

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-1**

Neuvième édition
Ninth edition
1994-03

Machines électriques tournantes –

Partie 1:

Caractéristiques assignées
et caractéristiques de fonctionnement

Rotating electrical machines –

Part 1:

Rating and performance



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 34-1 1994

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 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 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 le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère 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 617: Graphical symbols for diagrams

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

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-1**

Neuvième édition
Ninth edition
1994-03

Machines électriques tournantes –

Partie 1:
Caractéristiques assignées
et caractéristiques de fonctionnement

Rotating electrical machines –

Part 1:
Rating and performance

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé électronique ou mécanique y compris la photocopie et les microfilms sans l'accord écrit de l'éditeur

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means electronic or mechanical including photocopying and microfilm without permission in writing from the publisher

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

Pour prix voir catalogue en vigueur
For price see current catalogue

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1994

Machines électriques tournantes –

Rotating electrical machines –

Partie 1 Caractéristiques assignées
et caractéristiques de fonctionnement

Part 1 Rating and performance

CORRIGENDUM

Page 104

27 2 *Marquage des plaques signalétiques*

*Premier alinéa, première ligne remplacer
«supérieure» par «inférieure»*

Correction to French text only

Page 114

31 Clavette de bout d'arbre

*Dans la deuxième ligne, remplacer
«demi-clavette» par «clavette entière»*

Correction to French text only

SOMMAIRE

	Page
AVANT-PROPOS	8
SECTION 1 GÉNÉRALITÉS	
Clause	
1 Généralités	10
SECTION 2 DÉFINITIONS	
2 Définitions	14
SECTION 3 SERVICES ET CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES	
3 Règles de spécification d'un service et de choix d'une classe de caractéristiques assignées	20
4 Services types	22
5 Classes de caractéristiques assignées	26
6 Désignation	28
7 Attribution des caractéristiques assignées	30
8 Puissance assignée	32
9 Tension assignée	32
10 Machines à plus d'un ensemble de caractéristiques assignées	34
SECTION 4 CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT	
11 Altitude, température ambiante et température du fluide de refroidissement	34
12 Conditions électriques	36
SECTION 5 ÉCHAUFFEMENT	
13 Classification thermique des machines	44
14 Conditions pendant l'essai d'échauffement	46
15 Détermination de l'échauffement	46
16 Limites d'échauffement et de température totale	60
SECTION 6 ESSAIS DIÉLECTRIQUES	
17 Essais diélectriques	80
SECTION 7 CARACTÉRISTIQUES DIVERSES	
18 Surintensité occasionnelle des machines tournantes	86
19 Excès momentané de couple des moteurs	88
20 Couple minimal pendant le démarrage	90

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
SECTION 1 GENERAL	
Clause	
1 General	11
SECTION 2 DEFINITIONS	
2 Definitions	15
SECTION 3 DUTY AND RATING	
3 Rules for declaration of duty and for selection of a class of rating	21
4 Duty types	23
5 Classes of rating	27
6 Designation	29
7 Assignment of ratings	31
8 Rated output	33
9 Rated voltage	33
10 Machines with more than one rating	35
SECTION 4 OPERATING CONDITIONS	
11 Altitude, ambient temperature and coolant temperature	35
12 Electrical conditions	37
SECTION 5 TEMPERATURE RISE	
13 Thermal classification of machines	45
14 Conditions during temperature-rise test	47
15 Determination of temperature rise	47
16 Limits of temperature rise and total temperature	61
SECTION 6 DIELECTRIC TESTS	
17 Dielectric tests	81
SECTION 7 MISCELLANEOUS CHARACTERISTICS	
18 Occasional excess current for rotating machines	87
19 Momentary excess torque for motors	89
20 Pull-up torque	91

Articles	Pages
21 Survitesse	92
22 Déséquilibre de courant des machines synchrones	94
23 Courant de court-circuit	96
24 Epreuve de tenue au court-circuit des machines synchrones	98
SECTION 8 ESSAI DE COMMUTATION	
25 Essai de commutation pour machines à collecteur à courant continu ou à courant alternatif	98
SECTION 9 TOLÉRANCES	
26 Nomenclature des tolérances sur les grandeurs figurant dans les caractéristiques assignées des machines électriques	98
SECTION 10 MARQUAGE ET INFORMATIONS TECHNIQUES	
27 Marquage et informations techniques	102
SECTION 11 IRRÉGULARITÉS DE LA FORME D'ONDE	
28 Prescriptions et essais	108
SECTION 12 COORDINATION DES TENSIONS ET DES PUISSANCES	
29 Coordination des tensions et des puissances	112
SECTION 13 PRESCRIPTIONS DE CONSTRUCTION	
30 Bornes de terre	112
31 Clavette de bout d'arbre	114
Figures	
1 Service continu Service type 1	116
2 Service temporaire Service type S2	116
3 Service intermittent périodique Service type S3	117
4 Service intermittent périodique à démarrage Service type S4	118
5 Service intermittent périodique à freinage électrique Service type S5	119
6 Service ininterrompu périodique à charge intermittente Service type S6	120
7 Service ininterrompu périodique à freinage électrique Service type S7	121
8 Service ininterrompu périodique à changements liés de charges et de vitesse – Service type S8	122
9 Service à variations non périodiques de charge et de service Service type S9	123
10 Service avec charges constantes distinctes Service type S10	124
11 Courbe de pondération	125

Clause	Page
21 Overspeed	93
22 Unbalanced currents of synchronous machines	95
23 Short-circuit current	97
24 Short-circuit withstand test for synchronous machines	99

SECTION 8 COMMUTATION TEST

25 Commutation test for direct or alternating current commutator machines	99
---	----

SECTION 9 TOLERANCES

26 Schedule of tolerances on quantities involved in the rating of electrical machines	99
---	----

SECTION 10 MARKING AND TECHNICAL DATA

27 Marking and technical data	103
-------------------------------	-----

SECTION 11 IRREGULARITIES OF WAVEFORM

28 Requirements and tests	109
---------------------------	-----

SECTION 12 CO-ORDINATION OF VOLTAGES AND OUTPUTS

29 Co-ordination of voltages and outputs	113
--	-----

SECTION 13 CONSTRUCTIONAL REQUIREMENTS

30 Earth terminals	113
31 Shaft extension key	115

Figures

1 Continuous running duty Duty type S1	116
2 Short-time duty Duty type S2	116
3 Intermittent periodic duty Duty type S3	117
4 Intermittent periodic duty with starting Duty type S4	118
5 Intermittent periodic duty with electric braking Duty type S5	119
6 Continuous operation periodic type Duty type S6	120
7 Continuous operation periodic duty with electric braking Duty type S7	121
8 Continuous operation periodic duty with related load speed changes Duty type S8	122
9 Duty with non-periodic load and speed variations Duty type S9	123
10 Duty with discrete constant loads Duty type S10	124
11 Weighting curve for computing THF	125

Figures	Pages
12 Corrections en fonction de la température ambiante ou de la température maximale du fluide de refroidissement primaire	126
13 Valeurs limites de tension et fréquence pour les alternateurs	127
14 Valeurs limites de tension et fréquence pour les moteurs	127
Annexe A – Guide pour l'application du service type S10 et pour l'obtention de la valeur relative de l'espérance de vie thermique TL	128

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1994

Withd2M

Figures	Page
12 Adjustments for maximum ambient or primary coolant temperature	126
13 Voltage and frequency limits for generators	127
14 Voltage and frequency limits for motors	127
Annex A – Guidance for the application of duty type S10 and for establishing the value of relative thermal life expectancy TL	129

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1994

Withd2Wm

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.

La Norme internationale CEI 34-1 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI Machines tournantes.

Cette neuvième édition annule et remplace la huitième édition parue en 1983 et son amendement 2 (1989).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants

DIS	Rapports de vote	Projets n ^{os}	Titre abrégé
2(BC)565	2(BC)568, 568A	2/047	Plaques signalétiques
2(BC)572	2(BC)582	2/040	Articles 2, 5, 11, 16
2(BC)572*	2(BC)578	2/047/2	Plaques signalétiques (mod.)
2(BC)573	2(BC)579	2/055	Bornes de mise à la terre
2(BC)575	2(BC)583	2/057	Taux d'ondulation
2(BC)580	2(BC)584	2/052	S10
2(BC)585	2(BC)588	2/062	Défin. refroidissement interne

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

* Procédure des Deux Mois modifiant 2(BC)565

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 1: Rating and performance

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.

International Standard IEC 34-1 has been prepared by IEC technical committee 2 Rotating machinery.

This ninth edition cancels and replaces the eighth edition published in 1983, and the amendment 2 (1989).

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

DIS	Reports on Voting	Project No	Short title
2(CO)565	2(CO)568, 568A	2/047	Rating plates
2(CO)572	2(CO)582	2/040	Clauses 2, 5, 11, 16
2(CO)572*	2(CO)578	2/047/2	Rating plates (mod)
2(CO)573	2(CO)579	2/055	Earth terminals
2(CO)575	2(CO)583	2/057	Ripple factor
2(CO)580	2(CO)584	2/052	S10
2(CO)585	2(CO)588	2/062	Defn. Inner cooled

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

Annex A is for information only.

* Two Month's Procedure document amending 2(CO)565

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement

Section 1: Généralités

1 Généralités

1.1 *Domaine d'application*

Cette partie de la Norme internationale CEI 34 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 CEI 349

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 – par exemple, la CEI 79 et la CEI 92

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 sont pas en contradiction avec ces spécifications particulières

1.2 *Références normatives*

Les normes suivantes contiennent des références qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 34. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 34 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 27 *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

CEI 27-1 1992, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 1 Généralités*

CEI 27-4 1985, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Quatrième partie Symboles des grandeurs relatives aux machines électriques tournantes*

CEI 34, *Machines électriques tournantes*

CEI 34-2 1972, *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 électriques de traction)*

CEI 34-3 1988, *Machines électriques tournantes – Troisième partie Règles spécifiques pour les turbomachines synchrones*

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 1: Rating and performance

Section 1: General

1 General

1.1 Scope

This part of International Standard IEC 34 is applicable to all rotating machines except those covered by other IEC standards – for example, IEC 349

Machines within the scope of this standard may also be subjected to superseding, modifying or additional requirements in other publications – for example, IEC 79 and IEC 92

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

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 34. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards

IEC 27, *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 27-1 1992, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1 General*

IEC 27-4 1985, *Part 4 Symbols for quantities to be used for rotating electrical machines*

IEC 34, *Rotating electrical machines*

IEC 34-2 1972, *Rotating electrical machines – Part 2 Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)*

IEC 34-3 1988, *Rotating electrical machines – Part 3 Specific requirements for turbine-type synchronous machines*

CEI 34-5 1991, *Machines électriques tournantes – Cinquième partie Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines électriques tournantes (Code IP)*

CEI 34-6 1991, *Machines électriques tournantes – Partie 6 Modes de refroidissement (Code IC)*

CEI 34-12 1980, *Machines électriques tournantes – 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*

CEI 34-18, *Machines électriques tournantes – Partie 18 Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation*

CEI 38 1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 50, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI)*

CEI 50(411) 1973, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 411 Machines tournantes*

CEI 72, *Dimensions et séries de puissances des machines électriques tournantes*

CEI 85 1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 279 1969, *Mesure de la résistance des enroulements d'une machine à courant alternatif en fonctionnement sous tension alternative*

CEI 364, *Installations électriques des bâtiments*

CEI 364-4, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie Protection pour assurer la sécurité*

CEI 364-4-41 1991, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie Chapitre 41 Protection contre les chocs électriques*

CEI 445 1988, *Identification des bornes de matériels et des extrémités de certains conducteurs désignés et règles générales pour un système alphanumérique*

CEI 449 *Domaines de tensions des installations électriques des bâtiments*

CEI 971 1989, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Code d'identification pour montages convertisseurs*

ISO 497 1973, *Guide pour le choix des séries de nombres normaux et des séries comportant des valeurs plus arrondies de nombres normaux*

IEC 34-5 1991, *Rotating electrical machines – Part 5 Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines (IP code)*

IEC 34-6 1991, *Rotating electrical machines – Part 6 Methods of cooling (IC code)*

IEC 34-12 1980, *Rotating electrical machines – Part 12 Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors for voltages up to and including 660 V*

IEC 34-18, *Rotating electrical machines – Part 18 Functional evaluation of insulating systems*

IEC 38 1983, *IEC standard voltages*

IEC 50, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*

IEC 50(411) 1973, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 411 Rotating machines*

IEC 72, *Dimensions and output series for rotating electrical machines*

IEC 85 1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 279 1969, *Measurement of the winding resistance of an a c machine during operation at alternating voltage*

IEC 364, *Electrical installations of buildings*

IEC 364-4, *Electrical installations of buildings – Part 4 Protection for safety*

IEC 364-4-41 1991, *Electrical installations of buildings – Part 4 Protection for safety – Chapter 41 Protection against electric shock*

IEC 445 1988, *Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors including general rules of an alphanumeric system*

IEC 449 1973, *Voltage bands for electrical installations of buildings*

IEC 971 1989, *Semiconductor converters – Identification code for converter connections*

ISO 497 1973, *Guide to the choice of series of preferred numbers and of series containing more rounded values of preferred numbers*

Section 2. Définitions

2 Définitions

Pour les définitions des termes généraux utilisés dans la présente norme, il convient de se reporter à la CEI 50(411)

Dans la présente norme, les définitions suivantes sont applicables

2 1 valeur assignée: Valeur d'une grandeur attribuée, généralement par le constructeur, pour une condition de fonctionnement spécifiée d'une machine

2 2 caractéristiques assignées: Ensemble des valeurs attribuées et des conditions de fonctionnement

2 3 puissance assignée: Valeur numérique de la puissance incluse dans les caractéristiques assignées

2 4 charge: Ensemble des valeurs numériques des grandeurs électriques et mécaniques qui caractérisent les exigences imposées par un circuit électrique ou un dispositif mécanique à une machine tournante, 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 de puissance la plus élevée 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 équilibre 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

Section 2: Definitions

2 Definitions

For the definitions of general terms used in this standard, reference should be made to IEC 50(411)

For the purpose of this standard, the following definitions apply

2 1 rated value: A quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a machine

2 2 rating: The set of rated values and operating conditions

2 3 rated output: The numerical value of the output included in the rating

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 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 15 couple minimal pendant le démarrage (d'un moteur à courant alternatif): Valeur la plus faible du couple asynchrone en régime établi, que le moteur développe entre la vitesse nulle et la vitesse qui correspond au couple maximal (couple de décrochage) lorsque le moteur est alimenté à la tension et à la fréquence assignées

Cette définition ne s'applique pas au cas de moteurs asynchrones dont le couple décroît continuellement lorsque la vitesse augmente

NOTE – En plus des couples asynchrones en régime établi, il existe, à des vitesses spécifiques, des couples harmoniques synchrones qui sont fonction de l'angle de charge du rotor

A de telles vitesses, le couple d'accélération peut être négatif pour certains angles de charge du rotor

L'expérience et le calcul montrent que c'est une condition de fonctionnement instable et qu'en conséquence les couples harmoniques synchrones n'empêchent pas l'accélération du moteur et sont exclus des définitions

2 16 couple maximal (couple de décrochage) d'un moteur à courant alternatif: Valeur maximale en régime établi du couple asynchrone que le moteur développe sans chute brutale de vitesse, lorsqu'il est alimenté à tension et fréquence assignées

Cette définition ne s'applique pas au cas des moteurs asynchrones dont le couple décroît continuellement lorsque la vitesse augmente

2 17 couple de décrochage (d'un moteur synchrone): Couple le plus élevé que développe un moteur synchrone à sa température de fonctionnement et à la vitesse de synchronisme, à tension, fréquence et 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: (Fluide ou gaz) qui, se trouvant à une température inférieure à celle d'un élément d'une machine et en contact avec celui-ci, évacue la chaleur cédée par cet élément

2 21 fluide de refroidissement secondaire: Fluide (liquide ou gaz) qui, se trouvant à une température inférieure à celle du fluide de refroidissement primaire, évacue la chaleur cédée par celui-ci par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur

2 22 enroulement à refroidissement direct (refroidissement interne): Enroulement refroidi principalement par un fluide de refroidissement s'écoulant en contact direct avec la partie refroidie à travers des passages creux, tubes, conduits ou canaux qui, quelle que soit leur orientation, forment partie intégrante de l'enroulement à l'intérieur de l'isolation principale

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 pull-up torque (of an a c. motor): The smallest value of the steady-state asynchronous 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 – In addition to the steady state asynchronous torques, harmonic synchronous torques, which are a function of rotor load angle, will be present at specific speeds

At such speeds the accelerating torque may be negative for some rotor load angles

Experience and calculation show this to be an unstable operating condition and therefore harmonic synchronous torques do not prevent motor acceleration and are excluded from the definition

2 16 breakdown torque (of an a c motor): The maximum value of the steady-state asynchronous torque which the motor develops without an abrupt drop in speed, 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

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 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 mainly cooled by coolant flowing in direct contact with the cooled part through hollow conductors, tubes, ducts or channels which, regardless of their orientation, form an integral part of the winding inside the main insulation

2 23 enroulement à refroidissement indirect: Enroulement refroidi par toute autre méthode que celle qui est indiquée en 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 de 2 18 à 2 23 concernant les modes et les fluides de refroidissement se référer à la CEI 34 6

2 24 isolation supplémentaire: 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 kg m^2

2 26 constante de temps thermique équivalente: 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

2 28 valeur assignée du facteur (de forme du courant continu fourni à l'induit d'un moteur à courant continu par un convertisseur statique de puissance): Rapport de la valeur efficace maximale admissible du courant $I_{\text{eff maxN}}$ à sa valeur moyenne I_{avN} aux conditions assignées, k_{IN} , c'est-à-dire

$$k_{\text{IN}} = \frac{I_{\text{rms maxN}}}{I_{\text{avN}}}$$

2 29 facteur d'ondulation du courant: Rapport, q_i , de la différence entre la valeur maximale I_{max} et la valeur minimale I_{min} d'un courant ondulé au double de sa valeur moyenne I_{av} (valeur moyenne intégrée sur une période), c'est-à-dire

$$q_i = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{2 I_{\text{av}}}$$

NOTE – Pour de faibles valeurs d'ondulation du courant, le facteur d'ondulation peut être approché par la formule suivante

$$q_i = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}}$$

La formule ci-dessus peut être utilisée en tant qu'approximation si la valeur calculée résultante de q_i est inférieure ou égale à 0,4

2 23 Indirect cooled winding: A winding cooled by any method other than that of 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 2 18 to 2 23, concerning cooling and coolants, reference should be made to IEC 34 6

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 kg m^2

2 26 thermal equivalent time constant: 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

2 28 rated form factor (λ) of direct current supplied to a d c motor armature from a static power converter: The ratio, k_{fN} of the r m s maximum permissible value of the current $I_{r m s \max N}$ to its mean (average) value I_{avN} at rated conditions, i e

$$k_{fN} = \frac{I_{r m s \max N}}{I_{avN}}$$

2 29 current ripple factor: The ratio, q_i of the difference between the maximum value $I_{\max}$ and the minimum value $I_{\min}$ of an undulating current to two times the average value I_{av} (mean value integrated over one period), i e

$$q_i = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{2 I_{av}}$$

NOTE – For small values of current ripple, the ripple factor may be approximated by the following expression

$$q_i = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

The above expression may be used as an approximation if the resulting calculated value of q_i is equal to or less than 0,4

Section 3: 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 que défini en 2 9, peut être décrit à l'aide d'un des services types, définis dans l'article 4, ou de la description 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 grandeurs variables en fonction du temps

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

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

3 3 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées, telles que définies en 2 1, sont attribuées par le constructeur, qui doit choisir l'une des classes de caractéristiques assignées définies à l'article 5. La classe de caractéristiques assignées choisie doit normalement être du type continu maximal basé sur le service type S1 (service continu), du type à charges constantes distinctes basé sur le service type S10 (service à charges constantes distinctes) ou du type temporaire basé sur le service type S2 (service temporaire)

Si ce n'est pas possible, le choix doit être fait entre un service type périodique basé sur l'un des services types S3 à S8 (services périodiques) ou un service type non périodique basé sur le service type S9 (service non périodique)

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 attribuée doit être du type continu maximal

Lorsqu'une machine est prévue pour des caractéristiques assignées du type temporaire, celles-ci doivent être basées sur le service type S2 défini en 4 2 et désigné conformément à l'article 6

Section 3: 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 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 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), rating with discrete constant loads rating based on duty type S10 (duty with discrete constant loads) 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 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 4.2 and as designated in clause 6

Lorsqu'une machine est destinée à répondre à 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 de 4 3 à 4 8 et désigné conformément à l'article 6

Lorsqu'une machine est destinée à répondre de façon non périodique à des charges variables à des vitesses variables, y compris à des surcharges, les caractéristiques assignées pour service type non périodique doivent être basées sur le service type S9 défini en 4 9 et désigné conformément à l'article 6

Lorsqu'une machine est prévue pour fonctionner à des charges constantes distinctes comprenant des périodes de surcharge ou des périodes de marche à vide ou des périodes de repos, la classe de caractéristiques assignées doit être du type à charges constantes distinctes basé sur le service type S10 défini en 4 10 et désigné conformément à l'article 6

Lorsqu'une classe de caractéristiques assignées a 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 en 5 3. Lorsqu'une classe de caractéristiques assignées a été attribuée à une machine sur la base du service type S10, il suffit normalement, si un essai est spécifié, d'effectuer l'essai sur la machine aux caractéristiques assignées de type continu maximal basé sur un service type S1.

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 génératrices. Voir 4 1 à 4 8 et la (ou les) intervalle(s) de temps «N» des figures 1 à 8
- pour le service type S9, une (ou des) valeur(s) appropriée(s) de pleine charge est prise comme puissance assignée. Voir 4 9 et «P» dans la figure 9
- pour le service type S10, la valeur maximale de la charge basée sur un service type S1 est prise comme puissance assignée

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)

* Bien que les dix 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)

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 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 4 9 and as designated in clause 6

When a machine is intended to supply discrete constant loads including periods of overload or periods 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 rating with discrete constant loads based on duty type S10 as defined in 4 10 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 5 3. A class of rating having been assigned to a machine on the basis of duty type S10, where a test is specified it is normally sufficient to test the machine at maximum continuous rating based on duty type S1

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 4 1 to 4 8 and period(s) "N" in figures 1 to 8,
- for duty type S9, a suitable full load value(s) is taken as the rated output – see 4 9 and "P" in figure 9,
- for duty type S10 the maximum value of the load based on duty type S1 is taken as rated output

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)

* Whilst the ten 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 and S10)

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'une période de 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)

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) Dans ce service, le cycle est tel que le courant de démarrage n'affecte pas l'échauffement de façon significative

NOTE – Un service périodique implique que l'équilibre thermique n'est pas atteint pendant la période de charge

4 4 *Service intermittent périodique à démarrage – Service type S4*

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

NOTE – Un service périodique implique que l'équilibre thermique n'est pas atteint pendant la période de charge

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)

NOTE – Un service périodique implique que l'équilibre thermique n'est pas atteint pendant la période de charge

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'y a pas de période de repos (voir figure 6)

NOTE – Un service périodique implique que l'équilibre thermique n'est pas atteint pendant la période de charge

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'y a pas de période de repos (voir figure 7)

NOTE – Un service périodique implique que l'équilibre thermique n'est pas atteint pendant la période de charge

4 8 *Service ininterrompu périodique à variations liées 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'y a pas de période de repos (voir figure 8)

NOTE – Un service périodique implique que l'équilibre thermique n'est pas atteint pendant la période de charge

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)

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) In this duty, the cycle is such that the starting current does not significantly affect the temperature rise

NOTE – Periodic duty implies that thermal equilibrium is not reached during the time on load

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)

NOTE – Periodic duty implies that thermal equilibrium is not reached during the time on load

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)

NOTE – Periodic duty implies that thermal equilibrium is not reached during the time on load

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)

NOTE – Periodic duty implies that thermal equilibrium is not reached during the time on load

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)

NOTE – Periodic duty implies that thermal equilibrium is not reached during the time on load

4 8 *Continuous-operation periodic duty with related load/speed variations – 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)

NOTE – Periodic duty implies that thermal equilibrium is not reached during the time on load

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 aux pleines charges (voir figure 9)

4 10 *Service avec charges constantes distinctes – Service type S10*

Service comprenant au plus quatre valeurs distinctes de charges (ou charges équivalentes), chaque charge étant maintenue pendant une durée suffisante pour que la machine atteigne l'équilibre thermique (voir figure 10). La charge minimale pendant un cycle de service peut avoir la valeur zéro (fonctionnement à vide ou temps de repos)

NOTES

1 Les valeurs distinctes de charges seront habituellement des charges équivalentes obtenues par intégration en fonction du temps. Il n'est pas nécessaire que chaque cycle de charge soit exactement le même, à condition que chaque charge à l'intérieur d'un cycle soit appliquée pendant une période suffisante pour que l'équilibre thermique soit atteint et que chaque cycle de charge puisse être intégré pour donner la même espérance de vie thermique.

2 Pour ce service type, il est recommandé de prendre comme valeur de référence pour les charges distinctes (régime équivalent) une charge constante judicieusement choisie et basée sur le service type S1.

5 **Classes de caractéristiques assignées**

En attribuant les caractéristiques assignées, le constructeur doit choisir l'une des classes de caractéristiques assignées définies de 5 1 à 5 6.

5 1 *Caractéristiques assignées du type continu maximal*

Caractéristiques assignées auxquelles la machine peut fonctionner pendant une durée illimitée et conformément aux prescriptions de la présente norme.

5 2 *Caractéristiques assignées du type temporaire*

Caractéristiques assignées auxquelles la machine peut fonctionner pendant une durée limitée, en démarrant à la température ambiante et conformément aux prescriptions de la présente norme.

5 3 *Caractéristiques assignées du type continu équivalent*

Caractéristiques assignées auxquelles, à des fins d'essais, 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 de 4 3 à 4 8, ou au service type S9 défini en 4 9, et conformément aux prescriptions de la présente norme.

5 4 *Caractéristiques assignées pour service type périodique*

Caractéristiques assignées auxquelles la machine peut fonctionner suivant des cycles de service, 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 de 4 3 à 4 8.

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)

4 10 *Duty with discrete constant loads – Duty type S10*

A duty consisting of not more than four discrete values of load (or equivalent loading), each value being maintained for sufficient time to allow the machine to reach thermal equilibrium (see figure 10). The minimum load within a duty cycle may have the value zero (no-load or rest and de-energized)

NOTES

- 1 The discrete values of load will usually be equivalent loading based on integration over a period of time. It is not necessary that each load cycle be exactly the same, only that each load within a cycle be maintained for sufficient time for thermal equilibrium to be reached, and that each load cycle be capable of being integrated to give the same thermal life expectancy.
- 2 For this duty type, a constant load appropriately selected and based on duty type S1 should be taken as the reference value for the discrete loads (equivalent loading).

5 **Classes of rating**

In assigning the rating, the manufacturer shall select one of the classes of rating defined in 5 1 to 5 6

5 1 *Maximum continuous rating*

A rating at which the machine may be operated for an unlimited period, while complying with the requirements of this standard.

5 2 *Short-time rating*

A rating 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*

A rating for test purposes 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 4 3 to 4 8 or to the duty type S9, as defined in 4 9, while complying with the requirements of this standard.

5 4 *Periodic duty type rating*

A rating 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 4 3 to 4 8.

La durée d'un cycle de service 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*

Caractéristiques assignées auxquelles 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 en 4 9

5 6 *Caractéristiques assignées avec charges constantes distinctes*

Caractéristiques assignées auxquelles la machine peut fonctionner avec l'association des charges du service type S10, comme défini en 4 10, pendant une durée illimitée tout en satisfaisant aux prescriptions de la présente norme. La charge maximale admissible dans un cycle doit prendre en considération tous les éléments de la machine, par exemple le système d'isolation, en ce qui concerne la validité de la loi exponentielle pour l'espérance de vie thermique, les paliers en ce qui concerne la température, d'autres éléments en ce qui concerne la dilatation thermique. Sauf spécifications dans d'autres normes de la CEI, la charge maximale ne dépassera pas 1,2 fois la valeur maximale de la charge basée sur le service type S1. La charge minimale peut avoir la valeur zéro quand la machine fonctionne à vide ou est au repos. Des informations concernant l'application de cette classe de caractéristiques assignées sont données en annexe A.

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 %

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

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*

A rating 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 4 9

5 6 *Discrete constant loads rating*

A rating at which the machine may be operated with the associated loads of duty type S10 as defined in 4 10 for an unlimited period of time while complying with the requirements of this standard. The maximum permissible load within one cycle shall take into consideration all parts of the machine, e.g. the insulation system regarding the validity of the exponential law for the thermal life expectancy, bearings with respect to temperature, other parts with respect to thermal expansion. Unless specified in other relevant IEC standards, the maximum load shall not exceed 1,2 times the maximum value of the load based on duty type S1. The minimum load may have the value zero, the machine operating at no-load or being at rest and de-energized. Considerations for the application of this class of rating are given in annex A

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 %

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

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	1 460 tr/min	30 %
				25 kW	980 tr/min	40 %

Pour le service type S10, l'abréviation S10 est suivie des quantités réduites (p u) $p/\Delta t$ pour les différentes charges et leur durée respectives, et de la valeur TL réduite (p u) pour l'espérance de vie thermique relative du système d'isolation. La valeur de référence pour l'espérance de vie thermique est l'espérance de vie thermique aux caractéristiques assignées du type continu maximal et aux limites admissibles d'échauffement basées sur le service type S1. Pendant les temps de repos, la charge doit être indiquée par la lettre r .

Exemple	S10	$p/\Delta t = 1,1/0,4$	$1/0,3$	$0,9/0,2$	$r/0,1$	TL = 0,6
---------	-----	------------------------	---------	-----------	---------	----------

La valeur de TL doit être arrondie au plus proche multiple de 0,05. L'annexe A donne des indications sur la signification de ce paramètre et la détermination de sa valeur.

6.2 Classes des caractéristiques assignées

Les désignations des classes des caractéristiques assignées sont les suivantes

- caractéristiques assignées du type continu maximal – «cont» ou «S1»,
- caractéristiques assignées avec charges constantes distinctes – S10 avec la valeur déclarée de TL,
- 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 – identiques aux services types. Voir ci-dessus, par exemple «S3 25 %»

Les désignations spécifiées en 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 sont applicables.

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 10.

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.

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 r/min	30 %
				40 kW	1 460 r/min	30 %
				25 kW	980 r/min	40 %

For the duty type S10, the abbreviation S10 is followed by the p u quantities $p/\Delta t$ for the respective load and its duration and the p u quantity TL for the thermal life expectancy of the insulation system. The reference value for the thermal life expectancy is the thermal life expectancy at maximum continuous rating and permissible limits of temperature rise based on duty type S1. For rest and de-energized periods the load shall be indicated by letter r

Example	S10	$p/\Delta t = 1,1/0,4$	$1/0,3$	$0,9/0,2,$	$r/0,1,$	TL = 0,6
---------	-----	------------------------	---------	------------	----------	----------

The value of TL shall be rounded off to the nearest multiple of 0,05. Advice concerning the significance of this parameter and derivation of its value is given in annex A

6.2 Classes of rating

The designations of the classes of rating are as follows

- maximum continuous rating – "cont" or "S1",
- discrete constant loads rating – S10 together with the declared value of TL,
- 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 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 10

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

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 l'ISO 497

Si une publication spécifique de la CEI existe pour des machines d'un type particulier, les valeurs de puissance assignée doivent être conformes à toute série spécifiée dans cette 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 des alternateurs 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 aussi la puissance mécanique disponible sur l'arbre en chevaux (1 h.p. 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) en régime sous-excité ainsi qu'en 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 également 12 3)

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 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 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 watt (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 also 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 assigné doivent, sauf spécification contraire, se rapporter à toute tension de la plage (voir également 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

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 4: Conditions de fonctionnement

11 Altitude, température ambiante et température du fluide de refroidissement

Les machines doivent être conçues pour les conditions suivantes de fonctionnement sur le site, sauf spécifications contraires de l'acheteur, auquel cas les exigences de 16 3 sont applicables

11 1 Altitude

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

11 2 Température ambiante

La température de l'air sur le site de fonctionnement ne dépasse pas 40 °C

11 3 Température de l'eau à l'entrée des hydroréfrigérants

La température de l'eau à l'entrée de l'échangeur de chaleur ne dépasse pas 25 °C

11 4 Température minimale de l'air ambiant et du fluide de refroidissement

La température minimale de l'air sur le site de fonctionnement est de -15 °C

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 $+5\text{ °C}$

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 $+5\text{ °C}$

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 also 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 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 4: Operating conditions

11 Altitude, ambient temperature and coolant temperature

Machines shall be designed for the following operating site conditions unless other conditions are specified by the purchaser. For machines intended for operation at site conditions other than the following, the requirements of 16 3 apply

11 1 Altitude

The height above sea level does not exceed 1 000 m

11 2 Ambient temperature

The temperature of the air at the operating site does not exceed 40 °C

11 3 Temperature of the water at inlet to water-cooled heat exchangers

The temperature of the water at inlet to the heat exchanger does not exceed 25 °C

11 4 Minimum ambient and coolant temperature

The minimum temperature of the air at the operating site is –15 °C

The above 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 output less than 600 W (or VA) and all machines having a commutator or sleeve bearings. For these machines, the minimum ambient temperature is +5 °C
- b) Machines having water as a primary or secondary coolant. The minimum temperature of the water and the ambient air is +5 °C

Si une température ambiante inférieure à celle donnée ci-dessus est susceptible de se produire, l'acheteur doit spécifier la température ambiante minimale, et si celle-ci est applicable seulement lors du transport et du stockage ou bien également après installation

11 5 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 CEI 34-2, 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 machines à courant alternatif comprises dans le domaine d'application de la présente norme doivent être appropriées à un fonctionnement triphasé, 50 Hz ou 60 Hz, ayant des tensions déduites des tensions nominales de la CEI 38

Lors de la détermination 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 haute tension, les tensions peuvent être choisies pour l'obtention de caractéristiques de fonctionnement optimales

12 2 Forme et symétrie des tensions et des courants

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

12 2 1 Les moteurs à courant alternatif doivent pouvoir fonctionner sous une tension d'alimentation dont les harmoniques sont limités par les prescriptions du point a) ci-dessous, et, pour un moteur polyphasé, à partir d'un système d'alimentation dont le déséquilibre de tension est défini par les prescriptions du point b) ci-dessous

Si les limites définies aux points a) et b) se trouvent atteintes simultanément en service à 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 1, 2 et 3 n'excède pas environ 10 K

a) Les moteurs à courant alternatif triphasés (y compris les moteurs synchrones, mais non compris les moteurs de conception N) et les moteurs à courant alternatif mono-

If an ambient temperature lower than that given above is to be expected, the purchaser shall specify the minimum ambient temperature and whether it applies only during transport and storage or also after installation

11 5 *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 34-2, the standard composition of the gaseous mixture shall be 98 % hydrogen and 2 % air by volume, at the specified values of pressure and temperature of the re-cooled gas, unless otherwise agreed between the manufacturer and the 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 38

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 12 2 1, 12 2 2 (see also clause 22) or 12 2 3 as appropriate

12 2 1 A C motors shall be suitable for operation on a supply voltage having a harmonic content as limited by the requirements of a) below, and, for a polyphase motor, from a supply system where the voltage unbalance is defined by the requirements of b) below

Should the limits in 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 1, 2 and 3 should be not more than approximately 10 K

a) Three-phase a c motors (including synchronous motors, but not design N motors) and a c single-phase motors shall be suitable for operation on a supply voltage having

phasés doivent pouvoir fonctionner sous une tension d'alimentation dont le facteur harmonique de tension (HVF) est inférieur ou égal à 0,02, sauf déclaration contraire du constructeur

Les moteurs de conception N (voir CEI 34-12) doivent pouvoir fonctionner sous une tension d'alimentation dont le HVF est inférieur ou égal à 0,03

Le HVF doit être calculé à partir de la formule suivante

$$\text{HVF} = \sqrt{\sum \frac{u_n^2}{n}}$$

où

u_n est la valeur réduite (p u) de l'harmonique de tension (par rapport à la tension assignée U_N)

n est le rang de l'harmonique (non divisible par trois dans le cas d'un moteur à courant alternatif triphasé)

Généralement, il suffit de considérer les harmoniques de rang ≤ 13

Lors de l'essai d'échauffement, spécifié dans la section cinq, le HVF ne doit pas être supérieur à 0,015

b) Un système de tensions polyphasé est estimé former un système de tensions pratiquement symétrique si la composante inverse du système de tensions ne dépasse pas 1 % de la composante directe 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

Pendant les essais d'échauffement spécifiés dans la section 5, 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 à 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 1, 2 et 3 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

a harmonic voltage factor (HVF) not exceeding 0,02 unless the manufacturer declares otherwise

Design N motors (see IEC 34-12) shall be suitable for operation on a supply voltage having an HVF not exceeding 0,03

The HVF shall be computed by using the following formula

$$\text{HVF} = \sqrt{\sum \frac{u_n^2}{n}}$$

where

u_n is the per unit value of the harmonic voltage (referred to rated voltage U_N)

n is the order of harmonic (not divisible by three in the case of three-phase a c motors)

Usually it is sufficient to consider harmonic orders $n \leq 13$

In temperature-rise testing as specified in section 5, the HVF shall not exceed 0,015

b) A polyphase voltage system is deemed to form a virtually balanced system of voltages if its negative-sequence component does not exceed 1 % of its positive-sequence component over a long period, or 1,5 % for a short period not exceeding a few minutes, and if the voltage of its zero-sequence component does not exceed 1 % of its positive-sequence component

In temperature-rise testing as specified in section 5, the negative-sequence component of the system of voltages shall be less than 0,5 % of the positive-sequence component, 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 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 a) and b) below

Should the limits defined in 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 1, 2 and 3 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,

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

En conséquence, pour les moteurs de puissance assignée supérieure à 5 kW destinés à être alimentés par un convertisseur statique de puissance, il est nécessaire de concevoir leur fonctionnement à partir d'une alimentation spécifiée et, si le constructeur du moteur le juge nécessaire, avec une inductance externe prévue pour réduire l'ondulation

L'alimentation par convertisseur statique de puissance doit être caractérisée au moyen d'un code d'identification comme suit

$$[\text{CCC} - U_{aN} - f - L]$$

où

CCC est le code d'identification de connexion du convertisseur conformément à la CEI 971

U_{aN} est constitué de trois ou quatre chiffres indiquant la valeur assignée de la tension alternative aux bornes d'entrée du convertisseur, en volts,

f est constitué de deux chiffres indiquant la fréquence assignée aux bornes d'entrée, en hertz,

L est constitué de un, deux ou trois chiffres indiquant la valeur de l'inductance série à ajouter extérieurement au circuit d'induit du moteur, en millihenrys. Si cette valeur est égale à zéro, elle est omise

Les moteurs de puissance assignée inférieure ou égale à 5 kW, au lieu d'être liés à un type spécifique de convertisseur statique de puissance, peuvent être conçus pour une utilisation avec tout convertisseur statique de puissance, avec ou sans inductance extérieure, pourvu que la valeur assignée du facteur de forme pour lequel le moteur est conçu ne soit pas dépassée et que le niveau d'isolation du circuit d'induit du moteur soit adapté à la valeur assignée de la tension alternative aux bornes d'entrée du convertisseur statique de puissance

NOTE – En stipulant le code d'identification ou, en variante, dans le cas de moteurs de puissance assignée inférieure ou égale à 5 kW, la valeur assignée du facteur de forme et la valeur assignée de la tension alternative aux bornes d'entrée du convertisseur statique de puissance, on caractérise l'aptitude de l'induit du moteur à courant continu à supporter les courants ondulés correspondants, et à supporter éventuellement par conception une tension d'essai diélectrique supérieure à la normale

Pour les moteurs à courant continu alimentés par convertisseurs statiques de puissance, on doit utiliser pour déterminer la tension diélectrique d'essai du tableau 5 la tension continue du moteur, ou la valeur efficace de la tension alternative assignée entre phases aux bornes d'entrée du convertisseur statique de puissance, selon la valeur la plus élevée

NOTE – Si un transformateur d'entrée est incorporé dans les constituants du convertisseur statique de puissance, la tension aux bornes d'entrée du convertisseur statique de puissance à laquelle il est fait référence ci-dessus est la tension aux bornes de sortie du transformateur

neither the negative-sequence component nor the zero-balance 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.

It is necessary, therefore, for motors with a rated output exceeding 5 kW, intended for supply from a static power converter, to be designed for operation from a specified supply, and, if considered necessary by the motor manufacturer, for an external inductance to be provided for reducing the undulation.

The static power converter supply shall be characterized by means of an identification code, as follows:

$$[CCC - U_{aN} - f - L]$$

where

CCC is the identification code for converter connection according to IEC 971,

U_{aN} consists of three or four digits indicating the rated alternating voltage at the input terminals of the converter, in volts,

f consists of two digits indicating the rated input frequency, in hertz,

L consists of one, two or three digits indicating the series inductance to be added externally to the motor armature circuit, in millihenrys. If this is zero, it is omitted.

Motors with rated output not exceeding 5 kW, instead of being tied to a specific type of static power converter, may be designed for use with any static power converter, with or without external inductance, provided that the rated form factor for which the motor is designed will not be surpassed and that the insulation level of the motor armature circuit is appropriate for the rated alternating voltage at the input terminals of the static power converter.

NOTE – By stating the identification code or, alternatively, in the case of motors with rated output not exceeding 5 kW, the rated form factor and the rated alternating voltage at the input terminals of the static power converter, the ability of the d.c. motor armature to carry subsequent undulating currents and eventually to be designed for a higher than usual dielectric test voltage is characterized.

To determine the dielectric test voltage from table 5 for d.c. motors supplied by static power converters, the direct voltage of the motor or the r.m.s. phase-to-phase value of the rated alternating voltage at the input terminals of the static power converter shall be used, whichever is the higher.

NOTE – If an input transformer is incorporated in the static power converter equipment, the voltage at the input terminals of the static power converter referred to above is the voltage at the output terminals of the transformer.

Dans tous les cas, l'ondulation du courant fourni par le convertisseur statique de puissance est présumé être assez faible pour qu'il en résulte un facteur d'ondulation du courant inférieur à 0,1 aux conditions assignées

12.3 Variations de tension et de fréquence en fonctionnement

Pour les machines à courant alternatif, les combinaisons des variations de tension et de fréquence sont classées en zone A ou en zone B, conformément à la figure 13 pour les alternateurs et à la figure 14 pour les moteurs

Pour les machines à courant continu reliées directement à une alimentation à courant continu normalement constante, les zones A et B s'appliquent uniquement aux tensions

Une machine doit être capable d'assurer sa fonction principale de façon continue à l'intérieur de la zone A, mais peut ne pas satisfaire complètement à ses caractéristiques de fonctionnement aux tension et fréquence assignées (voir le point des caractéristiques assignées sur les figures 13 et 14), et présenter certains écarts. Les échauffements peuvent être supérieurs à ceux à tension et fréquence assignées.

Une machine doit être capable d'assurer sa fonction principale à l'intérieur de la zone B, mais peut présenter des écarts supérieurs à celles de la zone A par rapport à ses caractéristiques de fonctionnement aux tension et fréquence assignées. Les échauffements peuvent être supérieurs à ceux à tension et fréquence assignées et seront très probablement supérieurs à ceux de la zone A. Un fonctionnement prolongé à la périphérie de la zone B n'est pas recommandé.

Au sens du présent paragraphe, la fonction principale d'une machine doit être d'assurer ce qui suit

- | | |
|--|--|
| a) un alternateur | puissance assignée apparente (kVA), au facteur de puissance assigné s'il est à commande séparée, |
| b) un moteur à courant alternatif | couple assigné (Nm), |
| c) un moteur synchrone | couple assigné (Nm) avec l'excitation maintenant soit le courant d'excitation assigné, soit le facteur de puissance assigné, lorsque celui-ci peut être commandé séparément, |
| d) un compensateur synchrone | puissance apparente assignée (kVA) à l'intérieur de la zone applicable à une génératrice sauf accord contraire entre constructeur et acheteur (voir figure 13), |
| e) un turbo-alternateur de puissance assignée égale ou supérieure à 10 MVA | voir la CEI 34-3 |
| f) une génératrice à courant continu | puissance assignée (kW), |
| g) un moteur à courant continu | couple assigné (Nm) avec l'excitation d'un moteur shunt maintenant une vitesse assignée, lorsque celle-ci peut être commandée séparément |

In all cases the undulation of the static power converter output current is assumed to be so low as to result in a current ripple factor not higher than 0,1 at rated conditions

12 3 *Voltage and frequency variations during operation*

For a c machines, combinations of voltage variations and frequency variations are classified as being either zone A or zone B, in accordance with figure 13 for generators and figure 14 for motors

For d c machines, when directly connected to a normally constant d c bus, zones A and B apply only to the voltages

A machine shall be capable of performing its primary function continuously within zone A, but need not comply fully with its performance at rated voltage and frequency (see rating point in figures 13 and 14), and may exhibit some deviations. Temperature rises may be higher than at rated voltage and frequency

A machine shall be capable of performing its primary function within zone B, but may exhibit greater deviations from its performance at rated voltage and frequency than in zone A. Temperature rises may be higher than at rated voltage and frequency and most likely will be higher than those in zone A. Extended operation at the perimeter of zone B is not recommended

For the purpose of this subclause, the primary function of a machine shall be to provide the following

- | | |
|---|--|
| a) an a c generator | rated apparent power (kVA), at rated power factor where this is separately controllable, |
| b) an a c motor | rated torque (Nm), |
| c) a synchronous motor | rated torque (Nm), the excitation maintaining either rated field current or rated power factor, where this is separately controllable, |
| d) a synchronous condenser | rated apparent power (kVA) within the zone applicable to a generator (see figure 13) unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, |
| e) a turbine-type machine with rated output of 10 MVA and above | see IEC 34-3, |
| f) a d c generator | rated output (kW), |
| g) a d c motor | rated torque (Nm), the excitation of a shunt-wound motor maintaining rated speed, where this is separately controllable |

Si une machine a plus d'une tension assignée ou une plage de tensions assignées, les limites d'échauffement ou les limites de température (voir tableaux 1, 2 ou 3) doivent s'appliquer à chaque tension assignée

NOTES

1 Dans des applications et conditions de fonctionnement pratiques, une machine sera parfois sollicitée pour fonctionner à l'extérieur du périmètre de la zone A. Il est recommandé de limiter de tels écarts en valeur, durée et fréquence d'apparition. Si possible, il convient de prendre des mesures correctives dans un délai raisonnable, par exemple une réduction de puissance. De telles interventions peuvent éviter une réduction de la durée de vie de la machine due aux effets de la température.

2 Les limites d'échauffement ou les limites de température conformes à la présente norme sont applicables au point des caractéristiques assignées et peuvent être progressivement dépassées si le point de fonctionnement s'écarte du point des caractéristiques assignées. Pour des conditions aux limites extrêmes de la zone A, les échauffements et températures peuvent dépasser d'environ 10 K les limites d'échauffement et de température spécifiées dans la présente norme.

3 Un moteur à courant alternatif ne démarrera à la limite inférieure de tension que si son couple de démarrage est approprié au couple résistant de la charge, mais cela ne constitue pas une exigence du présent article. Pour les caractéristiques de démarrage des moteurs de conception N, voir la CEI 34-12.

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 cette condition doit être définie dans les instructions de fonctionnement.

Si les enroulements n'ont pas une isolation identique côté phase et côté neutre, ceci doit être défini 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 homopolaires 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 5: Echauffement

13 Classification thermique des machines

Une classification thermique conforme à la CEI 85 doit être attribuée aux systèmes d'isolation utilisés dans les machines. La classification des systèmes d'isolation doit s'effectuer au moyen de lettres et non de valeurs de température.

Il est de la responsabilité du constructeur de la machine d'interpréter les résultats obtenus par l'essai d'endurance thermique en fonction du type de la machine et de son application.

NOTES

1 La classification thermique d'un nouveau système d'isolation ne devra pas être présumée en relation directe avec l'aptitude thermique des différents matériaux qui le constituent.

2 Il est admis de continuer à utiliser les classifications existantes lorsque celles-ci ont été éprouvées par l'expérience.

Where a machine has more than one rated voltage or a rated voltage range, the temperature-rise limits or temperature limits (see table 1, 2 or 3) shall apply to each rated voltage

NOTES

- 1 In practical applications and operating conditions, a machine will sometimes be required to operate outside the perimeter of zone A. Such excursions should be limited in value, duration, and frequency of occurrence. Corrective measures should be taken, where practical, within a reasonable time, for example, a reduction in output. Such action may avoid a reduction in machine life from temperature effects.
- 2 The temperature rise limits or temperature limits in accordance with this standard apply at the rating point and may be progressively exceeded as the operating point moves away from the rating point. For conditions at the extreme boundaries of zone A, the temperature rises and temperatures may exceed the limits of temperature rise and temperature specified in this standard by approximately 10 K.
- 3 An a.c. motor will start at the lower limit of voltage only if its starting torque is adequately matched to the counter-torque of the load, but this is not a requirement of this clause. For starting performance of design N motors, see IEC 34-12.

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 or 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 5: Temperature rise

13 Thermal classification of machines

A thermal classification in accordance with IEC 85 shall be assigned to the insulation systems used in machines. The classification of the insulation systems shall be by means of letters and not by temperature values.

It is the responsibility of the manufacturer of the machine to interpret the results obtained by thermal endurance testing as appropriate to his machine type and application.

NOTES

- 1 The thermal classification of a new insulation system should not be assumed to be directly related to the thermal capability of the individual materials used in it.
- 2 The continued use of existing classifications is acceptable where they have been proved by experience.

14 Conditions pendant l'essai d'échauffement

14 1 Température du fluide de refroidissement

L'essai de la machine peut être effectué à toute température disponible 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 à 16 3 5) pour le fonctionnement sur le site, les corrections indiquées en 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 raisonnables doivent être prises pour réduire ces variations.

14 2 1 Machines ouvertes ou machines fermées sans échangeurs de chaleur (refroidies par de l'air ou par un gaz environnants)

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 échangeurs de chaleur montés séparément

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

14 2 3 Machines fermées à échangeurs de chaleur 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 hydroréfrigérants ou à aéroréfrigérants, la température du fluide de refroidissement secondaire doit être mesurée à l'entrée dans l'échangeur de chaleur.

15 Détermination de l'échauffement

15 1 Echauffement d'un élément de machine

L'échauffement d'un élément de machine est la différence entre la température de cet élément, mesurée par la méthode appropriée, conformément à 15 3, et la température du fluide de refroidissement, mesurée conformément à 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.

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 16 3 5) for operation on site, the corrections given in 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 *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 15 3, and the coolant measured in accordance with 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) méthode par 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 «thermomètres» s'applique aux couples thermoélectriques externes et aux thermomètres à résistance, sous réserve qu'ils soient 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 à 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 CEI 279

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 à 15 2 1, doit être appliquée.

La méthode par indicateurs internes de température (IIT) doit être appliquée pour les enroulements statoriques à courant alternatif des 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.

- 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 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 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 15 3 1, are made without interruption of the a.c. load current by applying a small d.c. measuring current superimposed upon the load current.

NOTE – Details of this method are given in IEC 279

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 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.

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 1, 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 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 principalement 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. Il convient de déterminer par un essai d'échauffement la relation entre la température mesurée à cet endroit et la température mesurée par variation de résistance

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

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, $\theta_2 - \theta_1$, peut être obtenu à partir du rapport des résistances par la formule

$$\frac{\theta_2 + 235}{\theta_1 + 235} = \frac{R_2}{R_1}$$

où

θ_2 est la température (°C) de l'enroulement à la fin de l'essai

θ_1 est la température (°C) de l'enroulement (froid) au moment de la mesure de la résistance initiale

R_2 est la résistance de l'enroulement à la fin de l'essai

R_1 est la résistance de l'enroulement à la température θ_1 (froid)

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 1 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 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 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 *Determination of temperature rise of windings by the resistance method*

15 3 1 1 *Copper windings*

The temperature rise, $\theta_2 - \theta_1$, may be obtained from the ratio of the resistances by the formula

$$\frac{\theta_2 + 235}{\theta_1 + 235} = \frac{R_2}{R_1}$$

where

θ_2 is the temperature (°C) of the winding at the end of the test

θ_1 is the temperature (°C) of the winding (cold) at the moment of the initial resistance measurement,

R_2 is the resistance of the winding at the end of the test,

R_1 is the resistance of the winding at temperature θ_1 (cold)

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

$$\theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a$$

où

θ_a est la température (°C) du fluide de refroidissement à la fin de l'essai

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

15 3 1 2 *Enroulements en matériau autre que le cuivre*

Pour les matériaux autres que le cuivre, remplacer le nombre 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, le nombre 225 doit être utilisé

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

La lecture la plus élevée des éléments IIT doit être utilisée pour déterminer la conformité aux prescriptions concernant les limites d'échauffement ou de température

NOTE Les éléments IIT ou leurs connexions peuvent présenter un défaut et donner des lectures incorrectes. En conséquence, si une ou plusieurs de ces lectures s'avèrent, après analyse, être erratiques, elles devront être éliminées

S'il y a deux faisceaux ou plus par encoche, les indicateurs doivent être installés conformément à 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 en 15 3 2 2 et 15 3 2 3, mais, dans ces cas, la méthode de mesure de température par IIT n'est pas une méthode admise pour déterminer les limites d'échauffement ou de température pour la vérification de la conformité des caractéristiques assignées à la présente norme

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 faisceaux isolés à l'intérieur de l'encoche, aux endroits présumés les plus chauds

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

$$\theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a$$

where

θ_a is the temperature (°C) of coolant at the end of the test,

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

The highest reading of ETD elements shall be used to determine compliance with requirements for temperature rise or temperature limits

NOTE – ETD elements or their connections may fail and give incorrect readings. Therefore, if one or more of these readings are shown to be erratic after investigation, they should be eliminated

If there are two or more coil-sides per slot, the detectors shall be installed in accordance with 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 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 *Développantes*

Les indicateurs de température doivent être placés entre deux faisceaux adjacents, à l'intérieur de la rangée extérieure des développantes, aux endroits présumés les plus chauds. La partie sensible à la température de l'indicateur doit être en contact étroit avec la surface du faisceau et être efficacement isolée de 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) Lorsque la détermination de l'échauffement par variation de résistance n'est pas réalisable en pratique, 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 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

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

Puissance assignée, P kW (kVA)	Délai après la coupure s
$P \leq 50$	30
$50 < P \leq 200$	90
$200 < P \leq 5\,000$	120
$5\,000 < P$	Sur accord

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 doit être tracée en fonction du temps et extrapolée au délai 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 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 en 15 4 1, la méthode de 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 début de l'essai, la température de la machine ne doit pas différer de plus de 5 K de la température du fluide de refroidissement.

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

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

15 4 2 If the initial reading cannot be made in the required length of time, it shall be made as soon as possible afterwards and additional readings 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 15 2 4) may be used if previously agreed between manufacturer and purchaser.

15 4 4 If the initial reading cannot be made until after twice the time delay time specified in 15 4 1, the method of 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 K of the temperature of the coolant.

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

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

Dans le cas de charges intermittentes, le cycle de charge 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 1.

15 6 3 *Caractéristiques assignées pour service type non périodique (service type S9) et caractéristiques assignées du type à charges constantes distinctes (service type 10)*

L'essai d'échauffement doit être effectué conformément à 15 5, aux caractéristiques assignées du type continu équivalent attribuées par le constructeur, en tenant compte des variations assignées de charge et de vitesse et des surcharges possibles, et basé sur le service spécifié par l'acheteur conformément aux services types S9 et S10 définis en 4 9 et 4 10 respectivement.

15 7 *Détermination de la constante de temps thermique équivalente des machines pour service type S9*

La constante de temps thermique équivalente (avec une ventilation telle qu'en condition normale 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 à 15 4 2. Cette quantité est égale à 1,44 fois (c'est-à-dire $1 \log_2 2$) le délai 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 15 2 3) et la méthode par indicateurs internes de température (IIT) (voir 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 spécifiés dans le tableau suivant.

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 1.

15.6.3 *Non-periodic duty type rating (duty type S9) and rating with discrete constant loads (duty type S10)*

The temperature-rise test shall be carried out in accordance with 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 types S9 and S10 defined in 4.9 and 4.10, respectively.

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 15.4.2. Its amount is $1,44$ times (i.e. $1/\log_e 2$ 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 15.2.3) and the embedded temperature detector (ETD) method (see 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 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 ¹⁾ de la bague extérieure du roulement ne dépassant pas 10 mm ²⁾
	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 du coussinet ³⁾ et à une distance ¹⁾ du film d'huile ne dépassant pas 10 mm ²⁾
	B	A un autre endroit de la coquille du coussinet
¹⁾ Les distances entre «le point de mesure à la bague extérieure» et «le point de mesure à la distance du film d'huile» sont mesurées à partir du point de mesure le plus proche par indicateurs internes ou par thermomètre ²⁾ 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 ³⁾ La coquille du 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 coussinets cylindriques emmanchés en force 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.

16 Limites d'échauffement et de température totale

16.1 Cas d'application des tableaux

Les tableaux 1 et 2 spécifient les limites d'échauffement applicables aux machines à enroulements à refroidissement indirect utilisant un système d'isolation correspondant aux classifications thermiques indiquées. Le tableau 3 spécifie les limites de température totale pour les machines à enroulements à refroidissement direct et pour leurs fluides de refroidissement.

Ces limites sont applicables aux machines fonctionnant à la puissance assignée dans les conditions de fonctionnement sur site spécifiées à l'article 11.

Le tableau 4A énumère les systèmes de refroidissement et spécifie lequel des tableaux 1, 2 ou 3 s'applique à chaque système. La colonne 6 résume les fluides de refroidissement de référence. Les limites d'échauffement ou de température totale sont spécifiées en se référant à la température maximale de ce fluide de refroidissement, la température de ce fluide de référence étant mesurée selon l'article 14. La température maximale du fluide de refroidissement primaire est spécifiée, ou bien elle résulte de la température maximale spécifiée pour le fluide de refroidissement secondaire et de la conception de l'échangeur de chaleur. Dans le cas le plus courant où le fluide de refroidissement final est l'air, la température de référence est la température de l'air ambiant, sauf pour le cas prévu en 14.2.2.

Type of bearing	Measuring point	Location of measuring point
Ball or roller	A	In the bearing housing and at a distance ¹⁾ not exceeding 10 mm from the outer ring of the bearing ²⁾
	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 ³⁾ and at a distance ¹⁾ not exceeding 10 mm from the oil-film gap ²⁾
	B	Elsewhere in the bearing shell
¹⁾ 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 ²⁾ 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 ³⁾ 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 Limits of temperature rise and total temperature

16.1 Application of the tables

Tables 1 and 2 specify limits of temperature rise applicable to machines with indirect cooled windings using insulation systems of the thermal classifications shown. Table 3 specifies limits of total temperature for machines with directly cooled windings, and for their coolants.

These limits apply to machines operating at rated output under operating site conditions specified in clause 11.

Table 4A lists systems of cooling and specifies which of the tables 1, 2 or 3 applies to each system. Column 6 summarizes the reference coolants. Limits of temperature rise or of total temperature are specified with reference to the maximum temperature of this coolant, the coolant temperature being measured in accordance with clause 14. The maximum temperature of the primary coolant is either specified, or results from the maximum temperature specified for the secondary coolant and the design of the heat exchanger. For the most common case, where the final coolant is air, the reference temperature is the temperature of the ambient air, except as provided for in 14.2.2.

Si les conditions de fonctionnement sur site diffèrent de celles qui sont spécifiées à l'article 11, les limites d'échauffement ou de température totale doivent être corrigées selon 16 3

Quand une machine fonctionne avec une température de fluide de refroidissement inférieure à la température spécifiée pour cette machine, les limites d'échauffement et de température totale ne doivent pas être supérieures à celles qui s'appliquent avec la température maximale du fluide de refroidissement, en ayant effectué, si nécessaire, les corrections spécifiées en 16 3

16 1 1 Machines ayant à la fois des enroulements refroidis indirectement et des enroulements refroidis directement

Pour une machine ayant à la fois des enroulements refroidis indirectement et des enroulements refroidis directement, la limite d'échauffement ou de température totale de chaque enroulement doit être conforme aux prescriptions du tableaux approprié

16 1 2 Machines à caractéristiques assignées du type temporaire (S2)

Pour une machine à laquelle ont été attribuées des caractéristiques assignées du type temporaire (voir 5 2) et dont la puissance assignée est inférieure à 5 000 kW (ou kVA), les limites d'échauffement données au tableau 1, augmentées de 10 K, ne doivent pas être dépassées

16 1 3 Machines à enroulements à refroidissement indirect et échangeurs de chaleur

Pour une machine utilisant l'air ambiant comme fluide de refroidissement secondaire, les échauffements doivent être mesurés au-dessus de la température de l'air ambiant

Pour une machine utilisant un hydroréfrigérant, les échauffements doivent être mesurés au-dessus de la température du fluide de refroidissement primaire à son entrée dans la machine, ou au-dessus de la température de l'eau de refroidissement (le fluide de refroidissement secondaire) à son entrée dans l'échangeur. Le constructeur doit indiquer sur la plaque signalétique le fluide de refroidissement qui sert de référence (voir aussi le point 8 de 27 2)

Si un troisième fluide de refroidissement est utilisé, les échauffements doivent être mesurés au-dessus de la température du fluide de refroidissement primaire ou secondaire comme à l'alinéa précédent

Si le fluide de refroidissement de référence est l'air ambiant ou le fluide de refroidissement primaire, les limites d'échauffement des tableaux appropriés 1 ou 2 sont applicables, corrigées le cas échéant selon 16 3 2 à 16 3 6

Si le fluide de refroidissement de référence est le fluide de refroidissement secondaire, les limites d'échauffement doivent être celles des tableaux appropriés 1 ou 2, le cas échéant selon 16 3 2 à 16 3 6 augmentées de 10 K, et ensuite modifiées le cas échéant selon 16 3 7 1 et 16 3 7 2

16 1 4 Machines à caractéristiques assignées pour service type non périodique (S9)

Pour une machine à laquelle a été attribué des caractéristiques assignées pour service type non périodique (voir 5 5), les limites d'échauffement du tableau 1 peuvent être dépassées pendant de courtes périodes lors du fonctionnement de la machine

If the operating site conditions differ from those specified in clause 11, the temperature rise or total temperature limits shall be adjusted in accordance with 16 3

When a machine operates with a coolant temperature lower than the maximum specified for that machine, the limits of temperature rise and of total temperature shall not be greater than those that apply with the maximum coolant temperature, having applied, if necessary, the adjustments specified in 16 3

16 1 1 *Machines with both indirect and direct cooled windings*

For a machine having both indirect and direct cooled windings, the limit of temperature rise or of total temperature of each winding shall be in accordance with the requirements of the appropriate table

16 1 2 *Machines with short-time rating (S2)*

For a machine to which a short-time rating has been assigned (see 5 2), and which has a rated output of less than 5 000 kW (or kVA), limits of temperature rise given in table 1 shall not be exceeded by more than 10 K

16 1 3 *Machines with indirect cooled windings and heat exchangers*

For a machine using the ambient air as the secondary coolant, temperature rise shall be measured above the temperature of the ambient air

For a machine using a water-cooled heat exchanger, temperature rise shall be measured above the temperature of the primary coolant where it enters the machine, or above the temperature of the cooling water (the secondary coolant) where it enters the heat exchanger. The manufacturer shall show on the rating plate which coolant is used as the reference (see also item 8 of 27 2)

If a third coolant is used, temperature rise shall be measured above the temperature of the primary or secondary coolant as in the preceding paragraph

If the reference coolant is the ambient air or the primary coolant, the temperature rise limits of the relevant tables 1 or 2 apply, adjusted, if appropriate, according to 16 3 2 to 16 3 6

If the reference coolant is the secondary coolant, the temperature rise limits shall be those of the relevant tables 1 or 2, modified, if appropriate, according to 16 3 2 to 16 3 6, increased by 10 K and then adjusted, if appropriate, in accordance with 16 3 7 1 and 16 3 7 2

16 1 4 *Machines with non-periodic duty type rating (S9)*

For a machine to which a non-periodic duty type rating has been assigned (see 5 5), the limits of temperature rise of table 1 may be exceeded for short periods during the operation of the machine

16 1 5 *Machines à caractéristiques assignées du type à charges constantes distinctes*

Pour une machine à laquelle a été attribué des caractéristiques assignées avec charges constantes distinctes basées sur le service type S10, les limites d'échauffement du tableau 1 peuvent être dépassées pendant des périodes distinctes lors du fonctionnement de la machine

16 2 *Corrections des limites d'échauffement et de température totale pour les enroulements statoriques de tension assignée supérieure à 11 000 V*

16 2 1 *Enroulements à refroidissement indirect par air ou hydrogène*

En cas de mesure par indicateur interne de température (IIT), les limites d'échauffement dans les tableaux 1 ou 2 doivent être réduites de 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, au-dessus de 17 000 V une réduction supplémentaire de 0,5 K par tranche (ou fraction de tranche) doit être effectuée

16 2 2 *Enroulements à refroidissement direct par gaz ou liquide*

Aucune correction ne doit être effectuée

NOTE – Le débit de chaleur passe principalement vers le fluide de refroidissement à l'intérieur des conducteurs et non à travers l'isolation principale de l'enroulement

16 3 *Corrections des limites d'échauffement et de température totale pour tenir compte des conditions de fonctionnement*

Pour les machines ou enroulements à refroidissement indirect par air ou hydrogène pour lesquels les limites d'échauffement sont spécifiées dans les tableaux 1 ou 2, les prescriptions de 16 3 1 à 16 3 7 inclus sont applicables

Pour les machines à refroidissement direct par air, hydrogène ou liquide, les prescriptions de 16 3 8 sont applicables, les limites de température totale de ces machines sont spécifiées dans le tableau 3

NOTE – De 16 3 1 à 16 3 8 le terme «fluide de refroidissement» signifie le fluide de refroidissement de référence approprié au système de refroidissement spécifié à la colonne 6 du tableau 4A

16 3 1 Si une machine, à laquelle le tableau 1 ou le tableau 2 s'applique, fonctionne dans des conditions de service différentes de celles qui sont définies à l'article 11, les limites d'échauffement à charge assignée doivent être celles qui sont spécifiées dans le tableau 1 ou dans le tableau 2 selon le cas, corrigées d'après 16 3 2 à 16 3 7

De même, pour les machines auxquelles le tableau 3 s'applique, les corrections de 16 3 8 doivent être effectuées

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 le constructeur et l'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 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 12

16 1 5 *Machines with discrete constant loads rating*

For a machine to which a discrete constant loads rating has been assigned based on duty type S10, the limits of temperature rise of table 1 may be exceeded for discrete periods during the operation of the machine

16 2 *Adjustments to limits of temperature rise and of total temperature for stator windings with rated voltage in excess of 11 000 V*

16 2 1 *Windings indirectly cooled by air or hydrogen*

When measurements are made by embedded temperature detector (ETD) the limits of temperature rise in table 1 or 2 shall be reduced by 1 K for each 1 000 V (or part thereof) above 11 000 V up to and including 17 000 V and additionally reduced by 0,5 K for each 1 000 V (or part thereof) above 17 000 V

16 2 2 *Windings directly cooled by gas or liquid*

No adjustment shall be made

NOTE – The heat flow is mainly towards the coolant inside the conductors and not through the main insulation of the winding

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

For machines or windings indirectly cooled by air or hydrogen, for which temperature rise limits are specified in table 1 or 2, the requirements of 16 3 1 to 16 3 7 inclusive apply

For machines or windings directly cooled by air, hydrogen or liquid, the requirements of 16 3 8 apply, the limits of total temperature for these machines are specified in table 3

NOTE – In 16 3 1 to 16 3 8 the term "coolant" means the reference coolant appropriate to the system of cooling, specified in column 6 of table 4A

16 3 1 If a machine to which table 1 or table 2 applies operates under service conditions different from those defined in clause 11, the temperature-rise limits at rated load shall be those specified in table 1 or table 2 as appropriate, adjusted in accordance with 16 3 2 to 16 3 7

Similarly, for machines to which table 3 applies, the adjustments of 16 3 8 shall be made

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 the manufacturer and the purchaser

16 3 3 If the specified or resulting maximum coolant temperature is between 40 °C and 60 °C, the limits of temperature rise shall be reduced by the amount by which the coolant temperature exceeds 40 °C This is illustrated in figure 12

Tableau 1 – Limites d'échauffement des machines à refroidissement indirect par l'air

Point n°	Partie de la machine	Classification thermique											
		A			E			B			F		
		Méthode de mesure			Méthode de mesure			Méthode de mesure			Méthode de mesure		
		Thermo- mètre K	Résis- tance K	IIT K	Thermo- mètre K	Résis- tance K	IIT K	Thermo- mètre K	Résis- tance K	IIT K	Thermo- mètre K	Résis- tance K	IIT K
1	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance supérieure ou égale à 5 000 kW (ou kVA)	-	60	85 ¹⁾	-	-	-	-	80	85 ¹⁾	-	100	105 ¹⁾
a)	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance supérieure à 200 kW (ou kVA), mais inférieure à 5 000 kW (ou kVA)	-	60	85 ¹⁾	-	75	-	-	80	90 ¹⁾	-	105	110 ¹⁾
b)	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	-
c)	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance inférieure à 600 W (ou VA) ²⁾	-	65	-	-	75	-	-	85	-	-	110	-
d)	Enroulements à courant alternatif de machines qui sont refroidies naturellement, sans ventilateur (IC 40) et/ou à enroulements enrobés ²⁾	-	65	-	-	75	-	-	85	-	-	110	-
e)	Enroulements d'induit reliés à des collecteurs	50	60	-	65	75	-	70	80	-	85	105	125
2	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu, autres que ceux du point 4	50	60	-	85	75	-	70	80	-	85	105	125
3	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu, autres que ceux du point 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	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	-
a)	Enroulements fixes d'excitation à plus d'une couche des machines à courant continu	50	60	-	65	75	-	70	80	90	85	105	110
b)	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	125	-
c)	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	65	65	-	80	80	-	90	90	-	110	135	-
d)	Enroulements continuellement fermés sur eux-mêmes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Collecteurs, bagues et leurs balais et porte-balais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Circuits magnétiques et tous éléments de structure, qu'ils soient ou non en contact avec l'isolation (à l'exclusion des paliers).	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Une correction peut être effectuée dans le cas des enroulements à courant alternatif à haute tension (voir 16.2.1).	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	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.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1) Une correction peut être effectuée dans le cas des enroulements à courant alternatif à haute tension (voir 16.2.1).

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.

Table 1 – Limits of temperature rise of machines indirectly cooled by air

Thermal classification																	
Item No.	Part of machine	A			E			B			F			H			
		Method of measurement			Method of measurement			Method of measurement			Method of measurement			Method of measurement			
		Thermo-meter K	Resist- ance K	ETD K	Thermo-meter K	Resist- ance K	ETD K	Thermo-meter K	Resist- ance K	ETD K	Thermo-meter K	Resist- ance K	ETD K	Thermo-meter K	Resist- ance K	ETD K	
1	A.C. windings of machines having outputs of 5 000 kW (or kVA) or more	-	60	85 ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	100	105 ¹⁾	-	125	130 ¹⁾
a)	A.C. windings of machines having outputs above 200 kW (or kVA), but less than 5 000 kW (or kVA)	-	60	65 ¹⁾	-	75	-	-	-	80	90 ¹⁾	-	105	110 ¹⁾	-	125	130 ¹⁾
b)	A.C. windings of machines having outputs of 200 kW (or kVA) or less, other than those in items 1 d) or 1 e) ²⁾	-	60	-	-	75	-	-	-	80	-	-	105	-	-	125	-
c)	A.C. windings of machines having rated outputs of less than 600 W (or VA) ²⁾	-	65	-	-	75	-	-	-	85	-	-	110	-	-	130	-
d)	A.C. windings of machines which are self-cooled without fan (IC 40) and/or with encapsulated windings ²⁾	-	65	-	-	75	-	-	-	85	-	-	110	-	-	130	-
e)																	
2	Windings of armatures having commutators	50	60	-	65	75	-	70	80	-	-	85	105	-	105	125	-
3	Field winding 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	-	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	110	105	125	135
b)	Low resistance field winding 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	80	100	125	135	-	-	-	-
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	90	110	135	-	-	-	-	-
d)																	
5	Permanently short-circuited windings	The temperature rise of any part shall not be detrimental to the insulation of that part or to any other part adjacent to it															
6	Commutators and slip-rings and their brushes and brushgear	The temperature rise of any part shall not be detrimental to the insulation of that part or to any other part adjacent to it. Additionally, the temperature shall not exceed that at which the combination of brush grade and commutator/slip-ring materials can handle the current over the complete operating range															
7	Magnetic cores and all structural components, whether or not in direct contact with insulation (excluding bearings)	The temperature rise of any part shall not be detrimental to the insulation of that part or to any other part adjacent to it															
1) A correction for high-voltage a.c. winding may be applicable to those items (see 16.2.1).																	
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.																	

Table 3 – Limits of temperature of directly cooled machines and their coolants

Item No.	Part of machine	Thermal classification					
		B			F		
		Method of measurement			Method of measurement		
		Thermometer °C	Resistance °C	ETD °C	Thermometer °C	Resistance °C	ETD °C
1	Coolant at the outlet of directly-cooled a.c. windings. These temperatures are preferred to the values given in item 2 as the basis of rating						
a)	Gas (air, hydrogen, helium, etc.)	110	—	—	130	—	—
b)	Water	90	—	—	90	—	—
2	A.C. windings						
a)	Gas cooled	—	—	120	—	—	145
b)	Liquid cooled						
3	Field windings of turbine-type machines						
a)	Cooled by gas leaving the rotor through the following number of outlet regions ¹⁾						
	1 and 2	—	100	—	—	115	—
	3 and 4	—	105	—	—	120	—
	6	—	110	—	—	125	—
	8-14	—	115	—	—	130	—
	above 14	—	120	—	—	135	—
b)	Liquid cooled	Observance of the maximum coolant temperatures given in item 1 b) will ensure that the hotspot temperature of the winding is not excessive					
4	Field windings of a.c. and d.c. machines having d.c. excitation other than in item 3						
a)	Gas cooled	—	130	—	—	150	—
b)	Liquid cooled	Observance of the maximum coolant temperatures given in item 1 b) will ensure that the hotspot temperature of the winding is not excessive					
5	Permanently short-circuited windings	The temperature of any part shall not be detrimental to the insulation of that part or to any other part adjacent to it					
6	Commutators and slip-rings and their brushes and brush holders	The temperature of any part shall not be detrimental to the insulation of that part or to any other part adjacent to it. Additionally, the temperature shall not exceed that at which the combination of brush grade and commutator/slip-ring materials can handle the current over the complete operating range					
7	Magnetic cores and all structural components, whether or not in direct contact with insulation (excluding bearings)	The temperature of any part shall not be detrimental to the insulation of that part or to any other part adjacent to it					
1) 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 outlet region of two axially opposed cooling flows is to be counted as two regions.							

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, après accord entre le constructeur et l'acheteur, une augmentation peut être apportée, mais elle ne doit pas dépasser la différence entre la température du fluide de refroidissement et 40 °C, avec un maximum de 30 K. Ce cas est représenté sur la figure 12.

16 3 5 Si la machine est destinée à fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m, mais non supérieure à 4 000 m, aucune correction n'est applicable aux échauffements pour cette seule raison.

Si la machine à refroidissement indirect par air, utilisant l'air ambiant comme fluide de refroidissement unique ou secondaire, est destinée à fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m, mais non supérieure à 4 000 m et que la température maximale de l'air ambiant n'est pas spécifiée, on doit admettre 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 dépasseront en conséquence pas 40 °C plus les échauffements du tableau 1.

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 4 (basé sur les limites d'échauffement des points 1b) et 1c) du tableau 1).

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

16 3 7 Si pour une machine avec hydroréfrigérant, l'échauffement est mesuré au-dessus de la température de l'eau de refroidissement à son entrée dans l'échangeur (voir 16 1 3), les limites d'échauffement doivent être celles du tableau 1 ou du tableau 2 augmentées de 10 K conformément à 16 1 3, puis

16 3 7 1 Si la température maximale de l'eau de refroidissement dépasse 25 °C, une diminution doit être faite égale à la différence de température entre la température maximale de l'eau de refroidissement et 25 °C.

16 3 7 2 Si la température maximale de l'eau de refroidissement est inférieure à 25 °C, une augmentation peut être effectuée en accord entre le constructeur et l'acheteur, mais cette augmentation ne doit pas dépasser la différence entre 25 °C et la température maximale de l'eau de refroidissement.

16 3 8 Si une machine ayant des enroulements à refroidissement direct

- a) utilise l'air ambiant comme fluide de refroidissement unique, ou
- b) utilise l'air ambiant comme fluide de refroidissement secondaire, ou
- c) possède un hydroréfrigérant pour refroidir le fluide de refroidissement primaire (air ou hydrogène, ou un liquide) alors

16 3 8 1 Si la température maximale de l'air ambiant dans les cas a) et b) ou celle du fluide de refroidissement primaire dans le cas c), dépasse 60 °C ou est inférieure à 0 °C, les limites de température totale doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

16 3 4 If the specified or resulting maximum coolant temperature is between 0 °C and 40 °C, no increase to the limits of temperature rise shall normally be made. However, an increase may be agreed between the manufacturer and the purchaser, but this increase shall not exceed the amount by which the coolant temperature is less than 40 °C, with a maximum of 30 K. This is illustrated in figure 12

16 3 5 If the machine is to operate at an altitude exceeding 1 000 m but not exceeding 4 000 m, no adjustment to temperature rise is applicable for this reason alone

If an indirect air-cooled machine using ambient air as the only or the secondary coolant is to operate at an altitude exceeding 1 000 m, but not exceeding 4 000 m, and the maximum ambient air 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 temperature will therefore not exceed 40 °C plus the table 1 temperature rise

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 acceptable maximum ambient temperature at the operating site based on a 40 °C maximum ambient temperature for altitudes less than 1 000 m will be as shown in table 4 (based on the limiting rises for items 1 b) and 1 c) of table 1)

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

16 3 7 If, for a machine with a water-cooled heat exchanger, temperature rise is measured above the temperature of the cooling water where it enters the heat exchanger (see 16 1 3), the temperature-rise limits shall be those of table 1 or table 2 increased by 10 K in accordance with 16 1 3 and then

16 3 7 1 If the maximum cooling water temperature exceeds 25 °C, a reduction shall be made equal to the amount by which the maximum cooling water temperature exceeds 25 °C

16 3 7 2 If the maximum cooling water temperature is less than 25 °C, an increase may be made by agreement between the manufacturer and the purchaser, but this increase shall not exceed the amount by which the maximum cooling water temperature is less than 25 °C

16 3 8 If a machine having directly-cooled windings

- a) uses ambient air as the only coolant, or
- b) uses ambient air as the secondary coolant, or
- c) has a water-cooled heat exchanger to cool the primary coolant (air or hydrogen, or a liquid) then

16 3 8 1 If the maximum temperature of the ambient air in a) and b) or of the primary coolant in c) exceeds 60 °C or is less than 0 °C, the limits of total temperature shall be agreed between the manufacturer and the purchaser

16 3 8 2 Si la température maximale de l'air ambiant dans les cas a) et b) ou celle du fluide de refroidissement primaire dans le cas c) est comprise entre 40 °C et 60 °C, les limites de température totale du tableau 3 sont applicables

16 3 8 3 Si la température maximale de l'air ambiant dans les cas a) et b) ou celle du fluide de refroidissement primaire dans le cas c) est comprise entre 0 °C et 40 °C, les limites de température totale doivent habituellement être celles du tableau 3 diminuées de la différence entre 40 °C et la température maximale du fluide de refroidissement. Toutefois, par accord entre le constructeur et l'acheteur, on peut effectuer une réduction plus faible, pourvu que les limites du tableau 3 ne soient pas dépassées et que, dans le cas où la température maximale du fluide de refroidissement est inférieure à 10 °C, les limites du tableau 3 soient diminuées d'au moins la différence entre 10 °C et la température maximale du fluide de refroidissement. Aucune de ces corrections ne doit être faite à la limite de la température totale spécifiée au tableau 3 pour un fluide de refroidissement primaire liquide, puisque cette limite est fixée par d'autres facteurs à un niveau inférieur à la limite correspondant à l'isolation

Tableau 4 – Températures ambiantes maximales présumées
(voir note en 16 3 5)

Altitude m	Température °C				
	Classification thermique				
	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 ou de températures totales selon les conditions d'essais

Dans ce paragraphe

$\Delta\theta_s$ est la limite d'échauffement applicable sur le site de fonctionnement

$\Delta\theta_t$ est la limite d'échauffement applicable sur le site d'essai,

θ_s est la limite de température totale applicable sur le site de fonctionnement,

θ_t est la limite de température totale applicable sur le site d'essai,

θ_{cs} est la température maximale du fluide de refroidissement (voir notes) sur le site de fonctionnement,

θ_{ct} est la température maximale du fluide de refroidissement (voir notes) à la fin de l'essai d'échauffement,

H_s est l'altitude du site de fonctionnement,

H_t est l'altitude du site d'essai,

A, B, D, E sont les corrections de température en Kelvins qui peuvent être positives ou négatives

16 3 8 2 If the maximum temperature of the ambient air in a) and b) or of the primary coolant in c) is between 40 °C and 60 °C, the total temperature limits of table 3 apply

16 3 8 3 If the maximum temperature of the ambient air in a) and b) or of the primary coolant in c) is between 0 °C and 40 °C, the limits of total temperature shall, usually, be those of table 3 reduced by an amount equal to the difference between 40 °C and the maximum coolant temperature. However, by agreement between the manufacturer and the purchaser, a smaller reduction may be applied, provided the limits of table 3 are not exceeded, and provided that, if the maximum coolant temperature is below 10 °C, a reduction of the table 3 limits is made at least equal to the difference between 10 °C and the maximum coolant temperature. None of these adjustments shall be made to the total temperature limit specified in table 3 for a liquid primary coolant, since this limit is set by other factors at a level below the limit appropriate to the insulation

Table 4 – Assumed maximum ambient temperature
(see note to 16 3 5)

Altitude m	Temperature °C				
	Thermal classification				
	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 or total temperature depending on test conditions*

In this subclause

$\Delta\theta_s$ is the limit of temperature rise applicable at the operating site,

$\Delta\theta_t$ is the limit of temperature rise applicable at the test site,

θ_s is the limit of total temperature applicable at the operating site,

θ_t is the limit of total temperature applicable at the test site,

θ_{cs} is the maximum temperature of the coolant (see notes) at the operating site,

θ_{ct} is the temperature of the coolant (see notes) at the end of the temperature rise test,

H_s is the altitude of the operating site,

H_t is the altitude of the test site,

A, B, D, E are the temperature adjustments in Kelvins which may be positive or negative

Les températures sont spécifiées en degrés Celsius, les échauffements et les corrections de température en kelvins et les altitudes en mètres

NOTES

1 Pour une machine refroidie par air avec hydroréfrigérant, le fluide de refroidissement est le fluide de refroidissement primaire à l'entrée dans la machine. Pour d'autres machines refroidies par air, c'est l'air ambiant.

2 Si l'échauffement doit être mesuré au-dessus de la température de l'eau à son entrée dans le réfrigérant, en toute rigueur il faudrait tenir compte de l'effet de l'altitude sur la différence de température entre l'air et l'eau. Toutefois, pour la plupart des conceptions de réfrigérants, l'effet sera faible, la différence augmentant avec l'altitude au taux d'environ 2 K pour 1 000 m. Si une correction est nécessaire, il convient qu'elle fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

16 4 1 Pour les machines avec enroulements à refroidissement indirect par air

Les limites d'échauffement applicable sur le site de fonctionnement (déterminées à partir du tableau 1 et des corrections appropriées de 16 3) doivent, si nécessaire, être corrigées conformément à 16 4 1 1 et 16 4 1 2 pour déterminer les limites applicables dans les conditions d'essais.

16 4 1 1 Corrections pour différence d'altitude

Cette correction s'applique si à la fois l'altitude de site de fonctionnement et celle du site d'essai ne dépassent pas 4 000 m au-dessus du niveau de la mer. Si au moins un des sites a une altitude supérieure à cette valeur, une correction doit être effectuée sous une forme soumise à un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Pour chaque élément de la machine, une correction A doit être calculée selon

$$A = 10^{-4} (H_t - H_s) \Delta\theta_s$$

Les valeurs de H_t ou H_s inférieures à 1 000 m doivent être prises égales à 1 000 m, c'est-à-dire qu'aucune correction n'est applicable si les deux sites ont une altitude inférieure à 1 000 m. Si un site seulement a une altitude supérieure à 1 000 m, la correction est proportionnelle à l'écart au-dessus de 1 000 m et non à la différence entre les deux altitudes.

Alors
$$\Delta\theta_t = \Delta\theta_s + A$$

NOTE – A est négatif si le site de fonctionnement est plus haut que le site d'essai.

16 4 1 2 Correction pour différence de température du fluide de refroidissement

Aucune correction ne doit être appliquée si à la fin de l'essai d'échauffement la valeur numérique de $(\theta_{ct} - \theta_{cs})$ est inférieure ou égale à 30 K.

Si la valeur numérique de $(\theta_{ct} - \theta_{cs})$ est supérieure à 30 K, une correction B doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Alors
$$\Delta\theta_t = \Delta\theta_s + B$$

16 4 2 Pour les machines avec enroulements à refroidissement indirect par hydrogène

Aucune correction ne doit être faite.

Temperatures are specified in degrees Celsius, temperature rise and temperature adjustments in kelvins and altitudes in metres

NOTES

1 For an air-cooled machine with a water cooled heat exchanger, the coolant is the primary coolant at the inlet to the machine. For other air-cooled machines, it is the ambient air

2 If temperature rise is to be measured above the temperature of the water where it enters the cooler, the effect of altitude on the temperature difference between air and water should strictly be allowed for. However, for most cooler designs, the effect will be small, the difference increasing with increasing altitude at the rate of roughly 2 K per 1 000 m. If adjustment is necessary, it should be agreed between the manufacturer and the purchaser

16 4 1 *For machines with windings indirectly cooled by air*

The limits of temperature rise applicable at the operating site (determined from table 1 and such adjustments from 16 3 as apply) shall, where necessary, be adjusted in accordance with 16 4 1 1 and 16 4 1 2 to determine the limits applicable under test conditions

16 4 1 1 *Adjustment for difference of altitude*

This adjustment applies if both the operating site and the test site are at altitudes not exceeding 4 000 m above sea level. If either site is higher than this, an adjustment shall be made in a manner agreed between the manufacturer and the purchaser

For each part of the machine, an adjustment A shall be calculated, where

$$A = 10^{-4} (H_t - H_s) \Delta\theta_s$$

Values of H_t or H_s less than 1 000 m shall be taken to be 1 000 m, i.e. no adjustment applies if both sites are at an altitude less than 1 000 m. If only one site is at an altitude greater than 1 000 m, the adjustment is proportional to the excess above 1 000 m, not to the difference in the two altitudes

Then $\Delta\theta_t = \Delta\theta_s + A$

NOTE – A is negative if the operating site is higher than the test site

16 4 1 2 *Adjustment for difference of coolant temperature*

No adjustment shall be applied if at the end of the temperature rise test the numerical value of $(\theta_{ct} - \theta_{cs})$ is less than or equal to 30 K

If the numerical value of $(\theta_{ct} - \theta_{cs})$ is greater than 30 K, an adjustment B shall be agreed between the manufacturer and the purchaser

Then $\Delta\theta_t = \Delta\theta_s + B$

16 4 2 *For machines with windings indirectly cooled by hydrogen*

No adjustments shall be made

NOTE – Aucune correction n'est considérée nécessaire pour ces machines car il est très improbable qu'elles soient essayées à charge assignée ailleurs que sur le site de fonctionnement

16 4.3 Pour les machines à enroulement à refroidissement direct par air

16 4 3 1 Correction pour différence d'altitude

Cette correction s'applique si à la fois l'altitude du site de fonctionnement et celle du site d'essai ne dépassent pas 4 000 m au-dessus du niveau de la mer. Si au moins un des sites a une altitude supérieure à cette valeur, une correction doit être effectuée sous une forme faisant l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Une correction D doit être calculée selon

$$D = 10^{-4} (H_t - H_s) (\theta_s - \theta_{cs})$$

En calculant D, les valeurs de H_t ou H_s inférieures à 1 000 m doivent être prises égales à 1 000 m (voir 16 4 1 1)

Alors

$$\theta_t = \theta_s + \theta_{ct} - \theta_{cs} + D$$

16 4 3 2 Correction pour différence de température du fluide de refroidissement

Aucune correction ne doit être faite si à la fin de l'essai d'échauffement la valeur numérique de $(\theta_{ct} - \theta_{cs})$ est inférieure ou égale à 30 K.

Si la valeur numérique de $(\theta_{ct} - \theta_{cs})$ est supérieure à 30 K, une correction E doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Alors

$$\Delta\theta_t = \Delta\theta_s + E$$

16 4 4 Correction excessive

Si la correction de l'échauffement ou de la température totale selon 16 4 1 ou 16 4 3 conduit sur le site d'essai à une température totale que le constructeur considère comme excessive, la méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

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, aucune correction aux échauffements admissibles ou aux limites de température totale ne doit être apportée si la proportion de l'hydrogène est comprise entre 95 % et 100 %.

NOTE – No adjustments are considered to be necessary for these machines because it is very unlikely that they will be tested at rated load anywhere but at the operating site

16 4 3 *For machines with windings directly cooled by air*

16 4 3 1 *Adjustment for difference of altitude*

This adjustment applies if both the operating site and the test site are at altitudes not exceeding 4 000 m above sea level. If either site is higher than this, an adjustment shall be made in a manner agreed between the manufacturer and the purchaser.

An adjustment D shall be calculated, where

$$D = 10^{-4} (H_t - H_s) (\theta_s - \theta_{cs})$$

In calculating D, values of H_t or H_s less than 1 000 m shall be taken as 1 000 m (see 16 4 1 1)

Then $\theta_t = \theta_s + \theta_{ct} - \theta_{cs} + D$

16 4 3 2 *Adjustment for difference of coolant temperature*

No adjustment shall be applied if at the end of the temperature-rise test, the numerical value of $(\theta_{ct} - \theta_{cs})$ is less than or equal to 30 K.

If the numerical value of $(\theta_{ct} - \theta_{cs})$ is greater than 30 K, an adjustment E shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

Then $\Delta\theta_t = \Delta\theta_s + E$

16 4 4 *Excessive adjustment*

If the adjustment of temperature rise or total temperature in accordance with 16 4 1 or 16 4 3 results in a total temperature at the test site that the manufacturer considers to be excessive, the testing procedure shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

16 5 *Corrections to take account of hydrogen purity on test*

For machines indirectly cooled or directly cooled by hydrogen, no corrections shall be made to permissible temperature rise or limits of total temperature if the proportion of hydrogen lies between 95 % and 100 %.

Tableau 4A – Informations pour spécifier l'échauffement ou la température totale selon le mode de refroidissement

Point	1 Fluide de refroidissement primaire	2 Méthode de refroidissement	3 Fluide de refroidissement primaire	4 Tableau n°	5 Le tableau cité en colonne 4 spécifie les limites à	6 Fluide de refroidissement de référence
1	Air	Indirect	Aucun ¹⁾	1	l'échauffement	Air ambiant
2	Air	Indirect	Air	1		
3	Air	Indirect	Eau	1	l'échauffement	Fluide de refroidissement primaire à l'entrée dans la machine ²⁾
4	H ₂	Indirect	Eau	2		
5	Air	Direct	Aucun ¹⁾	3	la température totale	Air ambiant
6	Air	Direct	Air	3		
7	Air	Direct	Eau	3		Gaz à l'entrée dans la machine ou liquide à l'entrée dans l'enroulement
8	H ₂ ou liquide	Direct	Eau	3		

1) Si 14 2 2 est applicable, le fluide de refroidissement de référence est le fluide de refroidissement mis en circulation dans la machine et non l'air ambiant autour de la machine

2) Pour les machines refroidies selon les modes spécifiés aux lignes 3 et 4, si l'échauffement est mesuré au-dessus de la température du fluide de refroidissement secondaire à l'entrée dans le réfrigérant, les limites d'échauffement sont celles des tableaux 1 ou 2 corrigées conformément à 16 1 3 et 16 3 7

Section 6: Essais diélectriques

17 Essais diélectriques

17.1 L'essai à haute tension doit être appliqué 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 tous les éléments 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 d'essai doit être appliquée entre chaque phase et la carcasse, à laquelle sont reliés le circuit magnétique et les autres phases et enroulements non soumis à l'essai.

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 doit être ensuite augmentée jusqu'à la pleine tension d'essai,

**Table 4A – Basis for specifying temperature rise or total temperature
in relation to the method of cooling**

Item	1 Primary coolant	2 Method of cooling	3 Secondary coolant	4 Table No	5 Table referred to in column 4 specifies limits of	6 Reference coolant
1	Air	Indirect	None ¹⁾	1	Temperature rise	Ambient air
2	Air	Indirect	Air	1		
3	Air	Indirect	water	1	Temperature rise	Primary coolant at the inlet to the machine ²⁾
4	H ₂	Indirect	Water	2		
5	Air	Direct	None ¹⁾	3	Total temperature	Ambient air
6	Air	Direct	Air	3		
7	Air	Direct	Water	3		
8	H ₂ or liquid	Direct	Water	3		Gas at entry to the machine or liquid at entry to the winding

1) If 14 2 2 applies, the reference coolant is the coolant ducted into the machine, not the ambient air surrounding the machine

2) For machines with cooling as specified in items 3 and 4, if the temperature rise is measured above the temperature of the secondary coolant at inlet to the heat exchanger, the temperature rise limits applicable are those of table 1 or 2 adjusted in accordance with 16 1 3 and 16 3 7

Section 6. 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.

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

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

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

Lors des essais individuels des 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 5, ou d'environ 1 s à 120 % de la tension normale d'essai du tableau 5, la tension d'essai étant appliquée au moyen de pointes.

L'essai à haute tension effectué à pleine tension 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 séchage supplémentaire si cela est jugé nécessaire, la tension d'essai doit être égale à 80 % de la tension spécifiée dans le tableau 5.

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 en des cas de rebobinage partiel des enroulements ou en cas de 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, la partie ancienne de l'enroulement doit être soigneusement nettoyée et séchée.
- 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.

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 5.

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 5 or of approximately 1 s at 120 % of the normal test voltage in table 5, 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 5.

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.

Tableau 5 – Essais diélectriques

Point	Machine ou élément 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 (kVA) à l'exception de ceux des points 4 à 8 (voir note 2) Tension assignée (voir note 1) – jusqu'à 24 000 V – au-dessus de 24 000 V	1 000 V + deux fois la tension assignée Soumis à un accord entre le constructeur et l'acheteur
4	Enroulements d'excitation séparée des machines courant continu	1 000 V + deux fois la tension assignée maximale d'excitation avec un minimum de 1 500 V
5	Enroulements d'excitation des génératrices synchrones, des moteurs synchrones et des compensateurs synchrones	
a)	Tension assignée d'excitation: – inférieure ou égale à 500 V – supérieure à 500 V	Dix fois la tension assignée d'excitation avec un minimum de 1 500 V 4 000 V + deux fois la tension assignée d'excitation
b)	Si 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)	Si 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 de l'arrêt seulement	1 000 V + deux fois la tension en circuit ouvert à l'arrêt, 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 à l'arrêt comme définie au point 6a)

Table 5 – Dielectric tests

Item	Machine or part	Test voltage (r m s)
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) Rated voltage (see note 1): – up to 24 000 V – above 24 000 V	1 000 V + twice the rated voltage 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
5	Field windings of synchronous generators, synchronous motors and synchronous condensers	
a)	Rated field voltage – up to 500 V – above 500 V	Ten times the rated field voltage with a minimum of 1 500 V 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 6 a)

Tableau 5 (suite)

Point	Machine ou élément de la machine	Tension d'essai (valeur efficace)
7	Excitatrices (sauf exceptions ci dessous) <i>Exception 1</i> – Excitatrices des moteurs synchronisés (y compris les moteurs à induction synchrones) lorsqu'elles sont mises à la terre ou déconnectées des enroulements d'excitation pendant le démarrage <i>Exception 2</i> – Enroulement à excitation séparée des excitatrices (voir point 4)	Comme les enroulements auxquels elles sont connectées 1 000 V + deux fois la tension assignée de l'excitatrice avec un minimum de 1 500 V
8	Groupe de machines et d'appareils assemblés	Il est recommandé d'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		

Section 7: 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 le constructeur et l'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 est recommandé que la surintensité soit l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur

Table 5 (continued)

Item	Machine or part	Test voltage (r m s)
7	Exciters (except as below) <i>Exception 1</i> – Exciters of synchronous motors (including synchronous induction motors) if connected to earth or disconnected from the field windings during starting <i>Exception 2</i> – Separately excited field windings of exciters (see item 4)	As for the windings to which they are connected 1 000 V + twice the rated exciter voltage, with a minimum of 1 500 V
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 an 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 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 7: 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 *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 le constructeur et l'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 collecteur*

Une machine à collecteur doit être capable de supporter 1,5 fois le courant assigné dans la combinaison appropriée des conditions suivantes

- | | |
|--|--|
| a) Vitesse | |
| 1) Moteur à courant continu | Vitesse la plus élevée à pleine excitation |
| 2) Génératrice à courant continu | Vitesse assignée |
| 3) Moteur à collecteur à courant alternatif | Vitesse la plus élevée à pleine excitation |
| b) Tension d'induit | Celle correspondant à la vitesse spécifiée |
| c) Temps | |
| 1) Puissance assignée ≤ 1 kW par tr/min | 45 s |
| 2) Puissance assignée > 1 kW par tr/min | 30 s |

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 de 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

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

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 commutator machines

A commutator machine shall be capable of withstanding 1,5 times rated current under the appropriate combination of conditions as follows

- | | |
|---|---|
| a) Speed | |
| 1) D C motor | Highest full-field speed |
| 2) D C generator | Rated speed |
| 3) A C commutator motor | Highest full-field speed |
| b) Armature voltage | That corresponding to the specified speed |
| c) Time | |
| 1) Rated output ≤ 1 kW per 1 r/min | 45 s |
| 2) Rated output > 1 kW per 1 r/min | 30 s |

19 Momentary excess torque for motors**19 1 Polyphase induction motors and d c motors (excluding motors in 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

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

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 à 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 le constructeur et l'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 en 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 intrinsèques particulières 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 le constructeur et l'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

NOTE – For an approximate determination of the changes in temperature due to current related losses, the thermal equivalent time constant, determined according to 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 19 1, 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 6

Un 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 le constructeur et l'acheteur (pour les turbo-alternateurs, voir également la CEI 34-3) Un 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 tout essai de survitesse doit être 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 6 – Survitesses

Item	Machine type	Overspeed requirement
1	Machines à courant alternatif	1,2 fois la vitesse assignée maximale
	– Toutes les machines autres que celles qui sont spécifiées ci-après	
a)	Alternateurs entraînés par une turbine hydraulique, machines auxiliaires de tous types couplées directement (électriquement ou mécaniquement) à la machine principale	Sauf spécification contraire, vitesse d'emballement du groupe, mais au moins 1,2 fois la vitesse assignée maximale
b)	Machines pouvant, dans certaines circonstances être entraînées par la charge	Vitesse d'emballement spécifiée du groupe, mais au moins 1,2 fois la vitesse maximale
c)	Moteurs série et moteurs universels	1,1 fois la vitesse à vide à la tension assignée Pour les moteurs liés à la charge d'une manière telle qu'ils ne peuvent se dissocier accidentellement, l'expression «vitesse à vide» doit être interprétée «vitesse correspondant à la charge la plus faible possible»

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 6

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 a.c. generators, see also IEC 34-3). 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 6 – Overspeeds

Item	Machine type	Overspeed requirement
1	A.C. machines – All machines other than those specified below	1,2 times the maximum rated speed
a)	Water turbine driven generators, any auxiliary machines connected directly (electrically or mechanically) to the main machine	Unless otherwise specified, the runaway speed of the set but not less than 1,2 times the maximum rated speed
b)	Machines which may under certain circumstances be driven by the load	The specified runaway speed of the set but not less than 1,2 times the maximum rated speed
c)	Series and universal motors	1,1 times the no-load speed at rated voltage 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

Tableau 6 – Survitesses (suite)

Item	Machine type	Overspeed requirement
2	Machines à courant continu	
a)	Moteurs shunt ou moteurs à excitation séparée	La plus grande des deux valeurs: – soit 1,2 fois la vitesse assignée maximale – soit 1,15 fois la vitesse à vide correspondante
b)	Moteurs à excitation composée ayant une plage de vitesse inférieure ou égale à 35 %	La plus grande des deux valeurs sans toutefois dépasser 1,5 fois la vitesse assignée maximale
c)	Moteurs à excitation composée ayant une plage de vitesse supérieure à 35 % et moteurs à excitation série	Le constructeur doit attribuer une vitesse maximale de sécurité en service qui sera marquée sur la plaque signalétique. La survitesse de ces moteurs sera égale à 1,1 fois cette vitesse maximale de sécurité en service. 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	Survitesses comme spécifiées au point 2a) sauf si le moteur a aussi un enroulement en série; dans ce cas, il doit pouvoir supporter les survitesses spécifiées aux points 2b) et 2c) selon les cas.
e)	Génératrices	1,2 fois la vitesse assignée

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 7, et de fonctionner, en cas de défaut à des valeurs du produit de $(I_2/I_N)^2$ par le temps en secondes (t) ne dépassant pas les valeurs du tableau 7.

Table 6 – Overspeeds (continued)

Item	Machine type	Overspeed requirement
2	D C machines	
a)	Shunt wound and separately excited motors	1,2 times the highest rated speed or 1,15 times the corresponding no-load speed, whichever is greater
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 2 a) unless the motor has a series winding and, in such a case, they shall withstand the overspeeds specified in items 2 b) or 2 c) as appropriate
e)	Generators	1,2 times the rated speed

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 7 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 7

Tableau 7 – Conditions de fonctionnement déséquilibrées pour les machines synchrones

Point	Type de machine	Valeur maximale I_2/I_N pour un fonctionnement permanent	Valeur maximale $(I_2/I_N)^2 t$ pour fonctionnement en régime de défaut
1	Machines à pôle saillant à refroidissement indirect		
	moteurs	0,1	20
	génératrices	0,08	20
2	compensateurs synchrones	0,1	20
	à refroidissement direct (refroidissement interne) au stator et/ou à l'inducteur		
	moteurs	0,08	15
3	génératrices	0,05	15
	compensateurs synchrones	0,08	15
4	Machines synchrones à rotor lisse		
	Rotor à refroidissement indirect par air	0,1	15
	par hydrogène	0,1	10
5	Rotor à refroidissement direct (refroidissement interne)		
	≤ 350 MVA	0,08	8
	> 350 ≤ 900 MVA	1)	2)
	> 900 ≤ 1 250 MVA	1)	5
	> 1 250 ≤ 1 600 MVA	0,05	5
1)	Pour ces machines, la valeur I_2/I_N est calculée comme suit		
	$I_2/I_N = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$		
2)	Pour ces machines, la valeur $(I_2/I_N)^2 t$ est calculée comme suit		
	$(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0,005 45 (S_N - 350)$		
	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 CEI 34-3, 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

Pour les turbo-machines triphasées, voir la CEI 34-3

La vérification peut être effectuée par le calcul ou par un essai sous une tension au moins égale à 50 %, ou plus, de la tension assignée

Table 7 – Unbalanced operating conditions for synchronous machines

Item	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	Indirectly cooled synchronous condensers	0,1	20
	Directly cooled (inner cooled) stator and/or field		
	motor	0,08	15
3	Directly cooled (inner cooled) generators	0,05	15
	synchronous condensers	0,08	15
4	Cylindrical rotor synchronous machines		
	Indirectly cooled rotor air-cooled	0,1	15
	hydrogen-cooled	0,1	10
4	Directly cooled (inner cooled) rotors		
	≤ 350 MVA	0,08	8
	> 350 ≤ 900 MVA	1)	2)
	> 900 ≤ 1 250 MVA	1)	5
	> 1 250 ≤ 1 600 MVA	0,05	5
1)	For these machines, the value of I_2/I_N is calculated as follows		
	$I_2/I_N = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$		
2)	For these machines, the value of $(I_2/I_N)^2 t$ is calculated as follows		
	$(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0,005 \, 45 (S_N - 350)$		
	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 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

For three-phase turbine-type machines, see IEC 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 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 correspondant, 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 le constructeur et l'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 5) sont satisfaites après l'essai de court-circuit. Pour les turbo-machines triphasées, voir la CEI 34-3.

Section 8. 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 spécifié dans la section 7 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 9: 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 8. Les offres concernant des garanties sujettes à des tolérances devront le stipuler et les tolérances devront être conformes au tableau 8.
- 2 L'attention est attirée 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.

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 machine 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 5) are met after the short-circuit test. For three-phase turbine-type machines, see IEC 34-3.

Section 8: 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 7 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 9: 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 8. Tenders, including guarantees subject to tolerances should so state and the tolerances should be in accordance with table 8.
- 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 8 – Nomenclature des tolérances

Point	Article	Tolérance
1	Rendement η *	
a)	Par sommation des pertes – machines de puissance inférieure ou égale à 50 kW – machines de puissance supérieure à 50 kW	–15 % de $(1 - \eta)$ –10 % de $(1 - \eta)$
b)	Par rapport à 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, $\cos \phi$, pour les machines à induction	–1/6 de $(1 - \cos \phi)$ minimum 0,02 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 < 0,67 ±15 % De 0,67 à 2,5 exclus ±10 % De 2,5 à 10 exclus ±7,5 % 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 % De 0,67 à 2,5 exclus ±15 % De 2,5 à 10 exclus ±10 % 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 sont les mêmes que celles du point 4b) sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur
5		
a)	Glissement des moteurs à induction (à pleine charge et à la température de fonctionnement) – machines de puissance égale ou supérieure à 1 kW (ou kVA) – machines de puissance inférieure à 1 kW (ou kVA)	±20 % du glissement garanti ±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 –3 % de la vitesse de synchronisme – Sur la vitesse la moins élevée +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 ±3 % de la tension assignée (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)
* La détermination du rendement et des pertes fait l'objet de la CEI 34 2		

Table 8 – Schedule of tolerances

Item	Quantity	Tolerance
1	Efficiency η *	
a)	By summation of losses	
	– 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, $\cos \phi$, for induction machines	–1/6 of $(1 - \cos \phi)$ minimum 0,02 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 $< 0,67$ ± 15 % Not less than 0,67 but below 2,5 ± 10 % Not less than 2,5 but below 10 $\pm 7,5$ % 10 and upwards ± 5 %
b)	Speed of d c series motors (at full load and at working temperature)	$< 0,67$ ± 20 % Not less than 0,67 but below 2,5 ± 15 % Not less than 2,5 but below 10 ± 10 % 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 4 b) unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser
5		
a)	Slip of induction motors (at full load and at working temperature)	
	– machines having output 1 kW (or kVA) or more	± 20 % of the guaranteed slip
	– machines having output less than 1 kW (or kVA)	± 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 –3 % of the synchronous speed – On the lowest speed +3 % of the synchronous speed
6	Inherent voltage regulation of d c generators, shunt or separately excited at any point on the characteristic	± 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)	± 20 % of the guaranteed regulation, with a minimum of ± 3 % of the rated voltage (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)
* The determination of efficiency and losses is dealt with in IEC 34 2		

Tableau 8 (suite)

Point	Article	Tolérance
8	Courant à rotor bloqué des moteurs à induction à cage à rotor en court-circuit avec tout dispositif de démarrage spécifié	+20 % du courant garanti (pas de limite inférieure)
9	Valeur de crête du courant de court-circuit d'un alternateur dans des conditions spécifiées	±30 % de la valeur garantie
10	Courant de court-circuit permanent d'un alternateur dans des conditions spécifiées	±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)	±20 % de la variation garantie avec un minimum de ±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 minimal pendant le démarrage 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	±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 10: Marquage et informations techniques

27 Marquage et informations techniques

27.1 Plaques signalétiques

Toute machine électrique doit être munie d'une ou de plusieurs plaques signalétiques. Les plaques doivent être réalisées dans un matériau durable et être montées de façon sûre.

Les plaques signalétiques doivent de préférence être fixées sur la carcasse de la machine et être placées de façon à être facilement lisibles dans la position d'utilisation déterminée par le type de construction et les dispositions de montage de la machine. Si la machine électrique fait partie de l'équipement ou y est incorporée de telle manière que sa plaque signalétique ne soit pas facilement lisible, le constructeur doit sur demande fournir une seconde plaque à fixer sur l'équipement.

Table 8 (continued)

Item	Quantity	Tolerance
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)
9	Peak value of short-circuit current of an a c generator under specified conditions	±30 % of the guaranteed value
10	Steady short-circuit current of an a c generator at specified excitation	±15 % of the guaranteed value
11	Variation of speed of d c shunt-wound and compound-wound motors (from no-load to full load)	±20 % of the guaranteed variation with a minimum of ±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	±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	+20 % of the guaranteed value (no lower limit)

Section 10: Marking and technical data

27 Marking and technical data

27.1 Rating plates

Every electrical machine shall be provided with rating plate(s). The plates shall be made of durable material and be securely mounted

The rating plate(s) shall preferably be mounted on the frame of the machine and be located so as to be easily legible in the position of use determined by the type of construction and mounting arrangement of the machine. If the electrical machine is so enclosed or incorporated in the equipment that its rating plate is not easily legible, the manufacturer shall, on request, supply a second plate to be mounted on the equipment