slip-rings, open or enclosed <sup>(4)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 60                                                                                                                                                                              | —            | —     | 70             | —            | —     | 80             | —            | —     | 90(5)          | —            | —      |

(1) This is the only item where the permissible temperature rise is dependent on hydrogen pressure.

(2) A correction for high-voltage a.c. windings may be applicable to these items (see Sub-clause 16.2).

(3) Also includes multiple-layer field windings provided that the under layers are each in contact with the circulating primary coolant.

(4) The temperature rises in Item 9 are permissible provided that insulation of the commutator or slip-rings appropriate to the temperature rise is used, except where a commutator or slip-ring is adjacent to windings in which case the temperature rise should not exceed that for the winding insulation class. The values of temperature rises given apply only to measurements made by bulb thermometers. In the case of thermocouples or resistance thermometers being used, the limits of temperature rise shall be agreed between manufacturer and purchaser.

(5) Special precautions may be necessary in the choice of brush grades in using temperature rises of 90 K and higher.



TABLEAU III

Limites de température des machines à refroidissement direct et de leurs fluides de refroidissement

| Point n° | Partie de machine                                                                                                                                      | Classe d'isolation |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|-----------|------------------------|------------------|-----------|------------------------|------------------|-----------|---------|
|          |                                                                                                                                                        | A                  |                        | E         |                        | B                |           | F                      |                  | H         |         |
|          |                                                                                                                                                        | Méthode            | Thermo-<br>mètre<br>°C | ITT<br>°C | Thermo-<br>mètre<br>°C | Résistance<br>°C | ITT<br>°C | Thermo-<br>mètre<br>°C | Résistance<br>°C | ITT<br>°C | Méthode |
| 1        | Fluide de refroidissement à la sortie des parties refroidies directement<br>Gaz<br>Eau ou huile                                                        |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| a)<br>b) |                                                                                                                                                        |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| c)       | Autres liquides                                                                                                                                        |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| 2        | Enroulements à courant alternatif<br>Refroidis par un gaz<br>Refroidis par un liquide                                                                  |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| a)<br>b) |                                                                                                                                                        |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| 3        | Enroulements d'excitation des turbo-machines<br>Refroidis par un gaz sortant du rotor par le nombre suivant de zones de sortie <sup>(2)</sup> :        |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| a)       | 1 et 2<br>3 et 4<br>6<br>8 et plus                                                                                                                     |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| b)       | Refroidis par un liquide                                                                                                                               |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| 4        | Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu, autres que ceux du point 3<br>Refroidis par un gaz |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| a)       |                                                                                                                                                        |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| b)       | Refroidis par un liquide                                                                                                                               |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| 5        | Enroulements isolés continuellement fermés sur eux-mêmes                                                                                               |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| 6        | Enroulements non isolés continuellement fermés sur eux-mêmes                                                                                           |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| 7        | Noyau magnétique et autres parties, non en contact avec les enroulements                                                                               |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| 8        | Noyau magnétique et autres parties, en contact avec les enroulements                                                                                   |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |
| 9        | Collecteurs et bagues, protégés ou non <sup>(3)</sup>                                                                                                  |                    |                        |           |                        |                  |           |                        |                  |           |         |

(1) Il importe de noter que la température mesurée par indicateurs internes de température ne donne pas d'indication sur la température des points chauds de l'enroulement statorique. L'observation des températures maximales du fluide de refroidissement spécifiées au point 1 assure que la température aux points chauds de l'enroulement n'est pas excessive. La limite de la température admissible des enroulements statoriques n'est toutefois pas une garantie contre un échauffement excessif de l'isolation par le noyau. Les lectures des températures par indicateurs internes peuvent être utilisées pour contrôler le fonctionnement du système de refroidissement de l'enroulement statorique.

(2) La ventilation du rotor est caractérisée par le nombre de zones de sorties radiales sur toute la longueur du rotor. Les zones spéciales de sortie du fluide de refroidissement dans les têtes de bobines sont comptées à raison d'une sortie à chaque extrémité. Les zones communes de deux courants dirigés en sens inverse sont comptées pour deux zones.

(3) Les températures du point 9 sont admissibles à condition qu'il soit fait usage d'une isolation appropriée à l'échauffement pour le collecteur ou les bagues, sauf dans le cas où le collecteur ou la bague collectrice est au voisinage d'enroulements, auquel cas la température ne doit pas dépasser celle spécifiée pour la classe d'isolation de l'enroulement. Les valeurs de température indiquées ne s'appliquent qu'aux mesures faites à l'aide de thermomètres à réservoir. Dans le cas de couples thermoelectriques ou de thermomètres à résistance, les limites de température doivent être l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

(4) Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour le choix de la qualité des balais dans le cas où on applique une température égale ou supérieure à 130 °C.

TABLE III  
Limits of temperature of directly cooled machines and their coolants

| Item No. | Part of machine                                                                                     | Class of insulation |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|--------|-----------------|---------------|--------|-----------------|---------------|--------|-----------------|---------------|--------|
|          |                                                                                                     | A Method            |               |        | E Method        |               |        | B Method        |               |        | F Method        |               |        |
|          |                                                                                                     | Thermo-meter °C     | Resistance °C | ETD °C | Thermo-meter °C | Resistance °C | ETD °C | Thermo-meter °C | Resistance °C | ETD °C | Thermo-meter °C | Resistance °C | ETD °C |
| 1        | Coolant at the outlet of directly-cooled active parts                                               |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| a)       | Gas                                                                                                 |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| b)       | Water or oil                                                                                        |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| c)       | Other liquids                                                                                       |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| 2        | A.C. windings                                                                                       |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| a)       | Gas cooled                                                                                          |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| b)       | Liquid cooled                                                                                       |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| 3        | Field windings of turbine-type machines                                                             |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| a)       | Cooled by gas leaving the rotor through the following number of gas outlet regions <sup>(1)</sup> : |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
|          | 1 and 2                                                                                             |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
|          | 3 and 4                                                                                             |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
|          | 6                                                                                                   |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
|          | 8 and above                                                                                         |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| b)       | Liquid cooled                                                                                       |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| 4        | Field windings of a.c. and d.c. machines having d.c. excitation other than that in Item 3           |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| a)       | Gas cooled                                                                                          |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| b)       | Liquid cooled                                                                                       |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| 5        | Permanently short-circuited insulated windings                                                      |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| 6        | Permanently short-circuited uninsulated windings                                                    |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| 7        | Magnetic core and other parts not in contact with windings                                          |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| 8        | Magnetic core and other parts in contact with windings                                              |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |
| 9        | Commutators and slip-rings open or enclosed <sup>(3)</sup>                                          |                     |               |        |                 |               |        |                 |               |        |                 |               |        |

Values for these classes are under consideration

Values for this class are under consideration

Observance of the maximum coolant temperatures given in Item 1 will ensure that the hot-spot temperature of the winding is not excessive

Observance of the maximum coolant temperatures given in Item 1 will ensure that the hot-spot temperature of the winding is not excessive

The temperature of these parts shall in no case reach such a value that there is a risk of injury to any insulating or other material on the windings or on adjacent parts

(1) It is important to note that the temperature measured by ETD is no indication of the hot-spot temperature of the stator winding. Observance of maximum coolant temperatures given in Item 1 will ensure that the hot-spot temperature of the winding is not excessive. The limit of permissible temperature of the stator windings however is intended to be a safeguard against excessive heating of the insulation from the core. The readings of the ETD temperatures may be used to monitor the operation of the cooling system of the stator winding.

(2) The rotor ventilation is classified by the number of radial outlet regions on the total length of the rotor. Special outlet regions for the coolant of the end windings are included as one outlet for each end. The common outlets of two axially opposed cooling flows are to be counted as two regions.

(3) The temperatures in Item 9 are permissible provided that insulation of the commutator or slip-rings appropriate to the temperature use is used, except where a commutator or slip-ring is adjacent to windings in which case the temperature should not exceed that for the winding insulation class. The values of temperatures given apply only to measurements made by bulb thermometers. In the case of thermocouples or resistance thermometers being used, the limits of temperature shall be agreed between manufacturer and purchaser.

(4) Special precautions may be necessary in the choice of brush grades in using a temperature of 130 °C and higher.

### 16 1 5 *Machines à caractéristiques assignées pour service type non périodique*

Il faut noter que pour les machines pour lesquelles sont stipulées des caractéristiques assignées pour service type non périodique basé sur un service type S9, les limites d'échauffement du tableau I peuvent parfois être dépassées lors du fonctionnement de la machine

## 16 2 *Enroulements statoriques pour tensions assignées supérieures à 11 000 V*

### 16 2 1 *Machines à refroidissement indirect par l'air*

Pour les enroulements statoriques à pleine isolation pour tensions assignées supérieures à 11 000 V, les limites d'échauffement spécifiées dans le tableau I doivent être réduites des quantités suivantes

- a) par tranche (ou fraction de tranche) de 1 000 V, au-dessus de 11 000 V et jusqu'à 17 000 V inclus
  - 1,5 K en cas de mesures par thermomètre,
  - 1 K en cas de mesures par indicateur interne de température
- b) par tranche (ou fraction de tranche) de 1 000 V, au-dessus de 17 000 V, une réduction supplémentaire de 0,5 K, en cas de mesures par thermomètre ou par indicateur interne de température

### 16 2 2 *Machines à refroidissement indirect à hydrogène*

Pour les enroulements statoriques pour tensions assignées supérieures à 11 000 V, les limites d'échauffement spécifiées dans le tableau II doivent être réduites des quantités suivantes

- 1 K par tranche (ou fraction de tranche) de 1 000 V, au-dessus de 11 000 V et jusqu'à 17 000 V inclus,
- 0,5 K en plus par tranche (ou fraction de tranche) de 1 000 V, au-dessus de 17 000 V

## 16 3 *Corrections des limites d'échauffement destinées à tenir compte des conditions de fonctionnement*

Les corrections précisées dans le présent paragraphe doivent être apportées aux limites d'échauffement dans le cas des machines à refroidissement indirect par l'air spécifiées dans le tableau I pour tenir compte des conditions spécifiées d'altitude et/ou de température ambiante maximale sur le site de fonctionnement (ou des conditions résultantes, pour la température maximale du fluide de refroidissement primaire d'une machine comportant un hydro-réfrigérant) et s'écartant des conditions spécifiées à l'article 11

16 3 1 Aucune correction n'est apportée aux limites d'échauffement spécifiées dans le tableau I lorsque la température ambiante maximale est de 40 °C et que l'altitude est comprise entre le niveau de la mer et 1 000 m

16 3 2 Si la température maximale spécifiée ou résultante du fluide de refroidissement dépasse 60 °C ou est inférieure à 0 °C, les limites d'échauffement doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur

16 3 3 Si la température maximale spécifiée ou résultante du fluide de refroidissement est comprise entre 40 °C et 60 °C, les limites d'échauffement du tableau I doivent être réduites d'une quantité égale à la différence entre la température du fluide de refroidissement et 40 °C. Ce cas est représenté sur la figure 11 page 104

### 16 1 5 *Machines with non-periodic duty type rating*

It should be noted that, for machines to which a non-periodic duty type rating based on duty type S9 has been assigned, the limits of temperature rise of Table I may be occasionally exceeded during operation of the machine

### 16 2 *Stator windings for rated voltages in excess of 11 000 V*

#### 16 2 1 *Machines indirectly cooled by air*

For stator windings fully insulated for rated voltages in excess of 11 000 V, the limits of temperature rise specified in Table I shall be reduced by the following amounts

- a) each 1 000 V (or part thereof) above 11 000 V up to and including 17 000 V
  - 1.5 K when measurements are made by thermometer,
  - 1 K when measurements are made by embedded temperature detector
- b) each 1 000 V (or part thereof) above 17 000 V, additional 0.5 K when measurement is made by thermometer or embedded temperature detector

#### 16 2 2 *Machines indirectly cooled by hydrogen*

For stator windings for rated voltages in excess of 11 000 V, the limits of temperature rise specified in Table II shall be reduced by the following amounts

- 1 K per 1 000 V (or part thereof) above 11 000 V up to and including 17 000 V,
- additional 0.5 K per 1 000 V (or part thereof) above 17 000 V

### 16 3 *Adjustments to limits of temperature rise to take account of operating conditions*

The adjustments detailed in this sub-clause shall be made to the limits of temperature rise for machines indirectly cooled by air specified in Table I to take account of specified conditions of altitude and/or maximum ambient temperature (or resulting conditions for maximum primary coolant temperature of a machine with water-cooled heat exchanger), at the operating site, differing from those specified in Clause 11

16 3 1 No adjustment is to be made to the temperature-rise limits specified in Table I when the maximum ambient temperature is 40 °C and the altitude is between sea level and 1 000 m

16 3 2 If the specified or resulting maximum coolant temperature exceeds 60 °C or is less than 0 °C, the limits of temperature rise shall be agreed between manufacturer and purchaser

16 3 3 If the specified or resulting maximum coolant temperature is between 40 °C and 60 °C, the limits of temperature rise given in Table I shall be reduced by the amount by which the coolant temperature exceeds 40 °C. This is illustrated in Figure 11, page 104

16 3 4 Si la température maximale spécifiée ou résultante du fluide de refroidissement est comprise entre 0 °C et 40 °C, aucune augmentation ne doit normalement être apportée aux limites d'échauffement, toutefois, selon accord entre constructeur et acheteur, une augmentation peut être apportée, mais elle ne doit pas dépasser la différence entre cette température maximale du fluide de refroidissement et 40 °C, avec un maximum de 30 K. Ceci est représenté sur la figure 11, page 104.

16 3 5 Si la machine est destinée à fonctionner à une altitude comprise entre 1 000 m et 4 000 m et que la température maximale du fluide de refroidissement n'est pas spécifiée, on admet que la diminution du pouvoir de refroidissement résultant de l'altitude est compensée par une réduction de la température ambiante maximale au-dessous de 40 °C et que les températures totales admissibles ne dépassent pas 40 °C, plus les échauffements du tableau I. L'altitude spécifiée et la température ambiante maximale présumée doivent être portées sur la plaque signalétique conformément à l'article 27.

*Note* — En admettant que la réduction nécessaire de la température ambiante est de 1% des limites d'échauffement par tranche de 100 m au-dessus de 1 000 m, la température ambiante maximale présumée du site de fonctionnement, basée sur une température ambiante maximale de 40 °C sur des altitudes inférieures ou égales à 1 000 m, sera celle qui est indiquée dans le tableau IV (basé sur les limites d'échauffement des points 1b) et 1c) du tableau I).

16 3 6 Si une machine est destinée à fonctionner au-dessus de 4 000 m, les limites maximales d'échauffement doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

TABLEAU IV  
*Températures ambiantes maximales présumées*

| Altitude<br>(m) | Température (°C)   |    |    |    |    |
|-----------------|--------------------|----|----|----|----|
|                 | Classe d'isolation |    |    |    |    |
|                 | A                  | E  | B  | F  | H  |
| 1 000           | 40                 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 2 000           | 34                 | 33 | 32 | 30 | 28 |
| 3 000           | 28                 | 26 | 24 | 19 | 15 |
| 4 000           | 22                 | 19 | 16 | 9  | 3  |

16 4 *Corrections des limites d'échauffement destinées à tenir compte de l'altitude ou de la température ambiante sur le site d'essai*

Les corrections précisées dans le présent paragraphe doivent être apportées aux limites d'échauffement dans le cas des machines à refroidissement indirect par l'air spécifiées dans le tableau I, pour tenir compte de la différence d'altitude entre le site d'essai et le site de fonctionnement, ou de la différence entre la température maximale spécifiée ou résultante du fluide de refroidissement sur le site de fonctionnement et la température du fluide de refroidissement pour l'essai.

16 4 1 *Corrections des limites d'échauffement sur le site d'essai, dues à la différence d'altitude*

Lorsque l'altitude du site de fonctionnement est supérieure à celle du site d'essai, mais ne dépasse pas 4 000 m, les limites d'échauffement pour l'essai doivent être celles du tableau I (corrigées, s'il y a lieu, conformément aux paragraphes 16 2 et 16 3) moins une correction calculée sur la base d'une modification de 1% de la limite d'échauffement admise dans le tableau I par tranche de 100 m d'écart entre l'altitude du site d'essai et l'altitude du site de fonctionnement. Aux fins de ce calcul, les altitudes inférieures à 1 000 m doivent être présumées égales à 1 000 m.

16 3 4 If the specified or resulting maximum coolant temperature is between 0 °C and 40 °C, no increase in the limits of temperature rise shall normally be made, by agreement between manufacturer and purchaser, however, an increase may be made, but this shall not exceed the difference between this maximum coolant temperature and 40 °C, with a maximum of 30 K. This is illustrated in Figure 11, page 104.

16 3 5 If the machine is to operate at an altitude between 1 000 m and 4 000 m and the maximum coolant temperature is not specified, it shall be assumed that the reduced cooling resulting from altitude is compensated by a reduction of maximum ambient temperature below 40 °C and that the limiting total temperatures will therefore not exceed 40 °C plus the Table I temperature rises. The specified altitude and assumed maximum ambient temperature shall be marked on the rating plate in accordance with Clause 27.

*Note* — Assuming the necessary decrease in ambient temperature is 1% of the limiting rise for every 100 m of altitude above 1 000 m, the assumed maximum ambient temperature at operating site based on a 40 °C maximum ambient temperature for altitudes up to 1 000 m will be as shown in Table IV (based on the limiting rises for Items 1b) and 1c) of Table I).

16 3 6 If the machine is to operate at an altitude exceeding 4 000 m the maximum limits of temperature rise shall be agreed between manufacturer and purchaser.

TABLE IV  
*Assumed maximum ambient temperatures*

| Altitude<br>(m) | Temperature (°C)    |    |    |    |    |
|-----------------|---------------------|----|----|----|----|
|                 | Class of insulation |    |    |    |    |
|                 | A                   | E  | B  | F  | H  |
| 1 000           | 40                  | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 2 000           | 34                  | 33 | 32 | 30 | 28 |
| 3 000           | 28                  | 26 | 24 | 19 | 15 |
| 4 000           | 22                  | 19 | 16 | 9  | 3  |

16 4 *Adjustments to limits of temperature rise to take account of altitude or ambient temperature of test site*

The adjustments detailed in this sub-clause shall be made to the limits of temperature rise for machines indirectly cooled by air specified in Table I to take account of difference in altitude between the test site and the operating site, or difference between the specified or resulting maximum coolant temperature at the operating site and the coolant temperature on test.

16 4 1 *Adjustments to limits of temperature rise at the test site on account of difference in altitude*

If the operating site is higher than the test site, but is not higher than 4 000 m, the limits of temperature rise on test shall be as in Table I (corrected, if appropriate, in accordance with Sub-clauses 16 2 and 16 3) minus an adjustment calculated on the basis of a 1% change in the permitted temperature rise in Table I per 100 m of difference between the altitudes of the test site and the operating site. For purposes of this calculation, altitudes below 1 000 m shall be assumed to be equal to 1 000 m.



Lorsque l'altitude du site d'essai est supérieure à celle du site de fonctionnement, mais ne dépasse pas 4 000 m, la correction correspondante doit être additionnée et non déduite. Si cet accroissement de l'échauffement additionné à la température ambiante du site d'essai fournit une température totale considérée par le constructeur comme excessive, la méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

#### 16.4.2 *Corrections dues aux différences entre les températures du fluide de refroidissement*

Lorsque la température réelle du fluide de refroidissement à l'entrée de la machine, à la fin de l'essai d'échauffement, diffère de moins de 30 K de la température maximale sur le site de fonctionnement, ou de celle qui est présumée, conformément au paragraphe 16.3.5, aucune correction ne doit être apportée aux limites d'échauffement pour l'essai.

Lorsque la température réelle du fluide de refroidissement à l'entrée de la machine, à la fin de l'essai d'échauffement, est inférieure de plus de 30 K à la température maximale sur le site de fonctionnement, ou à celle qui est présumée, conformément au paragraphe 16.3.5, les limites d'échauffement pour l'essai doivent être celles qui sont spécifiées dans le tableau I, corrigées conformément aux paragraphes 16.1.3, 16.1.4, 16.2, 16.3.3 et 16.3.4 s'y rapportant, puis réduites suivant un pourcentage numériquement égal au cinquième de la différence entre la température maximale du fluide de refroidissement pour le site de fonctionnement et la température du fluide de refroidissement pour l'essai.

Lorsque la température réelle du fluide de refroidissement à l'entrée de la machine, à la fin de l'essai d'échauffement, est supérieure de plus de 30 K à la température maximale sur le site de fonctionnement, ou à celle qui est présumée, conformément au paragraphe 16.3.5, les limites d'échauffement pour l'essai doivent être celles qui sont spécifiées dans le tableau I corrigées conformément aux paragraphes 16.1.3, 16.1.4, 16.2, 16.3.3 et 16.3.4 s'y rapportant, puis augmentées suivant un pourcentage numériquement égal au cinquième de la différence entre la température maximale du fluide de refroidissement pour le site de fonctionnement et la température du fluide de refroidissement pour l'essai.

#### 16.5 *Corrections destinées à tenir compte de la pureté de l'hydrogène au cours de l'essai*

Pour les machines refroidies indirectement ou directement à l'hydrogène, si la pureté de l'hydrogène pendant l'essai diffère des 98 % spécifiés au paragraphe 11.3, aucune correction aux échauffements admissibles ou aux limites de température ne doit être apportée si la proportion de l'hydrogène est comprise entre 95 % et 100 %.

## SECTION SIX — ESSAIS DIÉLECTRIQUES

### 17 **Essais diélectriques**

La tension d'essai doit être appliquée entre les enroulements soumis à l'essai et la carcasse de la machine, à laquelle sont reliés le circuit magnétique et les enroulements non soumis à l'essai. L'essai ne doit être effectué que sur une machine neuve et terminée, dont toutes les parties sont en place dans des conditions équivalentes aux conditions normales de fonctionnement, il doit être effectué dans l'atelier du constructeur. Si un essai d'échauffement est effectué, l'essai diélectrique doit être effectué immédiatement après cet essai.

Dans le cas de machines polyphasées de tension assignée supérieure à 1 kV, dont les deux extrémités de chaque phase sont individuellement accessibles, la tension doit être appliquée entre chaque phase et la carcasse, à laquelle sont reliés le circuit magnétique, les autres phases et les enroulements non soumis à l'essai.

If the test site is higher than the operating site but is not higher than 4 000 m the corresponding adjustment shall be added, not subtracted. If this positive temperature-rise adjustment when added to the ambient temperature at the test site, results in a total temperature considered excessive by the manufacturer, the testing procedure shall be agreed between manufacturer and purchaser.

#### 16.4.2 *Adjustments for difference in coolant temperatures*

When the actual coolant temperature at the inlet to the machine at the completion of the temperature-rise test differs by less than 30 K from the maximum temperature at the operating site or that assumed from Sub-clause 16.3.5, no further adjustment shall be made to the limits of temperature rise on test.

When the actual coolant temperature at the inlet to the machine at the completion of the temperature-rise test is lower by more than 30 K than the maximum temperature at the operating site or that assumed from Sub-clause 16.3.5, the limits of temperature rise on test shall be those specified in Table I adjusted in accordance with Sub-clauses 16.1.3, 16.1.4, 16.2, 16.3.3 and 16.3.4 as relevant and then increased by a percentage numerically equal to one-fifth of the difference between the maximum coolant temperature for the operating site and the coolant temperature on test.

When the actual coolant temperature at the inlet to the machine at the completion of the temperature-rise test is higher by more than 30 K than the maximum temperature at the operating site or that assumed from Sub-clause 16.3.5, the limits of temperature rise on test shall be those specified in Table I adjusted in accordance with Sub-clauses 16.1.3, 16.1.4, 16.2, 16.3.3 and 16.3.4 as relevant and then increased by a percentage numerically equal to one-fifth of the difference between the maximum coolant temperature for the operating site and the coolant temperature on test.

#### 16.5 *Corrections to take account of hydrogen purity on test*

For machines indirectly cooled or directly cooled by hydrogen, if the purity of the hydrogen during test differs from the 98% specified in Sub-clause 11.3 no corrections shall be made to the permissible temperature rises or limits of temperature if the proportion of hydrogen lies between 95% and 100%.

## SECTION SIX — DIELECTRIC TESTS

### 17 **Dielectric tests**

The high-voltage test shall be applied between the windings under test and the frame of the machine, with the core and the windings not under test connected to the frame. It shall be applied only to a new and completed machine with all its parts in place under conditions equivalent to normal working conditions and shall be carried out at the manufacturer's works. When a temperature-rise test is carried out, the dielectric test shall be carried out immediately after this test.

In the case of polyphase machines with rated voltage above 1 kV having both ends of each phase individually accessible, the test voltage shall be applied between each phase and the frame, with the core and the other phases and windings not under test connected to the frame.

La tension d'essai doit être à fréquence industrielle et de forme pratiquement sinusoïdale

L'essai doit être commencé avec une tension ne dépassant pas la moitié de la pleine tension d'essai. La tension est ensuite augmentée jusqu'à la pleine tension d'essai, d'une manière progressive ou par degrés ne dépassant pas 5% de la pleine valeur, le temps permis pour l'augmentation de la tension de la dernière valeur jusqu'à la pleine valeur n'étant pas inférieur à 10 s. La pleine tension d'essai est alors maintenue pendant 1 min conformément à la valeur spécifiée dans le tableau V.

Lors des essais individuels de machines construites en série de puissance inférieure ou égale à 5 kW (ou kVA), l'essai de 1 min peut être remplacé par un essai d'environ 5 s à la tension normale d'essai spécifiée dans le tableau V, ou d'environ 1 s à 120% de la tension normale d'essai du tableau V, la tension d'essai étant appliquée au moyen de pointes.

L'essai à pleine tension effectué sur les enroulements lors de la réception ne doit pas être répété. Si, toutefois, un second essai est effectué sur demande de l'acheteur, après un second séchage si cela est jugé nécessaire, la tension d'essai doit être égale à 80% de la tension spécifiée dans le tableau V.

Les enroulements entièrement rebobinés doivent être essayés à la pleine valeur prévue pour les machines neuves.

Si un utilisateur et un réparateur sont convenus d'effectuer des essais diélectriques dans des cas de rebobinage partiel des enroulements ou de la révision d'une machine, il est recommandé de procéder comme suit :

- a) les enroulements partiellement rebobinés sont essayés à 75% de la tension d'essai prévue pour une machine neuve. Avant l'essai, on doit nettoyer et sécher soigneusement la partie ancienne de l'enroulement,
- b) les machines révisées sont soumises, après nettoyage et séchage, à un essai à une tension égale à 1,5 fois la tension assignée, avec un minimum de 1 000 V si la tension assignée est égale ou supérieure à 100 V et un minimum de 500 V si la tension assignée est inférieure à 100 V.

TABLEAU V

*Essais diélectriques*

| Point<br>n° | Machine ou partie de la machine                                                                                                                                                                                                              | Tension d'essai (valeur efficace)                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | Enroulements isolés de machines tournantes de puissance inférieure à 1 kW ou 1 kVA et de tension assignée inférieure à 100 V à l'exception de ceux des points 4 à 8                                                                          | 500 V + deux fois la tension assignée                                                    |
| 2           | Enroulements isolés de machines tournantes de puissance inférieure à 10 000 kW (ou kVA) à l'exception de ceux des points 1 et 4 à 8 (voir note 2)                                                                                            | 1 000 V + deux fois la tension assignée avec un minimum de 1 500 V (voir note 1)         |
| 3           | Enroulements isolés de machines tournantes de puissance égale ou supérieure à 10 000 kW (ou kVA) à l'exception de ceux des points 4 à 8 (voir note 2)<br><br>Tension assignée (voir note 1)<br>— jusqu'à 24 000 V<br>— au-dessus de 24 000 V | 1 000 V + 2 U<br>Doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur           |
| 4           | Enroulements d'excitation séparée des machines à courant continu                                                                                                                                                                             | 1 000 V + deux fois la tension assignée maximale d'excitation avec un minimum de 1 500 V |

( Suite du tableau page 66 )

The test voltage shall be of power-frequency, and shall be as near as possible to sine wave form

The test shall be commenced at a voltage of not more than one-half of the full test voltage. The voltage shall then be increased to the full value steadily or in steps of not more than 5% of the full value, the time allowed for the increase of the voltage from half to full value being not less than 10 s. The full test voltage shall then be maintained for 1 min in accordance with the value as specified in Table V.

During the routine testing of quantity produced machines up to 5 kW (or kVA), the 1 min test may be replaced by a test of approximately 5 s at the normal test voltage specified in Table V or of approximately 1 s at 120% of the normal test voltage in Table V, the test voltage being applied by means of prods.

The high-voltage test at full voltage made on the windings on acceptance shall not be repeated. If, however, a second test is made at the request of the purchaser, after further drying if considered necessary, the test voltage shall be 80% of the voltage specified in Table V.

Completely rewound windings shall be tested at the full test voltage for new machines.

When a user and a repair contractor have agreed to carry out dielectric tests in cases where windings have been partially rewound or in the case of an overhauled machine, the following provisions are recommended:

- a) partially rewound windings are tested at 75% of the test voltage for a new machine. Before the test, the old part of the winding shall be carefully cleaned and dried,
- b) overhauled machines, after cleaning and drying, are subjected to a test at a voltage equal to 1.5 times the rated voltage, with a minimum of 1 000 V if the rated voltage is equal to or greater than 100 V and a minimum of 500 V if the rated voltage is less than 100 V.

TABLE V  
*Dielectric tests*

| Item No | Machine or part                                                                                                                                                                                                | Test voltage (1 min)                                                        |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Insulated windings of rotating machines of size less than 1 kW or kVA, and of rated voltage less than 100 V with the exception of those in Items 4 to 8                                                        | 500 V + twice the rated voltage                                             |
| 2       | Insulated windings of rotating machines of size less than 10 000 kW (or kVA) with the exception of those in Item 1 and Items 4 to 8 (see Note 2)                                                               | 1 000 V + twice the rated voltage with a minimum of 1 500 V (see Note 1)    |
| 3       | Insulated windings of rotating machines of size 10 000 kW (or kVA) or more with the exception of those in Items 4 to 8 (see Note 2)<br><br>Rated voltage (see Note 1):<br>— up to 24 000 V<br>— above 24 000 V | 1 000 V + 2 U<br>Subject to agreement between manufacturer and purchaser    |
| 4       | Separately-excited field windings of d.c. machines                                                                                                                                                             | 1 000 V + twice the maximum rated circuit voltage with a minimum of 1 500 V |

(Table continued on page 67)

TABLEAU V (suite)

| Point n° | Machine ou partie de la machine                                                                                                                                                                                                                                                                            | Tension d'essai (valeur efficace)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5        | Enroulements d'excitation des génératrices synchrones, des moteurs synchrones et des compensateurs synchrones                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| a)       | Tension assignée d'excitation:<br>— inférieure ou égale à 500 V<br><br>— supérieure à 500 V                                                                                                                                                                                                                | Dix fois la tension assignée d'excitation avec un minimum de 1 500 V<br>4 000 V + deux fois la tension assignée d'excitation                                                                                                                                                                                                                      |
| b)       | Quand la machine est destinée à démarrer avec l'enroulement inducteur court-circuité ou fermé sur une résistance de valeur inférieure à dix fois la résistance de l'enroulement                                                                                                                            | Dix fois la tension assignée d'excitation avec un minimum de 1 500 V et un maximum de 3 500 V                                                                                                                                                                                                                                                     |
| c)       | Quand la machine est destinée à démarrer soit avec l'enroulement inducteur fermé sur une résistance de valeur égale ou supérieure à dix fois la résistance de l'enroulement, soit avec les enroulements d'excitation en circuit ouvert avec ou sans diviseur de champ                                      | 1 000 V + deux fois la valeur maximale de la tension efficace qui peut se produire, dans les conditions de démarrage spécifiées, entre les bornes de l'enroulement d'excitation ou, dans le cas d'un enroulement d'excitation sectionné, entre les bornes de toute section, avec un minimum de 1 500 V (voir note 3)                              |
| 6        | Enroulements secondaires (habituellement rotors) des moteurs à induction ou des moteurs à induction synchronisés non court-circuités en permanence (destinés par exemple à démarrer par rhéostats)                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| a)       | — Pour moteurs non réversibles ou pour moteurs réversibles à partir du repos seulement                                                                                                                                                                                                                     | 1 000 V + deux fois la tension en circuit ouvert au repos, mesurée entre les bagues ou les bornes secondaires avec la tension assignée appliquée aux enroulements primaires                                                                                                                                                                       |
| b)       | — Pour les moteurs qui peuvent être inversés ou freinés en inversant l'alimentation primaire lorsque le moteur est en fonctionnement                                                                                                                                                                       | 1 000 V + quatre fois la tension secondaire en circuit ouvert au repos comme définie au point 6a)                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 7        | Excitatrices (sauf exceptions ci-dessous)                                                                                                                                                                                                                                                                  | Comme les enroulements auxquels elles sont connectées                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|          | <i>Exception 1</i> — excitatrices des moteurs synchrones (y compris les moteurs synchrones à induction) lorsqu'elles sont mises à la terre ou déconnectées des enroulements d'excitation pendant le démarrage<br><br><i>Exception 2</i> — enroulement à excitation séparée des excitatrices (voir point 4) | 1 000 V + deux fois la tension assignée de 1 excitatrice avec un minimum de 1 500 V                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8        | Groupe de machines et d'appareils assemblés                                                                                                                                                                                                                                                                | On doit éviter si possible la répétition des essais des points 1 à 7, mais si l'essai est fait sur un groupe de plusieurs appareils neufs installés et connectés ensemble dont chacun a déjà subi un essai diélectrique, la tension d'essai ne doit pas dépasser 80% de la tension la plus basse applicable à l'un de ces appareils (voir note 4) |

Notes 1 — Dans le cas d'enroulements diphasés ayant une borne commune, la tension dans la formule sera la plus haute tension en valeur efficace qui apparaît entre deux bornes quelconques pendant le fonctionnement

2 — L'essai diélectrique des machines à isolation graduée fera l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur

3 — La tension qui s'établit aux bornes des enroulements d'excitation ou de leurs sections, dans les conditions de démarrage spécifiées, peut être mesurée à une tension d'alimentation réduite appropriée; la tension ainsi mesurée sera augmentée dans le rapport de la tension de démarrage spécifiée à la tension d'alimentation de l'essai

4 — Pour les enroulements d'une ou plusieurs machines qui sont reliés ensemble électriquement, la tension à considérer est la tension maximale qui s'établit par rapport à la terre



TABLE V (continued)

| Item No | Machine or part                                                                                                                                                                                                                                                     | Test voltage (r m s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5       | Field windings of synchronous generators, synchronous motors and synchronous condensers                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| a)      | Rated field voltage:<br>— up to 500 V<br><br>— above 500 V                                                                                                                                                                                                          | Ten times the rated field voltage with a minimum of 1 500 V<br><br>4 000 V + twice the rated field voltage                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| b)      | When a machine is intended to be started with the field winding short-circuited or connected across a resistance of value less than ten times the resistance of the winding                                                                                         | Ten times the rated field voltage with a minimum of 1 500 V and a maximum of 3 500 V                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| c)      | When the machine is intended to be started either with the field winding connected across a resistance of value equal to, or more than, ten times the resistance of the winding, or with the field windings on open-circuit with or without a field-dividing switch | 1 000 V + twice the maximum value of the r m s voltage, which can occur under the specified starting conditions, between the terminals of the field winding, or in the case of a sectionalized field winding between the terminals of any section, with a minimum of 1 500 V (see Note 3)                                                                                        |
| 6       | Secondary (usually rotor) windings of induction motors or synchronous induction motors if not permanently short-circuited (e.g. if intended for rheostatic starting)                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| a)      | — For non-reversing motors or motors reversible from standstill only                                                                                                                                                                                                | 1 000 V + twice the open-circuit standstill voltage as measured between slip-rings or secondary terminals with rated voltage applied to the primary windings                                                                                                                                                                                                                     |
| b)      | — For motors to be reversed or braked by reversing the primary supply while the motor is running                                                                                                                                                                    | 1 000 V + four times the open circuit standstill secondary voltage as defined in Item 6a)                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7       | Exciters (except as below)                                                                                                                                                                                                                                          | As for the windings to which they are connected                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|         | <i>Exception 1</i> — Exciters of synchronous motors (including synchronous induction motors) if connected to earth or disconnected from the field windings during starting                                                                                          | 1 000 V + twice the rated exciter voltage, with a minimum of 1 500 V                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|         | <i>Exception 2</i> — Separately excited field windings of exciters (see Item 4)                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8       | Assembled group of machines and apparatus                                                                                                                                                                                                                           | A repetition of the tests in Items 1 to 7 above should be avoided if possible, but if a test on an assembled group of several pieces of new apparatus, each one of which has previously passed its high-voltage test, is made, the test voltage to be applied to such assembled group shall be 80% of the lowest test voltage appropriate for any part of the group (see Note 4) |

Notes 1 — For two-phase windings having one terminal in common, the voltage in the formula shall be the highest r m s voltage arising between any two terminals during operation

2 — High-voltage tests on machines having graded insulation should be the subject of an agreement between manufacturer and purchaser

3 — The voltage occurring between the terminals of the field windings, or sections thereof, under the specified starting conditions may be measured at any convenient reduced supply voltage, and the voltage so measured shall be increased in the ratio of the specified starting supply voltage to the test supply voltage

4 — For windings of one or more machines connected together electrically, the voltage to be considered is the maximum voltage that occurs in relation to earth



## SECTION SEPT — CARACTÉRISTIQUES DIVERSES

18 **Surintensité occasionnelle des machines tournantes**

*Notes 1* — La possibilité de surintensité des machines tournantes est donnée afin de coordonner ces machines à des dispositifs de commande et de protection. Des essais pour démontrer ces possibilités ne sont pas une prescription de la présente norme.

2 — L'effet d'échauffement dans les enroulements de la machine varie approximativement comme le produit du temps par le carré du courant. Un courant supérieur au courant assigné provoque une élévation de température. Sauf accord contraire entre constructeur et acheteur, on peut supposer que la machine ne sera mise en fonctionnement à ces surintensités spécifiées que pendant quelques courtes périodes au cours de sa durée de vie.

3 — Si une machine à courant alternatif doit être utilisée à la fois comme génératrice et comme moteur, il convient que la possibilité de surintensité soit l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

18.1 *Surintensité occasionnelle des alternateurs*

Les alternateurs dont la puissance assignée est inférieure ou égale à 1 200 MVA doivent être capables de supporter un courant égal à 1,5 fois le courant assigné pendant au moins 30 s.

Les alternateurs dont la puissance assignée est supérieure à 1 200 MVA doivent être capables de supporter un courant égal à 1,5 fois le courant assigné pendant une période qui doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur, mais cette période ne doit pas être inférieure à 15 s.

18.2 *Surintensité occasionnelle des moteurs à courant alternatif (sauf les moteurs à collecteur)*

Les moteurs triphasés à courant alternatif dont la puissance assignée est inférieure ou égale à 315 kW et dont la tension assignée est inférieure ou égale à 1 kV doivent être capables de supporter un courant égal à 1,5 fois le courant assigné pendant au moins 2 min.

*Note* — Pour les moteurs triphasés de puissance assignée supérieure à 315 kW et pour tous les moteurs monophasés, aucune surintensité occasionnelle n'est spécifiée.

18.3 *Surintensité occasionnelle des machines à courant continu et des moteurs à collecteur à courant alternatif*

Les moteurs et génératrices à courant continu et les moteurs à collecteur à courant alternatif doivent être capables de supporter à la vitesse la plus élevée à pleine excitation (vitesse assignée d'une génératrice) et à la tension d'induit correspondante, un courant égal à 1,5 fois le courant assigné pendant au moins 1 min.

Pour de grandes machines, un temps plus court, mais pas inférieur à 30 s, peut faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

19 **Excès momentané de couple des moteurs**19.1 *Moteurs à induction polyphasés et moteurs à courant continu (sauf les moteurs qui font l'objet du paragraphe 19.2)*

Les moteurs doivent, quels que soient leur service et leur réalisation, être capables de supporter pendant 15 s, sans calage ni changement brusque de vitesse (sous une augmentation graduelle du couple) un excès de couple de 60% de leur couple assigné, la tension et la fréquence (moteurs à induction) étant maintenues à leurs valeurs assignées. Pour les moteurs à courant continu, le couple peut être exprimé en fonction de la surintensité.

## SECTION SEVEN — MISCELLANEOUS CHARACTERISTICS

**18 Occasional excess current for rotating machines**

*Notes 1* — The excess current capability of rotating machines is given for the purpose of co-ordinating these machines with control and protective devices. Tests to demonstrate these capabilities are not a requirement of this standard.

2 — The heating effect in the machine windings varies approximately as the product of the time and the square of the current. A current in excess of the rated current will result in increased temperature. Unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser, it can be assumed that the machine will not be operated at the excess currents specified for more than a few short periods during the lifetime of the machine.

3 — When an a.c. machine is to be used as both a generator and a motor, the excess current capability should be the subject of agreement between manufacturer and purchaser.

**18.1 Occasional excess current for a.c. generators**

A.C. generators having rated outputs not exceeding 1 200 MVA shall be capable of withstanding a current equal to 1.5 times the rated current for not less than 30 s.

A.C. generators having rated outputs above 1 200 MVA shall be capable of withstanding a current equal to 1.5 times the rated current for a period which shall be agreed between manufacturer and purchaser, but this period shall be not less than 15 s.

**18.2 Occasional excess current for a.c. motors (except commutator motors)**

Three-phase a.c. motors having rated outputs not exceeding 315 kW and rated voltages not exceeding 1 kV shall be capable of withstanding a current equal to 1.5 times the rated current for not less than 2 min.

*Note* — For three-phase motors having rated outputs above 315 kW and all single-phase motors, no occasional excess current is specified.

**18.3 Occasional excess current for d.c. machines and a.c. commutator motors**

D.C. motors and generators and a.c. commutator motors shall be capable of withstanding at the highest full-field speed (rated speed of a generator) and corresponding armature voltage, a current equal to 1.5 times the rated current for not less than 1 min.

For large machines a shorter time may be agreed between manufacturer and purchaser but this shall be not less than 30 s.

**19 Momentary excess torque for motors****19.1 Polyphase induction motors and d.c. motors (excluding motors in Sub-clause 19.2)**

The motors shall, whatever their duty and construction, be capable of withstanding for 15 s, without stalling or abrupt change in speed (under gradual increase of torque), an excess torque of 60% of their rated torque, the voltage and frequency (induction motors) being maintained at their rated values. For d.c. motors, the torque may be expressed in terms of overload current.

Les moteurs pour service type S9 doivent être capables de supporter momentanément un excès de couple déterminé conformément au service spécifié

*Note* — Pour une détermination approchée des variations de température dues à l'évolution des pertes en fonction du courant, la constante de temps thermique équivalente, déterminée conformément au paragraphe 15.7, peut être utilisée. De plus, dans le cas d'une machine à collecteur, il convient de prêter attention aux limites de possibilité de commutation

## 19.2 Moteurs à induction pour applications particulières

19.2.1 Les moteurs destinés à des applications particulières qui exigent un couple élevé (par exemple pour les appareils de levage) doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur

19.2.2 Pour les moteurs à induction à cage spécialement prévus pour assurer au démarrage un courant inférieur à 4,5 fois le courant assigné, l'excès de couple peut être inférieur à 60% de la valeur indiquée au paragraphe 19.1 ci-dessus, mais doit être au moins égal à 50% de cette valeur

19.2.3 Dans le cas des moteurs à induction de type spécial ayant des propriétés spéciales de démarrage, par exemple des moteurs destinés à un usage à fréquence variable, la valeur de l'excès de couple doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur

## 19.3 Moteurs synchrones polyphasés

Sauf accord contraire, un moteur synchrone polyphasé doit, quel que soit son service, être capable de supporter pendant 15 s, sans perte de synchronisme, l'excès de couple spécifié ci-dessous, l'excitation étant maintenue à la valeur qui correspond à la charge assignée. Dans le cas d'une excitation à réglage automatique, les limites de couple doivent avoir les mêmes valeurs, le dispositif d'excitation fonctionnant dans des conditions normales

|                                                     |                 |     |
|-----------------------------------------------------|-----------------|-----|
| — moteurs asynchrones synchronisés (à rotor bobiné) | excès de couple | 35% |
| — moteurs synchrones (à rotor cylindrique)          | excès de couple | 35% |
| — moteurs synchrones (à pôles saillants)            | excès de couple | 50% |

## 19.4 Autres moteurs

L'excès momentané de couple des moteurs monophasés, à collecteur et autres, doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur

## 20 Couple minimal pendant le démarrage

Sauf spécification contraire, le couple minimal pendant le démarrage sous pleine tension des moteurs à cage doit être au moins égal aux valeurs suivantes

### 20.1 Moteurs triphasés à une seule vitesse

- a) De puissance inférieure à 100 kW  
0,5 fois le couple assigné et  
0,5 fois le couple à rotor bloqué
- b) De puissance égale ou supérieure à 100 kW  
0,3 fois le couple assigné et  
0,5 fois le couple à rotor bloqué

Motors for duty type S9 shall be capable of withstanding momentarily an excess torque determined according to the duty specified

*Note* — For an approximate determination of the changes in temperature due to the course of the current-related losses, the thermal equivalent time constant, determined according to Sub-clause 15.7, may be used. In addition, in the case of a commutator machine, attention should be given to the limits of commutation capability

## 19.2 Induction motors for specific applications

19.2.1 Motors intended for specific applications that require a high torque (for example for hoisting) shall be the subject of agreement between manufacturer and purchaser

19.2.2 For cage-type induction motors specially designed to ensure a starting current less than 4.5 times the rated current, the excess torque can be below the figure of 60% given in Sub-clause 19.1 above, but not less than 50%

19.2.3 In the case of special types of induction motors with special inherent starting properties, for example motors intended for use at variable frequency, the value of the excess torque shall be the subject of agreement between manufacturer and purchaser

## 19.3 Polyphase synchronous motors

Unless otherwise agreed, a polyphase synchronous motor, irrespective of the duty, shall be capable of withstanding an excess torque as specified below for 15 s without falling out of synchronism, the excitation being maintained at the value corresponding to rated load. When automatic excitation is used, the limits of torque shall be the same values with the excitation equipment operating under normal conditions

|                                              |                   |
|----------------------------------------------|-------------------|
| — synchronous (wound rotor) induction motors | 35% excess torque |
| — synchronous (cylindrical rotor) motors     | 35% excess torque |
| — synchronous (salient pole) motors          | 50% excess torque |

## 19.4 Other motors

The momentary excess torque for single-phase, commutator and other motors shall be the subject of agreement between manufacturer and purchaser

## 20 Pull-up torque

Unless otherwise specified, the pull-up torque of cage induction motors under full voltage shall be at least equal to the following values

### 20.1 Single speed three-phase motors

- a) For output less than 100 kW
  - 0.5 times the rated torque and
  - 0.5 times the locked rotor torque
- b) For output equal to or greater than 100 kW
  - 0.3 times the rated torque and
  - 0.5 times the locked rotor torque

20 2 *Moteurs monophasés et moteurs triphasés à plusieurs vitesses*

0,3 fois le couple assigné

21 **Survitesse**

Les machines doivent être conçues de façon à supporter les vitesses spécifiées dans le tableau VI

L'essai de survitesse n'est pas normalement considéré comme nécessaire, mais il peut être effectué si cela a été spécifié et a fait l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur (Pour les turbo-alternateurs, voir également la Publication 34-3 de la CEI Machines électriques tournantes, troisième partie Valeurs nominales et caractéristiques des turbo-machines triphasées à 50 Hz ) L'essai de survitesse doit être considéré comme satisfaisant si, à la suite de cet essai, on ne constate pas de déformation permanente anormale ni d'autres signes de faiblesse pouvant empêcher la machine de fonctionner normalement et si les enroulements rotoriques satisfont aux essais diélectriques spécifiés La durée de l'essai de survitesse doit être dans tous les cas de 2 min

En raison d'un affaissement des jantes de rotor feuilletées, des pôles feuilletés maintenus par des cales ou par des boulons, etc., une légère augmentation permanente du diamètre est naturelle et ne doit pas être considérée comme une déformation anormale indiquant que la machine ne se prête pas à un fonctionnement normal

Pendant les essais de réception d'un alternateur synchrone entraîné par une turbine hydraulique, la machine doit tourner à la vitesse qu'elle peut atteindre avec la protection contre la survitesse en fonction, de façon à permettre de vérifier que l'équilibrage est satisfaisant jusqu'à cette vitesse

TABLEAU VI

*Survitesse*

| Point n° | Type de machines                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Vitesse spécifiée de l'essai de survitesse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p>Machines à courant alternatif</p> <p>— Toutes les machines autres que celles qui sont spécifiées ci-après:</p> <p>a) Alternateurs entraînés par une turbine hydraulique, machines auxiliaires de tous types couplées directement (électriquement ou mécaniquement) à la machine principale</p> <p>b) Machines pouvant, dans certaines circonstances, être entraînées par la charge</p> <p>c) Moteurs série et moteurs universels</p> | <p>1,2 fois la vitesse assignée maximale</p> <p>Sauf spécification contraire, vitesse d'emballlement du groupe, mais au moins 1,2 fois la vitesse assignée maximale</p> <p>Vitesse d'emballlement spécifiée du groupe, mais au moins 1,2 fois la vitesse assignée maximale</p> <p>1,1 fois la vitesse à vide à la tension assignée</p> <p>Pour les moteurs liés à la charge d'une manière telle qu'ils ne peuvent s'en dissocier accidentellement, l'expression «vitesse à vide» doit être interprétée «vitesse correspondant à la charge la plus faible possible»</p> |
| 2        | <p>Machines à courant continu</p> <p>a) Moteurs à excitation en dérivation ou à excitation séparée</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>La plus grande des deux valeurs:</p> <p>— soit 1,2 fois la vitesse assignée maximale</p> <p>— soit 1,15 fois la vitesse à vide correspondante</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

(Suite du tableau page 74)

20.2 *Single-phase and multi-speed three-phase motors*

0.3 times the rated torque

21 **Overspeed**

Machines shall be designed to withstand the speeds specified in Table VI

An overspeed test is not normally considered necessary but can be performed when this is specified and has been agreed between manufacturer and purchaser (For turbine-type ac generators, see also IEC Publication 34-3 Rotating Electrical Machines, Part 3 Ratings and Characteristics of Three-phase, 50 Hz Turbine-type Machines) An overspeed test shall be considered as satisfactory if no permanent abnormal deformation is apparent subsequently, and no other weakness is detected which would prevent the machine from operating normally, and provided the rotor windings after the test comply with the required dielectric tests. The duration of any overspeed test shall be 2 min.

Due to settling of laminated rotor rims, laminated poles held by wedges or by bolts etc., a minute permanent increase in the diameter is natural, and not to be considered as an abnormal deformation indicating that the machine is not suitable for normal operation.

During commissioning of a hydraulic-turbine driven synchronous generator, the machine shall be driven at the speed it can reach with the overspeed protection operating, so as to ascertain that the balance is satisfactory up to that speed.

TABLE VI  
*Overspeeds*

| Item No | Machine type                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Overspeed requirement                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | <p>A C machines</p> <p>— All machines other than those specified below:</p> <p>a) Water-turbine driven generators, any auxiliary machines connected directly (electrically or mechanically) to the main machine</p> <p>b) Machines which may under certain circumstances be driven by the load</p> <p>c) Series and universal motors</p> | <p>1.2 times the maximum rated speed</p> <p>Unless otherwise specified, the runaway speed of the set but not less than 1.2 times the maximum rated speed</p> <p>The specified runaway speed of the set but not less than 1.2 times the maximum rated speed</p> <p>1.1 times the no-load speed at rated voltage<br/>For motors integrally attached to loads that cannot become accidentally disconnected, the words 'no-load speed' shall be interpreted to mean the lightest load condition possible with the load</p> |
| 2       | <p>D C machines</p> <p>a) Shunt-wound and separately excited motors</p>                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>1.2 times the highest rated speed or 1.15 times the corresponding no-load speed, whichever is greater</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

(Table continued on page 75)



TABLEAU VI (suite)

| Point n° | Type de machines                                                                                         | Vitesse spécifiée de l'essai de survitesse                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2        | b) Moteurs à excitation composée ayant un écart de vitesse inférieur ou égal à 35%                       | La plus grande des deux valeurs sans toutefois dépasser 1,5 fois la vitesse assignée maximale:<br>— soit 1,2 fois la vitesse assignée maximale<br>— soit 1,15 fois la vitesse à vide correspondante                                                                                                               |
|          | c) Moteurs à excitation composée ayant un écart de vitesse supérieur à 35% et moteurs à excitation série | Le constructeur doit définir une vitesse maximale en service qui sera marquée sur la plaque signalétique. La survitesse de ces moteurs sera égale à 1,1 fois cette vitesse maximale en service. Toutefois ce marquage est inutile si la survitesse correspond à 1,1 fois la vitesse à vide à la tension assignée. |
|          | d) Moteurs excités par aimant permanent                                                                  | Survitesse comme spécifié au point 2a) sauf si le moteur a aussi un enroulement en série; dans ce cas, il devra pouvoir supporter les survitesses spécifiées aux points 2b) et 2c) selon les cas.                                                                                                                 |
|          | e) Génératrices                                                                                          | 1,2 fois la vitesse assignée                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

TABLE VI (continued)

| Item No | Machine type                                                                               | Overspeed requirement                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2       | b) Compound-wound motors having speed regulation of 35% or less                            | 1.2 times the higher rated speed or 1.15 times the corresponding no-load speed, whichever is greater but not exceeding 1.5 times the highest rated speed                                                                                                                                                                                 |
|         | c) Compound-wound motors, having speed regulation greater than 35% and series-wound motors | The manufacturer shall assign a maximum safe operating speed which shall be marked on the rating plate. The overspeed for these motors shall be 1.1 times the maximum safe operating speed. The safe operating speed marking is not required on motors that are capable of an overspeed of 1.1 times the no-load speed at rated voltage. |
|         | d) Permanent-magnet excited motors                                                         | Overspeeds as specified in Item 2a) unless the motor has a series winding and, in such a case, they shall withstand the overspeeds specified in Items 2b) or 2c) as appropriate.                                                                                                                                                         |
|         | e) Generators                                                                              | 1.2 times the rated speed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## 22 Déséquilibre de courant des machines synchrones

Sauf spécification contraire, les machines synchrones triphasées doivent être capables de fonctionner en permanence sur un réseau dissymétrique tel que, aucun des courants de phase ne dépassant le courant assigné, le rapport de la composante inverse du système de courants ( $I_2$ ) au courant assigné ( $I_N$ ) ne dépasse pas les valeurs du tableau VII, et de fonctionner, en cas de défaut à des valeurs du produit  $(I_2/I_N)^2$  et du temps en secondes ( $t$ ) ne dépassant pas les valeurs du tableau VII

TABLEAU VII

*Conditions de fonctionnement déséquilibrées pour les machines synchrones*

| Point n° | Type de machine                                                                   | Maximum $I_2/I_N$ pour fonctionnement permanent | Maximum $(I_2/I_N)^2 t$ pour fonctionnement en régime de défaut |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1        | Machines à pôle saillant                                                          |                                                 |                                                                 |
|          | A refroidissement indirect                                                        |                                                 |                                                                 |
|          | moteurs                                                                           | 0,1                                             | 20                                                              |
|          | génératrices                                                                      | 0,08                                            | 20                                                              |
| 2        | compensateurs synchrones                                                          | 0,1                                             | 20                                                              |
|          | A refroidissement direct (refroidissement interne) au stator et/ou à l'excitation |                                                 |                                                                 |
|          | moteurs                                                                           | 0,08                                            | 15                                                              |
|          | génératrices                                                                      | 0,05                                            | 15                                                              |
| 3        | compensateurs synchrones                                                          | 0,08                                            | 15                                                              |
|          | Machines synchrones à rotor lisse                                                 |                                                 |                                                                 |
|          | A refroidissement indirect                                                        |                                                 |                                                                 |
|          | à air                                                                             | 0,1                                             | 15                                                              |
| 4        | à l'hydrogène                                                                     | 0,1                                             | 10                                                              |
|          | A refroidissement direct (refroidissement interne) au rotor                       |                                                 |                                                                 |
|          | $\leq 350$ MVA                                                                    | 0,08                                            | 8                                                               |
|          | $> 350 \leq 900$ MVA                                                              | *                                               | **                                                              |
|          | $> 900 \leq 1250$ MVA                                                             | *                                               | 5                                                               |
|          | $> 1250 \leq 1600$ MVA                                                            | 0,05                                            | 5                                                               |

\* Pour ces machines, la valeur  $I_2/I_N$  est calculée comme suit:

$$I_2/I_N = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$$

\*\* Pour ces machines, la valeur  $(I_2/I_N)^2 t$  est calculée comme suit:

$$(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0,00545 (S_N - 350)$$

où  $S_N$  est la puissance apparente assignée en mégavoltampères

## 23 Courant de court-circuit

Sauf spécification contraire, la valeur de crête du courant de court-circuit des machines synchrones, et des turbo-machines non couvertes par la Publication 34-3 de la CEI, dans le cas de court-circuit sur toutes les phases en fonctionnement sous la tension assignée, ne doit pas dépasser 15 fois la valeur de crête ou 21 fois la valeur efficace du courant assigné

## 22 Unbalanced currents of synchronous machines

Unless otherwise specified, three-phase synchronous machines shall be capable of operating continuously on an unbalanced system such that, with none of the phase currents exceeding the rated current, the ratio of the negative sequence component of current ( $I_2$ ) to the rated current ( $I_N$ ) does not exceed the values in Table VII and under fault conditions shall be capable of operation with the product of  $(I_2/I_N)^2$  and time in seconds ( $t$ ) not exceeding the values in Table VII

TABLE VII  
*Unbalanced operating conditions for synchronous machines*

| Item No | Machine type                                       | Maximum $I_2/I_N$ for continuous operation | Maximum $(I_2/I_N)^2 t$ for operation under fault conditions |
|---------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1       | Salient pole machines                              |                                            |                                                              |
|         | Indirectly cooled motors                           | 0.1                                        | 20                                                           |
|         | generators                                         | 0.08                                       | 20                                                           |
| 2       | synchronous condensers                             | 0.1                                        | 20                                                           |
|         | Directly cooled (inner cooled) stator and/or field |                                            |                                                              |
|         | motors                                             | 0.08                                       | 15                                                           |
| 3       | generators                                         | 0.05                                       | 15                                                           |
|         | synchronous condensers                             | 0.08                                       | 15                                                           |
| 4       | Cylindrical rotor synchronous machines             |                                            |                                                              |
|         | Indirectly cooled rotor                            |                                            |                                                              |
|         | air-cooled                                         | 0.1                                        | 15                                                           |
| 5       | hydrogen-cooled                                    | 0.1                                        | 10                                                           |
|         | Directly cooled (inner cooled) rotor               |                                            |                                                              |
|         | $\leq 350$ MVA                                     | 0.08                                       | 8                                                            |
| 6       | $> 350 \leq 900$ MVA                               | *                                          | **                                                           |
|         | $> 900 \leq 1250$ MVA                              | *                                          | 5                                                            |
|         | $> 1250 \leq 1600$ MVA                             | 0.05                                       | 5                                                            |

\* For these machines, the value of  $I_2/I_N$  is calculated as follows:

$$I_2/I_N = 0.08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$$

\*\* For these machines, the value of  $(I_2/I_N)^2 t$  is calculated as follows:

$$(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0.00545 (S_N - 350)$$

where  $S_N$  is the rated apparent power in megavoltamperes

## 23 Short-circuit current

Unless otherwise specified, the peak value of the short-circuit current for synchronous machines, and turbine-type machines not covered by IEC Publication 34-3, in the case of short circuit on all phases during operation at rated voltage, shall not exceed 15 times the peak value or 21 times the r.m.s. value of the rated current

Pour les turbo-machines triphasées, voir la Publication 34-3 de la CEI

La vérification peut être effectuée par le calcul ou par un essai sous une tension au moins égale à 50% de la tension assignée

## 24 Epreuve de tenue au court-circuit des machines synchrones

L'essai de court-circuit triphasé des machines synchrones n'est effectué que sur demande de l'acheteur. Dans ce cas, l'essai doit être effectué sur la machine en marche à vide avec une excitation correspondante, sauf accord contraire, à la tension assignée. L'essai ne doit pas être effectué avec une excitation supérieure à celle qui correspond à 1,05 fois la tension assignée à vide.

L'excitation d'essai ainsi déterminée peut être réduite selon accord entre constructeur et acheteur pour tenir compte de l'impédance du transformateur qui peut être interposé entre les machines et le réseau. Dans ce dernier cas, il pourra également être accepté que l'essai soit effectué sur le site de fonctionnement avec le dispositif de surexcitation en service. Le court-circuit doit être maintenu pendant 3 s.

L'essai est jugé satisfaisant si aucune déformation nuisible ne se produit et si les prescriptions de l'essai diélectrique par tension appliquée (voir article 17, tableau V) sont satisfaites après l'essai de court-circuit. Pour les turbo-machines triphasées, voir la Publication 34-3 de la CEI.

## SECTION HUIT — ESSAI DE COMMUTATION

### 25 Essai de commutation pour machines à collecteur à courant continu ou à courant alternatif

Une machine à courant continu ou à courant alternatif comportant un collecteur doit être capable de fonctionner de la marche à vide à la marche en surintensité ou excès de couple spécifiée dans la section sept sans dommage permanent à la surface du collecteur ou des balais et sans étincelles dangereuses, les balais restant calés dans la même position. Si un essai d'échauffement est effectué, l'essai de commutation doit être effectué immédiatement après la fin de cet essai.

## SECTION NEUF — TOLÉRANCES

### 26 Nomenclature des tolérances sur les grandeurs figurant dans les caractéristiques assignées des machines électriques

*Notes 1* — Des garanties ne sont pas nécessairement données sur tous les points ou l'un quelconque d'entre eux indiqués dans le tableau VIII. Les offres concernant des garanties sujettes à des tolérances devront le stipuler et les tolérances devront être conformes au tableau VIII.

2 — On attire l'attention sur les différentes interprétations du mot «garantie».

Dans certains pays, on fait la différence entre les valeurs garanties et les valeurs caractéristiques ou valeurs déclarées.

3 — Lorsqu'une tolérance est spécifiée seulement dans un sens, la valeur n'est pas limitée dans l'autre sens.

For three-phase turbine-type machines, see IEC Publication 34-3.

The check may be carried out by calculation or by means of a test at a voltage of 50% of the rated voltage or above

## 24 Short-circuit withstand test for synchronous machines

The three-phase short-circuit test for synchronous machines shall be carried out only at the request of the purchaser. In this case, the test shall be carried out on the machine running on no-load with an excitation corresponding to the rated voltage unless otherwise agreed. The test shall not be carried out with an excitation greater than that corresponding to 1.05 times the rated voltage at no load.

The test excitation, as determined, may be reduced by agreement between manufacturer and purchaser, in order to take into account the impedance of the transformer which may be placed between the machines and the system. In this latter case, it may also be agreed that the test be made on the operating site with the over-excitation device in operation. The short circuit shall be maintained for 3 s.

The test is considered satisfactory if no harmful deformation occurs and if the requirements of the applied voltage dielectric test (see Clause 17, Table V) are met after the short-circuit test. For three-phase turbine-type machines, see IEC Publication 34-3.

## SECTION EIGHT — COMMUTATION TEST

### 25 Commutation test for direct or alternating current commutator machines

A direct or alternating current commutator machine shall be capable of operating from no-load to operation with the excess current or excess torque specified in Section Seven without permanent damage to the surface of the commutator or brushes and without injurious sparking, the brushes remaining in the same set position. If a temperature-rise test is made, the commutation test shall be made immediately after completion of that test.

## SECTION NINE — TOLERANCES

### 26 Schedule of tolerances on quantities involved in the rating of electrical machines

*Notes 1* — It is not intended that guarantees necessarily be given upon all or any of the items shown in Table VIII. Tenders including guarantees subject to tolerances should so state, and the tolerances should be in accordance with Table VIII.

*2* — Attention is drawn to the different interpretations of the term “guarantee”. In some countries a distinction is drawn between guaranteed values and typical or declared values.

*3* — Where a tolerance is stated in only one direction, the value is not limited in the other direction.



TABLEAU VIII

## Nomenclature des tolérances

| Point n° | Article                                                                                                                                                                                                         | Tolérance                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Rendement*                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| a)       | Par sommation des pertes:<br>— machines de puissance inférieure ou égale à 50 kW<br>— machines de puissance supérieure à 50 kW                                                                                  | — 15% de $(1 - \eta)$<br>— 10% de $(1 - \eta)$                                                                                                                                                                                                                                                  |
| b)       | Par rapport de la puissance utile à la puissance absorbée                                                                                                                                                       | — 15% de $(1 - \eta)$                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2        | Pertes totales* (applicables aux machines de puissance supérieure à 50 kW)                                                                                                                                      | + 10% des pertes totales                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3        | Facteur de puissance pour les machines à induction                                                                                                                                                              | — $\frac{1}{\epsilon}$ de $(1 - \cos \phi)$<br>Minimum 0,02<br>Maximum 0,07                                                                                                                                                                                                                     |
| 4        |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| a)       | Vitesse des moteurs shunt ou à excitation séparée à courant continu (à pleine charge et à la température de fonctionnement)                                                                                     | kW par 1 000 tr/min<br>$< 0,67$ ± 15%<br>De 0,67 à 2,5 exclus ± 10%<br>De 2,5 à 10 exclus ± 7,5%<br>10 et au-dessus ± 5%                                                                                                                                                                        |
| b)       | Vitesse des moteurs série à courant continu (à pleine charge et à la température de fonctionnement)                                                                                                             | $< 0,67$ ± 20%<br>De 0,67 à 2,5 exclus ± 15%<br>De 2,5 à 10 exclus ± 10%<br>10 et au-dessus ± 7,5%                                                                                                                                                                                              |
| c)       | Vitesse des moteurs à courant continu à excitation composée (à pleine charge et à la température de fonctionnement)                                                                                             | Les tolérances seront les mêmes que celles du point 4b) sauf accord contraire entre constructeur et acheteur                                                                                                                                                                                    |
| 5        |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| a)       | Glissement des moteurs à induction (à pleine charge et à la température de fonctionnement)<br>— machines de puissance égale ou supérieure à 1 kW (ou kVA)<br>— machines de puissance inférieure à 1 kW (ou kVA) | ± 20% du glissement garanti<br>± 30% du glissement garanti                                                                                                                                                                                                                                      |
| b)       | Vitesse des moteurs à courant alternatif à caractéristiques shunt (à pleine charge et à la température de fonctionnement)                                                                                       | — sur la vitesse la plus élevée:<br>— 3% de la vitesse de synchronisme<br>— sur la vitesse la moins élevée:<br>+ 3% de la vitesse de synchronisme                                                                                                                                               |
| 6        | Variation de tension des génératrices à courant continu, à excitation shunt ou séparée, en tout point de la caractéristique                                                                                     | ± 20% de la variation garantie en ce point                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7        | Variation de tension des génératrices à excitation composée (au facteur de puissance assigné dans le cas du courant alternatif)                                                                                 | ± 20% de la variation de tension garantie avec un minimum de<br>± 3% de la tension assignée<br>(Cette tolérance s'applique à l'écart maximal à une charge quelconque entre la tension observée à cette charge et une droite tracée entre les points de la tension garantie à vide et en charge) |
| 8        | Courant à rotor bloqué des moteurs à induction à cage à rotor en court-circuit avec un appareil de démarrage spécifié                                                                                           | + 20% du courant garanti (pas de limite inférieure)                                                                                                                                                                                                                                             |

\* La détermination du rendement et des pertes fait l'objet de la Publication 34-2 de la CEI

(Suite du tableau page 82)

TABLE VIII  
Schedule of tolerances

| Item No | Item                                                                                                                                                                     | Tolerance                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Efficiency*                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| a)      | By summation of losses:<br>— machines up to 50 kW                                                                                                                        | — 15% of $(1 - \eta)$                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|         | — machines above 50 kW                                                                                                                                                   | — 10% of $(1 - \eta)$                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| b)      | By input — output test                                                                                                                                                   | — 15% of $(1 - \eta)$                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2       | Total losses* (applicable to machines above 50 kW)                                                                                                                       | + 10% of the total losses                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3       | Power-factor for induction machines                                                                                                                                      | — 1% of $(1 - \cos \phi)$<br>Minimum 0.02<br>Maximum 0.07                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4       |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| a)      | Speed of d.c. shunt and separate excitation motors (at full load and at working temperature)                                                                             | kW per 1 000 r/min<br>$< 0.67$ $\pm 15\%$<br>Not less than 0.67 but below 2.5 $\pm 10\%$<br>Not less than 2.5 but below 10 $\pm 7.5\%$<br>10 and upwards $\pm 5\%$                                                                                                                               |
| b)      | Speed of d.c. series motors (at full load and at working temperature)                                                                                                    | $< 0.67$ $\pm 20\%$<br>Not less than 0.67 but below 2.5 $\pm 15\%$<br>Not less than 2.5 but below 10 $\pm 10\%$<br>10 and upwards $\pm 7.5\%$                                                                                                                                                    |
| c)      | Speed of d.c. compound excitation motors (at full load and at working temperature)                                                                                       | Tolerances as for Item 4b) unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser                                                                                                                                                                                                            |
| 5       |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| a)      | Slip of induction motors (at full load and at working temperature)<br>— machines having output 1 kW (or kVA) or more<br>— machines having output less than 1 kW (or kVA) | $\pm 20\%$ of the guaranteed slip<br><br>$\pm 30\%$ of the guaranteed slip                                                                                                                                                                                                                       |
| b)      | Speed of a.c. motors with shunt characteristics (at full load and at working temperature)                                                                                | — on the highest speed:<br>— 3% of the synchronous speed<br>— on the lowest speed:<br>+ 3% of the synchronous speed                                                                                                                                                                              |
| 6       | Inherent voltage regulation of d.c. generators, shunt or separately excited at any point on the characteristic                                                           | $\pm 20\%$ of the guaranteed regulation at that point                                                                                                                                                                                                                                            |
| 7       | Inherent voltage regulation of generators with compound excitation (at the rated power factor in the case of alternating current)                                        | $\pm 20\%$ of the guaranteed regulation, with a minimum of<br>$\pm 3\%$ of the rated voltage<br>(This tolerance applies to the maximum deviation at any load between the observed voltage at that load and a straight line drawn between the points of guaranteed no-load and full-load voltage) |
| 8       | Locked rotor current of cage induction motors with short-circuited rotor and with any specified starting apparatus                                                       | + 20% of the guaranteed current (no lower limit)                                                                                                                                                                                                                                                 |

\* The determination of efficiency and losses is dealt with in IEC Publication 34-2

(Table continued on page 83)

TABLEAU VIII (suite)

| Point n° | Article                                                                                                                       | Tolérance                                                                                                                                                                   |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9        | Valeur de crête du courant de court-circuit d'un alternateur dans des conditions spécifiées                                   | $\pm 30\%$ de la valeur garantie                                                                                                                                            |
| 10       | Courant de court-circuit permanent d'un alternateur pour une excitation spécifiée                                             | $\pm 15\%$ de la valeur garantie                                                                                                                                            |
| 11       | Variation de vitesse des moteurs shunt ou à excitation composée à courant continu (entre la charge nulle et la pleine charge) | $\pm 20\%$ de la variation garantie avec un minimum de $\pm 2\%$ de la vitesse assignée                                                                                     |
| 12       | Couple à rotor bloqué des moteurs à induction                                                                                 | $-15\% + 25\%$ du couple garanti (+25% peut être dépassé sur accord)                                                                                                        |
| 12A      | Couple minimal pendant le démarrage des moteurs à induction                                                                   | $-15\%$ du couple garanti                                                                                                                                                   |
| 13       | Couple maximal des moteurs à induction                                                                                        | $-10\%$ du couple garanti sous réserve qu'après application de cette tolérance le couple reste égal ou supérieur à 1,6 ou 1,5 fois le couple assigné (voir article 19)      |
| 14       | Moment d'inertie                                                                                                              | $\pm 10\%$ de la valeur garantie                                                                                                                                            |
| 15       | Couple à rotor bloqué des moteurs synchrones                                                                                  | $-15\% + 25\%$ de la valeur garantie (+25% peut être dépassé sur accord)                                                                                                    |
| 16       | Couple de décrochage des moteurs synchrones                                                                                   | $-10\%$ de la valeur garantie sous réserve qu'après application de cette tolérance le couple reste égal ou supérieur à 1,35 ou 1,5 fois le couple assigné (voir article 19) |
| 17       | Courant à rotor bloqué des moteurs synchrones                                                                                 | $+20\%$ de la valeur garantie (pas de limite inférieure)                                                                                                                    |

## SECTION DIX — PLAQUES SIGNALÉTIQUES

## 27 Plaques signalétiques

Toute machine électrique doit être munie d'une ou plusieurs plaques signalétiques portant celles des indications suivantes qui conviennent et qui doivent être facilement lisibles et durables. Il n'est pas nécessaire que toutes ces indications figurent sur la même plaque. Autant que possible, la ou les plaques signalétiques doivent être fixées sur la carcasse de la machine et, sauf spécification contraire, placées de façon à être facilement lisibles dans la position d'utilisation déterminée par la forme de construction de la machine (voir la Publication 34-7 de la CEI Machines électriques tournantes, Septième partie Symboles pour les formes de construction et les dispositions de montage des machines électriques tournantes)

- 1 Nom du constructeur
- 2 Numéro de série du constructeur, ou marque permettant de reconnaître le type de fabrication, et année de fabrication
- 3 Type de machine moteur ou génératrice, shunt, série, excitation composée, à cage, etc

TABLE VIII (continued)

| Item No | Item                                                                                        | Tolerance                                                                                                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9       | Peak value of short-circuit current of an a c generator under specified conditions          | $\pm 30\%$ of the guaranteed value                                                                                                                                  |
| 10      | Steady short-circuit current of an a c generator at specified excitation                    | $\pm 15\%$ of the guaranteed value                                                                                                                                  |
| 11      | Variation of speed of d c shunt-wound and compound-wound motors (from no-load to full load) | $\pm 20\%$ of the guaranteed variation with a minimum of $\pm 2\%$ of the rated speed                                                                               |
| 12      | Locked rotor torque of induction motors                                                     | $-15\% + 25\%$ of the guaranteed torque (+25% may be exceeded by agreement)                                                                                         |
| 12A     | Pull-up torque of induction motors                                                          | $-15\%$ of the guaranteed torque                                                                                                                                    |
| 13      | Pull-out torque of induction motors                                                         | $-10\%$ of the guaranteed torque except that after allowing for this tolerance the torque shall be not less than 1.6 or 1.5 times the rated torque (see Clause 19)  |
| 14      | Moment of inertia                                                                           | $\pm 10\%$ of the guaranteed value                                                                                                                                  |
| 15      | Locked rotor torque for synchronous motors                                                  | $-15\% + 25\%$ of the guaranteed value (+25% may be exceeded by agreement)                                                                                          |
| 16      | Pull-out torque for synchronous motors                                                      | $-10\%$ of the guaranteed value except that after allowing for this tolerance, the torque shall be not less than 1.35 or 1.5 times the rated torque (see Clause 19) |
| 17      | Locked rotor current for synchronous motors                                                 | $\pm 20\%$ of the guaranteed value (no lower limit)                                                                                                                 |

## SECTION TEN — RATING PLATES

## 27 Rating plates

Every electrical machine shall be provided with a rating plate (or rating plates), containing the following appropriate information which shall be easily legible and durable. This information need not all be on the same plate. As far as possible the rating plate(s) shall be fixed to the frame of the machine and, unless otherwise specified, located in such a way as to be easily legible in the position of use determined by the type of construction of the machine (see IEC Publication 34-7 Rotating Electrical Machines, Part 7 Symbols for Types of Construction and Mounting Arrangements of Rotating Electrical Machinery)

- 1 The manufacturer's name
- 2 The manufacturer's serial number, or identification mark, and year of manufacture
- 3 The type of machine motor or generator, shunt, series, compound, cage, etc

- 4 Classe de caractéristiques assignées ou service type conformément aux articles 3 à 6 inclus
- 5 Puissance assignée
- 6 Tension assignée
- 7 Courant assigné
- 8 Nature du courant (continu  $\equiv$  ou alternatif  $\sim$ )
- 9 Pour les machines à courant alternatif, fréquence assignée et nombre de phases
- 10 Vitesse assignée ou gamme de vitesses assignées
- 11 Survitesse admissible, s'il y a lieu (par exemple turbo-alternateurs et génératrices entraînées par turbines hydrauliques)
- 12 Classe d'isolation ou échauffement admissible
- 13 Numéro et date de la norme applicable (par exemple CEI 34-1 (1983))
- 14 Pour les machines à courant alternatif, couplage des enroulements, en utilisant les symboles appropriés de la Publication 117-1 de la CEI Symboles graphiques recommandés, Première partie Nature de courant, systèmes de distribution, modes de connexion et éléments de circuits
- 15 Pour les machines à courant alternatif, facteur de puissance
- 16 Pour les machines synchrones ou les machines à courant continu à excitation séparée, tension et courant d'excitation assignés
- 17 Pour les machines à induction à rotor bobiné, tension entre bagues à circuit ouvert et courant rotorique dans les conditions assignées
- 18 Pour les machines refroidies à l'hydrogène, pression de l'hydrogène pour la puissance assignée
- 19 Température ambiante maximale si la machine est conçue pour une température ambiante maximale autre que 40 °C, ou température maximale de l'eau si la machine est conçue pour une température maximale de l'eau autre que 25 °C
- 20 Altitude, si la machine est conçue pour fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m

Notes 1 → Les indications ci-dessus ont été numérotées pour permettre de s'y référer commodément, mais l'ordre dans lequel elles apparaissent sur la plaque signalétique n'est pas normalisé

2 → En plus des indications ci-dessus, certains pays exigent que la masse de la machine soit indiquée lorsque celle-ci excède un chiffre donné

Si une machine n'est capable de fonctionner que dans un seul sens de rotation, excepté le cas d'un moteur à enroulements connectés en permanence de façon qu'un seul sens de rotation soit possible, le sens de rotation doit être clairement indiqué au moyen d'une flèche. Il n'est pas nécessaire que la flèche soit sur la plaque signalétique mais elle doit être placée à un endroit facilement visible

## SECTION ONZE — IRRÉGULARITÉS DE LA FORME D'ONDE

### 28 Prescriptions et essais

Les prescriptions de la présente section ne s'appliquent qu'aux machines synchrones de puissance égale ou supérieure à 300 kW (ou kVA) destinées à être raccordées à des réseaux fonctionnant à des fréquences nominales de  $16\frac{2}{3}$  Hz à 100 Hz inclus en vue de réduire au minimum les interférences entre les lignes de transport et les circuits adjacents